

Stefano Colonna
Giancarlo Folco
Franca Marangoni

I cibi della salute



Le basi chimiche di una corretta
alimentazione

 Springer

I cibi della salute

Stefano Colonna • Giancarlo Folco
Franca Marangoni

I cibi della salute

Le basi chimiche
di una corretta alimentazione

Stefano Colonna

Facoltà di Farmacia
Università degli Studi di Milano
Milano

Giancarlo Folco

Facoltà di Farmacia
Università degli Studi di Milano
Milano

Franca Marangoni

Responsabile Ricerca e Comunicazione
Nutrition Foundation of Italy
Milano

ISBN 978-88-470-2025-2

ISBN 978-88-470-2026-9 (eBook)

DOI 10.1007/978-88-470-2026-9

© Springer-Verlag Italia 2013

Quest'opera è protetta dalla legge sul diritto d'autore e la sua riproduzione anche parziale è ammessa esclusivamente nei limiti della stessa. Tutti i diritti, in particolare i diritti di traduzione, ristampa, riutilizzo di illustrazioni, recitazione, trasmissione radiotelevisiva, riproduzione su microfilm o altri supporti, inclusione in database o software, adattamento elettronico, o con altri mezzi oggi conosciuti o sviluppati in futuro, rimangono riservati. Sono esclusi brevi stralci utilizzati a fini didattici e materiale fornito ad uso esclusivo dell'acquirente dell'opera per utilizzazione su computer. I permessi di riproduzione devono essere autorizzati da Springer e possono essere richiesti attraverso RightsLink (Copyright Clearance Center). La violazione delle norme comporta le sanzioni previste dalla legge.

Le fotocopie per uso personale possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dalla legge, mentre quelle per finalità di carattere professionale, economico o commerciale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, e-mail autorizzazioni@clearedi.org e sito web www.clearedi.org.

L'utilizzo in questa pubblicazione di denominazioni generiche, nomi commerciali, marchi registrati, ecc. anche se non specificatamente identificati, non implica che tali denominazioni o marchi non siano protetti dalle relative leggi e regolamenti.

Le informazioni contenute nel libro sono da ritenersi veritiere ed esatte al momento della pubblicazione; tuttavia, gli autori, i curatori e l'editore declinano ogni responsabilità legale per qualsiasi involontario errore od omissione. L'editore non può quindi fornire alcuna garanzia circa i contenuti dell'opera.

9 8 7 6 5 4 3 2 1

2013 2014 2015

Layout copertina: Ikona S.r.l., Milano

Impaginazione: Ikona S.r.l., Milano
Stampa: Esperia S.r.l., Lavis (Trento)

Springer-Verlag Italia S.r.l., Via Decembrio 28, I-20137 Milano
Springer fa parte di Springer Science+Business Media (www.springer.com)

*Questo libro è dedicato a Simonetta
che è stata una maestra insostituibile per Franca,
una collega preziosa per Stefano
e una compagna di vita meravigliosa per Giancarlo.*

Prefazione

*Ascolta ora quali e quanto grandi vantaggi porti con sé
il regime della vita frugale: anzitutto star bene in salute;
a che punto infatti la varietà dei cibi sia nociva per l'uomo puoi capirlo,
se ripensi a come quel giorno quella pietanza semplice ti si sia assestata
alla perfezione; mentre invece, non appena avrai mescolato bollito e arrosto,
frutti di mare e tordi, in bile si muteranno quei dolci sapori
e il muco viscoso porterà lo scompiglio nel tuo stomaco.*
Orazio, Satire II, 2¹

Nonostante l'atto del mangiare faccia parte dei comportamenti umani più elementari e abituali, la scienza degli alimenti si è resa conto solo di recente di quanto sia cruciale l'importanza del legame fra il cibo e la salute, e per questa ragione ha attraversato enormi cambiamenti negli ultimi vent'anni. Nella scelta del titolo per questo volume abbiamo voluto sottolineare come questa scienza sia quasi sinonimo di chimica degli alimenti: chi è interessato al cibo non ne può ignorare gli aspetti chimici.

Dopo una breve introduzione, nella quale si illustra che il cibo non è parte esclusivamente della cosiddetta "natura" né di una dimensione solamente culturale, bensì che è il prodotto di entrambe, vengono presentate le principali classi di composti organici presenti nei cibi, attraverso un linguaggio rigoroso ma non specialistico: i carboidrati, i grassi, le proteine, le vitamine e i minerali, gli antiossidanti.

Segue quindi una parte dedicata a spezie e aromi, che svolgono sin dall'antichità un ruolo importante nella nutrizione umana in tutte le culture del mondo: riducendo la necessità di sale e condimenti grassi, migliorano la digestione e si comportano come cibi funzionali, poiché agiscono come antiossidanti, stimolanti digestivi e ipolipidemici, antibatterici, antivirali e anticancerogeni, impedendo la comparsa di alterazioni metaboliche e fisiologiche.

¹ Traduzione di Mario Abate, BUR 2012.

Una particolare attenzione è stata dedicata all'acqua, la componente più abbondante e spesso sottovalutata fra quelle presenti nei cibi. Dedicare un capitolo alle bevande alcoliche ci ha permesso di mettere a frutto e integrare le competenze specifiche dei tre autori, quelle chimiche, quelle farmacologiche e quelle nutrizionali. Questo è avvenuto anche per la stesura dei capitoli sugli additivi chimici e i conservanti, sulla sicurezza alimentare e sulla lotta contro le frodi, argomenti sempre più cruciali nei Paesi industrializzati. Ampio spazio è stato poi riservato al controverso argomento dei nutraceutici e dei cibi funzionali, e al confronto fra alimenti ordinari e quelli di origine biologica.

Il libro si chiude infine con una discussione critica dei più recenti risultati delle ricerche in campi molto complessi e delicati, attualmente in rapida espansione quali le biotecnologie del cibo, la nutridinamica e la nutrigenomica.

Nel licenziare questo volume vorremmo rivolgere un grazie sincero alla dott.ssa Carola Buccellati e a Martino Bernasconi per l'aiuto prestatoci nella creazione delle tabelle e nella stesura tipografica del testo.

Stefano Colonna
Giancarlo Folco
Franca Marangoni

Indice

1	Il cibo e l'uomo	1
1.1	La cultura del cibo.....	1
1.2	L'evoluzione della dieta.....	4
1.2.1	L'ipotesi evolutivistica del genotipo risparmiatore	7
1.3	Variare spesso le scelte a tavola	8
1.4	L'equilibrio energetico	10
1.4.1	Equilibrio anche per i più piccoli.....	13
1.5	Il gusto.....	15
1.5.1	Dolce.....	16
1.5.2	Umami	17
1.5.3	Amaro	17
1.5.4	Acido e salato	17
1.6	La cottura dei cibi.....	17
1.6.1	La reazione di Maillard	17
1.6.2	Diversi metodi di cottura.....	19
1.6.3	Tecniche tradizionali	20
1.6.4	Altre reazioni	22
2	I carboidrati	23
2.1	La chimica dei carboidrati.....	23
2.1.1	Monosaccaridi	23
2.1.2	Disaccaridi.....	26
2.1.3	Oligosaccaridi.....	27
2.1.4	Polisaccaridi	27
2.1.5	L'amido.....	28
2.2	I cereali	30
2.2.1	Il pane	32
2.2.2	La pasta.....	33
2.3	Le fibre alimentari	34
2.3.1	Cellulosa	36

2.3.2	Pectine	37
2.3.3	Agar	37
2.3.4	Alginati	37
2.3.5	Inulina.....	37
2.3.6	Gomme	38
2.3.7	β -glucani.....	38
3	I grassi	39
3.1	Classificazione dei grassi	39
3.1.1	Acidi grassi.....	39
3.1.2	I trigliceridi.....	46
3.1.3	Fosfolipidi.....	47
3.1.4	Colesterolo.....	48
3.1.5	Altri steroli	48
3.2	I grassi da condimento	49
3.2.1	I grassi vegetali.....	49
3.2.2	Burro.....	56
4	Le proteine.....	57
4.1	Amminoacidi e proteine.....	57
4.2	Organizzazione delle proteine nei cibi.....	60
4.2.1	Il latte.....	60
4.2.2	L'uovo.....	63
4.2.3	La carne	64
4.2.4	Il pesce.....	65
4.3	Fonti di proteine nell'alimentazione umana.....	66
4.3.1	La carne	66
4.3.2	Il pesce.....	70
4.3.3	I legumi.....	71
5	Vitamine e minerali	75
5.1	Le vitamine.....	75
5.1.1	Vitamine idrosolubili	76
5.1.2	Vitamine liposolubili	80
5.2	Sali minerali	82
5.2.1	Minerali come macroelementi.....	83
5.2.2	Minerali in tracce	87
5.3	Ortaggi e frutta	90
5.3.1	I benefici della frutta e degli ortaggi.....	92
5.3.2	La frutta	94
6	Gli antiossidanti	97
6.1	Carotenoidi	100
6.1.1	Il pomodoro	102
6.2	Polifenoli	102

6.2.1	Caffè	103
6.2.2	Tè	105
6.2.3	Cioccolato	107
6.2.4	Mele	110
6.2.5	Ciliegie	111
7	Gli aromi	113
7.1	Le erbe aromatiche	116
7.1.1	Finocchio	116
7.1.2	Prezzemolo	117
7.1.3	Basilico	117
7.1.4	Maggiorana	118
7.1.5	Origano	118
7.1.6	Rosmarino	118
7.1.7	Salvia	118
7.1.8	Timo	118
7.1.9	Alloro	119
7.1.10	Menta	119
7.1.11	Dragoncello	119
7.1.12	Melissa	119
7.1.13	Santoreggia	119
7.1.14	Crescione	120
7.1.15	Rafano	120
7.1.16	Cumino	120
7.1.17	Coriandolo	120
7.1.18	Spinaci	120
7.2	Spezie	121
7.2.1	Peperoncino	123
7.2.2	Pepe	124
7.2.3	Zenzero	125
7.2.4	Curcuma	126
7.2.5	Cinnamomo o cannella	127
7.2.6	Cardamomo	128
7.2.7	Chiodi di garofano	128
7.2.8	Zafferano	128
7.2.9	Noce moscata	128
7.2.10	Vaniglia	129
7.2.11	Antimicrobici naturali	129
7.3	Erbe e spezie: proprietà antiossidanti	129
8	L'idratazione	131
8.1	La chimica dell'acqua	131
8.1.1	Acqua e acidità: la scala di pH	134
8.2	L'acqua potabile	134
8.3	Le acque minerali	135

8.4	Le bevande analcoliche	136
8.4.1	I succhi e i nettari di frutta	136
8.4.2	Il latte.....	136
8.4.3	Gli infusi.....	136
8.4.4	Bibite analcoliche, sport drinks ed energy drinks	137
8.5	Idratazione e salute	137
9	Le bevande alcoliche.....	141
9.1	Etanolo.....	141
9.1.1	Un componente fondamentale delle bevande alcoliche.....	141
9.1.2	Il destino dell'alcol nel nostro organismo.....	143
9.2	Effetti dell'etanolo.....	143
9.2.1	Etanolo e sistema nervoso.....	143
9.2.2	Etanolo e sistema cardiovascolare.....	144
9.2.3	Etanolo e sistema gastrointestinale	145
9.2.4	Le bevande alcoliche e il fegato.....	145
9.3	Alcol a dosi moderate e benefici cardiovascolari	146
9.4	Binge drinking e drunkoressia: le pessime abitudini	146
9.5	Il vino	147
9.5.1	La chimica del vino.....	147
9.5.2	Vino e benessere.....	151
9.5.3	Le peculiarità del vino rosso	153
9.5.4	I polifenoli del vino.....	154
9.5.5	Vino ed endotelio vascolare	155
9.5.6	Il caso del resveratrolo	156
9.6	Lo champagne	157
9.7	La birra	159
9.7.1	Problemi legati alla conservazione.....	160
9.8	I superalcolici	161
9.8.1	La chimica del whisky.....	161
10	Additivi e conservanti.....	165
10.1	Additivi alimentari.....	165
10.1.1	Addensanti.....	166
10.1.2	Emulsionanti.....	167
10.1.3	Esaltatori di sapidità.....	168
10.1.4	Aromi.....	169
10.1.5	Coloranti	171
10.2	Dolcificanti	174
10.3	Conservanti.....	176
10.3.1	Cloruro di sodio.....	177
10.3.2	Nitriti-nitrati	178
10.3.3	Altri conservanti	179

11	La sicurezza alimentare	183
11.1	La scienza contro le frodi e i contaminanti.....	183
11.1.1	Allergeni	185
11.2	Contaminanti	187
11.2.1	Acetilammide	187
11.2.2	Bisfenolo A.....	188
11.2.3	Idrocarburi aromatici policiclici (PAHs).....	189
11.2.4	Residui del confezionamento	189
11.2.5	Residui tossici provenienti dall'agricoltura.....	190
11.2.6	Effetti indesiderati dovuti alla presenza di ormoni	190
11.2.7	Antibiotici.....	190
11.2.8	Il problema dei nitrati.....	190
11.2.9	Tossine presenti nella frutta e nei vegetali	192
11.2.10	Tossine e prodotti ittici.....	194
11.2.11	Tossine di origine fungina	195
11.2.12	Residui metallici tossici	195
11.3	La scienza contro le frodi.....	197
11.3.1	Proteomica nell'industria alimentare	197
11.3.2	Analisi isotopica della dieta	198
11.4	Bioalimenti	200
11.4.1	Valutazione della naturalità dei cibi	204
11.5	Le etichette	205
11.5.1	Gli additivi.....	206
11.5.2	Il peso e la quantità	206
11.5.3	Il termine minimo di conservazione o scadenza.....	207
11.5.4	Il luogo e la ditta produttrice.....	207
11.5.5	Il titolo alcolometrico	207
11.5.6	Il lotto di appartenenza.....	207
11.5.7	Le modalità di conservazione.....	207
11.6	Nuove confezioni per conservare gli alimenti.....	208
12	Il cibo per la salute	211
12.1	Nutraceutici e cibi funzionali: alimenti integrali contro alimenti raffinati	211
12.1.1	Prodotti fermentati.....	215
12.1.2	Nutraceutici dalle alghe.....	216
12.2	Cibi funzionali	218
12.3	Integratori	219
13	Il cibo del futuro, il futuro del cibo.....	221
13.1	Biotecnologie del cibo.....	221
13.1.1	Patate geneticamente modificate	227
13.2	Nutridinamica	228

13.2.1	Proprietà dei carboidrati nei cibi	229
13.2.2	Fibre della dieta	231
13.3	Nutrigenomica	231
13.4	Nutrendo il futuro	233
13.5	Sostenibilità e alimenti marini	234
Glossario	237
Bibliografia	243
Indice analitico	249

1.1 La cultura del cibo

La cultura gastronomica fa parte della storia dell'uomo. L'evoluzione della natura umana è passata principalmente attraverso la tavola, dalla nutrizione alla gastronomia, un termine che in senso letterale sta a indicare la scienza del mangiare. È significativo che il verbo latino *sapere* indichi non solo avere conoscenza, ma anche essere gustoso (ad es. un cibo può essere sapido) e che in italiano questa unica radice accomuni sapere e sapore. Il cibo, così come il linguaggio, consente di comunicare, conoscere paesi e culture diverse, oltre a esprimere l'identità del proprio paese e della propria cultura. Gli Arabi esportarono in Occidente agrumi, zucchero, melanzane, carciofi, riso, pasta secca, prodotti e sapori fino ad allora sconosciuti. Dall'America, in epoca moderna, a seguito dei viaggi transoceanici, arrivarono pomodori, patate, peperoni e peperoncini, mais, cacao, che contribuirono alla nuova identità mediterranea. Lo zucchero, introdotto dagli Arabi durante il Medio Evo, venne esportato dagli Europei in America dopo i viaggi di Colombo.

A tavola il mangiare diventa convivio, ancora una volta l'occasione quotidiana di comunicazione e comunione. Il *Simposio*, noto anche con il nome di *Convivio*, forse il più noto dei dialoghi di Platone, ne è una classica testimonianza. Durante la cena in casa di Agatone, ciascuno degli interlocutori espone la propria teoria dell'Eros (Amore) perché, dopotutto, il cibo è come la sessualità; nella sua preparazione, condivisione e assunzione si testimonia la volontà di interagire con l'altro.

Già i Greci, soprattutto gli abitanti della Magna Grecia, avevano elaborato una cultura gastronomica raffinata di cui è testimonianza la raccolta *I sapienti a banchetto* di Ateneo di Naucrati. Le più antiche ricette della cucina romana di età imperiale sono quelle di Apicio (*De arte coquinaria*) redatte nel IV secolo d.C.

Tracce importanti del modello romano di cucina si ritrovano nel primo trattato di dietetica e gastronomia dell'Europa medioevale, il *De observatione ciborum*, scritto all'inizio del VI secolo da Antimo, un medico greco della corte ravennate di Teodorico, re dei Goti.

Per dirlo con le parole dell'antropologo Claude Fischler: "Se si vuole indagare il vasto campo dei simboli e delle rappresentazioni culturali che hanno a che fare

con le abitudini alimentari degli uomini si dovrà accettare il fatto che per la maggior parte rientrano in un tipo di coerenza ampiamente immotivata”. Al di là del condividere o meno questa affermazione, nessuno può negare che il cibo esprima dei messaggi e che questi messaggi siano spesso simbolici. Nello spirito di una famosa affermazione di Claude Lévi Strauss si può riconoscere che alcuni cibi sono “buoni da pensare” mentre altri sono “cattivi da pensare”.

In un recente libro intitolato *Con Gusto – Storia degli italiani a tavola*, John Dichie, storico e giornalista inglese, scrive giustamente: “Gli Italiani a volte parlano di una civiltà della tavola [...]”, una definizione che abbraccia i tanti e diversi aspetti di una cultura che trovano espressione attraverso il cibo.

Non è un caso che la più famosa fra le prime testimonianze dell’esistenza del formaggio parmigiano si trovi in una novella del Decamerone di Giovanni Boccaccio, posta al centro del paese di Bengodi, in cui Calandrino, l’ingenuo protagonista, viene ingannato dall’offerta di un paese “[...] dove eravi una montagna tutta di formaggio parmigiano grattugiato sopra la quale stavan genti che niuna altra cosa facevano che far maccheroni e ravioli e cuocerli in un brodo di capponi [...]”.

Nel *De magnalibus Mediolani* (Le meraviglie di Milano) scritto nel 1288 da Bonvesin della Riva, è significativo che il capitolo dedicato al cibo sia il secondo per lunghezza fra gli otto che costituiscono il libro. Un’altra opera di Bonvesin è *Le cinquanta cortesie da tavola*, un lungo elenco scritto in versi e in dialetto milanese di consigli di galateo. Venendo a tempi più recenti, in un appunto del 1870 all’editore del *Grand dictionnaire de cuisine* pubblicato nel 1872, Alexandre Dumas, l’autore de *I tre moschettieri* dichiarava, come proposito dell’opera, “*je voulais être lu par les gens du monde et pratiqué par les gens de l’art*”. Nell’introduzione egli aggiungeva: “*C’est pour l’homme civilisé que nous écrivons ce livre; sauvage, il n’a pas besoin d’être excité à l’appétit*” (Carlino, 2004).

Piero Camporesi inserisce *La scienza in cucina* di Artusi fra i classici della letteratura italiana, accanto ai *Promessi sposi* di Manzoni e a *Pinocchio* di Collodi, come elemento importante dell’“unificazione nazionale” (Camporesi, 1980). Nel ventennio trascorso dalla prima pubblicazione, a spese dell’editore, fino alla sua morte, ne sono state pubblicate quindici edizioni; le 14 ristampe ampliano il numero delle ricette, che passano dalle iniziali 475 a 790. A testimonianza della lucidità dello scrittore novantenne, va ricordato che l’ultima parte, l’Appendice *Cucina per gli stomachi deboli*, è stata scritta nel 1910. Alcune norme igieniche vennero inserite nella quarta edizione del 1899 e Artusi ricevette il riconoscimento come autore igienista dal famoso medico Paolo Mantegazza (1893).

Filippo Tommaso Marinetti, fondatore del movimento futurista, pubblicò nel 1932 *Un manifesto della cucina futurista* nello spirito di una rivoluzione culturale che andasse oltre l’arte e la poesia; quest’opera, in cui viene condannata la pasta-sciumma, ispirò i menu di un famoso ristorante torinese dell’epoca. Il *manifesto* si chiude con un piccolo dizionario, con vocaboli divertenti che sostituiscono altrettanti francesismi e anglismi, quali consumato (*consommé*), lista (*menu*), fumatoio (*fumoir*), miscela (*mélange*), castagne candite (*marrons glacés*).

Anche le abitudini alimentari sono solidamente radicate nelle culture dei diversi paesi. I regimi di salute e l’arte del vivere sano hanno una tradizione molto

antica: già nella Grecia classica costituivano una disciplina a sé. Basti pensare al *Corpus Hippocraticus*, trasmesso poi da Galieno alla medicina bizantina e infine confluito nella scienza medica araba.

In Occidente questo sapere si è affermato attraverso due direttrici principali: Salerno in Italia e Toledo in Spagna.

Il primo testo di igiene medioevale è stato il *Liber de Conservanda Sanitate* di Giovanni da Toledo, la cui struttura è una specie di anticipazione *ante litteram* di tutti i libri scritti nei secoli successivi sull'argomento. Dopo un'introduzione, nella quale si insiste sull'astinenza come regola prima della salute, si incontrano vari paragrafi che si occupano degli elementi della dieta. Poi si elencano gli alimenti: le carni, i pesci, i legumi, i prodotti di origine animale, le uova, il latte e infine la frutta. Nel capitolo riservato alle bevande, un ruolo particolare spetta al vino. Con il *regimen* di Giovanni da Toledo si inaugura la serie dei *regimen sanitatis*.

Anche la Scuola Medica Salernitana, alla fine del Quattrocento, era un centro di sapere e di conoscenza largamente riconosciuto. Ad essa si deve il testo divenuto popolarissimo sotto il nome di *Regimen Sanitatis Salernitanum* di autori ignoti (Capone, 2005), che contiene tutto il sapere medioevale, derivato a sua volta da quello antico, del mondo greco e arabo.

Sotto forma di commentari e aforismi il *Regimen*, favorito nella sua diffusione dalla scoperta della stampa, è stato un libro popolarissimo e la sua fortuna ha attraversato almeno quattro secoli giungendo fino al XIX secolo. L'idea di *sanitas*, a cui si ispira, fondata sulla prevenzione delle malattie, è ancor oggi di stretta attualità. Molto spazio è concesso all'uso dei *simplici*, cioè delle erbe e degli estratti naturali.

In tempi più recenti gli antropologi si sono assunti il compito di spiegare il perché di determinate preferenze e di altrettanti ostracismi nei confronti del cibo, diversi per le diverse culture.

Nel 1555 l'editore Volant pubblicava a Lione un manuale per preparare composte e marmellate sotto il titolo *Excellent et moult utile opusculè à tous nécessaire*, che conobbe una grande fortuna e fu più volte ristampato come *Des confitures*. A scriverlo era stato un medico fisico, alchimista e astronomo, uno scienziato eclettico, Michel de Notre Dame, meglio noto come Nostradamus. Il testo è a tutti gli effetti un prontuario medico, più che culinario, rivolto alla cura di tutta una serie di disturbi e affezioni, una sorta di avvincente crocevia di un'intera cultura alimentare. Questo piccolo manuale di Nostradamus rappresenta la formulazione di un modo di rapportarsi al cibo che impiegherà un paio di secoli prima di estinguersi.

Secondo J. Soler, se si vogliono spiegare preferenze e avversioni relative al cibo, la spiegazione "non deve essere cercata nella qualità delle derrate alimentari", bensì "nelle strutture mentali di un popolo".

In termini ancora più espliciti "Il cibo ha ben poco a che fare col nutrimento. Noi non mangiamo ciò che mangiamo perché in qualche modo ci conviene, né perché ci fa bene, né perché è a portata di mano, né perché è buono" (R. Welsch).

Secondo Marvin Harris, un antropologo della Columbia University, considerato uno dei massimi esponenti del *materialismo culturale*, il fatto che alcuni cibi "siano buoni o cattivi da pensare dipende dal fatto che sono buoni o cattivi da mangiare. Il cibo deve nutrire lo stomaco collettivo prima di alimentare la mentalità collettiva"

(Harris, 1990). Secondo l'autore, le scelte alimentari sono sempre determinate da un calcolo di vantaggi e svantaggi e i vari sistemi di alimentazione e cucina, compresa l'antropofagia, sarebbero in definitiva quelli più pratici ed economici in determinate condizioni storiche. Così dicendo, Harris ribalta la già ricordata famosa affermazione di Claude Lévi Strauss, secondo cui "alcuni cibi sono buoni da pensare, mentre altri sono cattivi da pensare".

Tutto questo ovviamente non è in contrasto col fatto che i cibi preferiti abbiano in genere un migliore apporto energetico e siano più ricchi in termini di proteine, di vitamine, di minerali e così via, rispetto a quelli meno graditi o che vi siano cibi di buona qualità o di qualità scadente, come vedremo nel seguito di questo libro.

Quello che vogliamo mettere in evidenza, è che i parametri in gioco per quanto riguarda gli alimenti sono i più svariati, e che non è affatto semplice calcolare i costi-benefici in termini di cibo, quelli che in pratica orientano preferenze e avversioni.

Sempre secondo Harris, le differenze sostanziali tra le cucine del mondo si possono far risalire ai condizionamenti ambientali e alle diverse possibilità offerte dalle diverse zone. Per esempio, le cucine in cui viene maggiormente utilizzata la carne si accompagnano a una densità demografica relativamente bassa e alla presenza di terre non strettamente necessarie, o inadatte alla coltivazione. All'opposto, le cucine che si fondano maggiormente sull'utilizzo di vegetali si accompagnano a un'elevata densità demografica, con popolazioni che non possono sostenere l'allevamento di animali da carne senza ridurre le quantità di calorie e di proteine disponibili per l'uomo.

Non si può ignorare che i costi e i benefici in termini nutritivi e ambientali non sempre coincidono con costi e benefici in termini monetari, e non è possibile non tenere in alcun conto il ruolo dell'economia di mercato. Ciascuna pedina del complesso gioco alimentare va vista come parte di un sistema complessivo di produzione del cibo e delle sue ricadute sulla società.

A questi argomenti Michael Pollan ha dedicato recentemente un libro, che ha suscitato roventi polemiche (Pollan, 2008).

1.2 L'evoluzione della dieta

Come scriveva Charles Darwin: "L'uomo mantiene ancora nella sua struttura corporea l'impronta indelebile della sua umile origine" (*The Descent of Man*, 1871).

Lo studio dei fattori che nel corso dei secoli hanno condizionato il profilo genetico umano permette non solo di conoscerne il percorso evolutivo, ma anche di comprendere l'alta prevalenza di malattie dismetaboliche che caratterizza la società moderna.

Infatti la dieta e lo stile di vita insieme ai fattori climatici, geologici e ambientali hanno influenzato notevolmente lo sviluppo del genere umano, la cui differenziazione genetica dallo scimpanzé risale a circa 5-7 milioni di anni fa, ma le cui origini vere e proprie risalgono a 2,5 milioni di anni prima di Cristo.

La caccia prima e l'avvento dell'agricoltura poi hanno segnato le tappe principali dell'evoluzione dell'uomo, in stretta associazione con i grandi cambiamenti

dello stile di vita. I cibi di origine animale, che inizialmente rappresentavano un alimento saltuario della dieta dei nostri antenati, sono diventati progressivamente sempre più importanti, grazie alla diffusione della caccia come metodo sistematico per procurare cibo, circa 2 milioni di anni fa. Con l'aumento della densità della popolazione nel tardo Pleistocene (10-12000 anni fa) si assiste a un brusco cambiamento dello stile alimentare, con l'avvento dell'agricoltura e lo sviluppo dell'allevamento. Dalla metà del secolo scorso, dalla II Guerra Mondiale ad oggi, si assiste poi a un altro cambiamento epocale della qualità nutrizionale della dieta, che è ritenuto responsabile, insieme alla sedentarietà, dell'aumento delle malattie cronico-degenerative (Larsen, 2003).

Le informazioni sulla dieta dei nostri antenati derivano in parte dallo studio dei fossili di piante e animali, e in parte dallo studio delle ossa e dei denti degli uomini primitivi, mediante l'analisi degli isotopi stabili di carbonio (C) (rapporto tra C^{13} e C^{12}) e di azoto (N) (rapporto tra N^{15} e N^{14}), estratti dalle ossa umane. Il rapporto C^{13}/C^{12} dà informazioni sul tipo di vegetali assunti in una determinata epoca, mentre lo studio del rapporto tra gli isotopi di azoto è utile in particolare per riconoscere la quantità di prodotti ittici consumati rispetto ai prodotti di origine animale e per identificare il contributo relativo delle proteine di origine vegetale e di quelle di origine animale.

La carne è ancora oggi una fonte preziosa di energia, proteine di qualità elevata, micronutrienti essenziali, come il ferro, lo zinco, la vitamina B12. Non stupisce quindi che l'uomo abbia da subito attribuito grande importanza a questo alimento. Il ritrovamento di strumenti di pietra nell'Africa orientale ha permesso di dedurre come già gli uomini primitivi che abitavano quella zona 2,5 milioni di anni fa fossero in grado di tagliare e lavorare la carne degli animali. Non vi sono reperti antecedenti a dimostrazione del consumo di carne prima di allora, ma lo studio delle abitudini dei primati più simili ai nostri antenati, gli scimpanzé, ha suggerito che questo alimento fosse comune già 6-8 milioni di anni fa, cioè ben prima dell'*Homo erectus*.

Probabilmente l'introduzione della caccia e del consumo di carne tra le abitudini dell'uomo primitivo ha coinciso con il miglioramento dello stato di salute, e di conseguenza con l'aumento dell'altezza e della massa corporea (37 kg per 131 cm di altezza per l'*Homo habilis* e 56 kg per 180 cm per l'*Homo erectus*). Si sa che la carne rappresentò il principale costituente della dieta dall'epoca di Neanderthal al tardo Pleistocene, periodo al quale si fa risalire l'inizio dello sfruttamento metodico delle risorse marine con la pesca e la raccolta dei crostacei, e quindi lo sviluppo delle tecniche necessarie.

In breve tempo i cambiamenti climatici, verso condizioni più simili a quelle attuali, hanno favorito ulteriori cambiamenti alla dieta umana. Infatti, in alcune regioni particolarmente favorevoli, l'uomo ha cominciato a addomesticare gli animali e a coltivare i vegetali che fino ad allora erano esclusivamente selvatici. Gli animali sono diventati sempre più importanti non solo per la carne, ma anche per il latte, per le ossa e per le pelli che venivano utilizzate per la produzione di indumenti, e all'allevamento di pecore e capre (testimoniato già 80000 anni fa in Medio Oriente) si aggiunse quello di maiali e pollame. Dallo studio di almeno sei insediamenti diversi è giunta conferma della diffusione completamente indipendente degli animali domestici, che si propagò rapidamente in territori molto estesi.

Secondo alcuni antropologi, la modificazione radicale delle abitudini di vita associata all'agricoltura e all'allevamento, non è stata che il risultato inevitabile del processo di riscaldamento della crosta terrestre, successivo allo scioglimento dei ghiacci che fino ad allora ricoprivano buona parte delle terre emerse. Altri, invece, hanno ipotizzato che la ricerca di fonti di cibo alternative sia stata la conseguenza della caccia sovrabbondante di animali di grossa taglia e quindi della scomparsa della cacciagione.

Lo studio degli isotopi stabili ha permesso di apprendere che l'agricoltura nel Neolitico ha soppiantato anche i prodotti della pesca in alcuni stanziamenti costieri, ad esempio in Grecia.

Studi antropologici hanno evidenziato la riduzione delle dimensioni dei denti e dello scheletro facciale umani in associazione al consumo di cibi di origine vegetale non selvatici, prima lavorati e poi cotti, per migliorarne la masticabilità e aumentarne la tenerezza.

All'aumento della disponibilità di cibo legato allo sviluppo dell'agricoltura corrisponde, tuttavia, la riduzione delle tipologie di alimenti fruibili e l'insorgenza di problematiche sanitarie e sociali nuove.

La dieta degli Amerindi, a base prevalentemente di mais, era carente di amminoacidi essenziali (lisina e triptofano presenti per lo più nei cibi di origine animale), ricca di fitati, cioè di composti vegetali che riducono l'assorbimento di calcio, oltre che povera di calcio stesso e di ferro. Questo tipo di società agricola, poi, si caratterizzava per un'alta densità della popolazione, e quindi per una condizione favorente la diffusione di malattie infettive.

Il passaggio dalla caccia e dalla raccolta alla coltivazione ha avuto un notevole impatto sulla sedentarietà dell'uomo, con l'aumento della massa corporea e della densità della popolazione che a sua volta, con condizioni igieniche precarie, ha favorito lo sviluppo di batteri responsabili di epidemie. Nei resti fossili di uomini e donne residenti in insediamenti affollati sono stati riscontrati più segni attribuiti in parte a ferite dei tessuti molli e in parte a particolari infezioni, come quelle da *Treponema*. Si stima infatti che alcune delle infezioni che ancora oggi rappresentano un rischio per la salute umana, abbiano avuto inizio nella società agricola primitiva, esacerbate dalle carenze nutrizionali.

Un'altra conseguenza della società stanziale è l'insorgenza dell'anemia associata alla carenza di ferro, per la quale già le carenze nutrizionali rappresentano un fattore predisponente, ma che si è sviluppata maggiormente a causa dei parassiti che inquinano l'acqua. Solo nelle regioni nelle quali l'agricoltura non ha sostituito completamente la pesca, come nella costa atlantica degli Stati Uniti sud orientali, è stata osservata una minore prevalenza di segni della carenza di ferro.

Lo studio delle articolazioni degli scheletri appartenuti ai nostri antenati cacciatori e agricoltori ha permesso di comprendere il drastico cambiamento dello stile di vita che ha determinato modificazioni importanti della struttura ossea. La riduzione del carico di lavoro si è associata a minori dimensioni delle ossa e a una riduzione progressiva dei processi di degenerazione delle articolazioni, dalla posizione delle quali è possibile capire la tipologia dell'esercizio fisico prevalente. Diversamente da quanto è stato osservato negli abitanti del nord America, con la

colonizzazione da parte degli Europei, e l'aumento di osteoartrite conseguente al maggior carico di lavoro imposto dai conquistatori. L'apparato locomotore si è adattato nelle diverse epoche storiche al lavoro dell'uomo; infatti la sedentarietà contemporanea corrisponde una maggiore debolezza dello scheletro e la predisposizione all'osteoporosi.

1.2.1 L'ipotesi evolutivistica del genotipo risparmiatore

L'importanza della dieta e dello stile di vita per la salute umana è confermata anche dallo studio dei popoli che ancora oggi vivono di caccia e di raccolta di cibi selvatici, tra i quali le malattie cardiovascolari e degenerative in generale sono molto meno diffuse che tra gli abitanti dei paesi industrializzati. Osservazioni di questo tipo hanno portato alla formulazione dell'ipotesi del genotipo risparmiatore, da parte di James V. Neel, che nel 1962 pubblicò un articolo dal titolo *Diabetes mellitus: A 'thrifty' genotype rendered detrimental by 'progress'?* (Diabete mellito: un genotipo risparmiatore reso dannoso dal progresso?). In esso l'autore suggerì che alla base del diabete mellito indipendente dall'insulina ci fossero processi metabolici adeguati allo stile di vita dell'uomo cacciatore-raccoglitore, con il suo regime alimentare discontinuo, e finalizzati alla riduzione dell'eliminazione (risparmio) di zuccheri. Secondo questa teoria, quindi, i cambiamenti tipici della civiltà occidentale hanno compromesso un complicato meccanismo omeostatico.

Negli anni seguenti hanno assunto sempre maggiore interesse le caratteristiche dell'ipertensione essenziale e dell'obesità, per epidemiologia simili al diabete mellito non insulino-dipendente, e cioè la familiarità e l'associazione con fattori ambientali e genetici.

Il ruolo degli uni e degli altri nell'insorgenza del diabete di tipo 2 è stato evidenziato dai risultati di studi osservazionali su popolazioni geneticamente simili, ma diverse per stile di vita e abitudini alimentari, come gli Indiani Pima dell'Arizona meridionale e dei monti della Sierra Madre, che vivono separati da meno di 1000 anni. La maggiore frequenza di malattia diabetica tra gli Indiani della riserva può essere attribuita esclusivamente alle differenze che riguardano la dieta e la minore attività fisica. La considerazione che in popoli tribali pur geneticamente differenti, che hanno mantenuto lo stile di vita tradizionale, non vi sia ugualmente predisposizione a sviluppare diabete mellito non insulino-dipendente non permette di escludere la base genetica.

Lo stesso vale per l'obesità che, insieme al diabete mellito e all'ipertensione, è fattore di rischio per la sindrome metabolica: anche se non tutti gli adulti obesi lo sono fin da piccoli, è pur vero che i bambini grassottelli hanno maggiori probabilità di rimanere sovrappeso una volta cresciuti.

Secondo la teoria evolutivistica del genotipo risparmiatore proposta da Neel, dunque, diabete e obesità sarebbero la conseguenza di un processo di selezione naturale che avrebbe favorito la mutazione spontanea del gene risparmiatore. Sotto l'influenza delle carestie che hanno facilitato la selezione dei soggetti più resistenti (lo stesso Darwin in *Sull'origine delle specie*, sottolineò il ruolo importante della

carestia nell'evoluzione degli animali più sviluppati), si sarebbe quindi generato un fenotipo eccezionalmente efficiente nel depositare l'energia in eccesso nel tessuto adiposo, in presenza di un'ampia disponibilità di cibo. Ciò che è stato vantaggioso per gli esseri umani primitivi, garantendo loro la sopravvivenza anche in periodi di carestia, sarebbe quindi diventato dannoso per l'uomo moderno per il quale le risorse alimentari sono inesauribili.

Benché molto affascinante, negli ultimi anni l'ipotesi del genotipo risparmiatore è stata oggetto di revisioni da parte di ricercatori che hanno sottolineato la mancanza di prove reali della sua esistenza (Speakman, 2006; Bouchard, 2007) e che hanno proposto che l'ipotesi di Neel non sia sufficiente da sola a giustificare la debolezza dell'organismo umano in risposta a un ambiente obesigenico. Ad esempio, indipendentemente dall'ambiente e dai comuni progenitori, esistono soggetti biologicamente predisposti all'obesità e altri che lo sono meno. Ancora, non è ad oggi possibile escludere l'influenza sulla salute dell'adulto di stimoli o di fattori di rischio con i quali può venire a contatto durante la vita fetale o nel periodo neonatale.

1.3 Variare spesso le scelte a tavola

“Variare spesso le scelte a tavola” è il principio su cui basare una sana e corretta alimentazione, come indicato dalle Linee Guida per una Sana Alimentazione Italiana (INRAN/MiPAF, 2003). Infatti, non esiste alcun alimento naturale o trasformato in grado, da solo, di soddisfare i fabbisogni di energia e nutrienti del nostro organismo: tutti gli alimenti sono necessari per realizzare tale obiettivo. I nutrizionisti, infatti, ribadiscono che non esistono alimenti “buoni” e alimenti “cattivi”: cattiva può essere definita solo un'alimentazione che escluda un alimento o un'intera categoria di alimenti senza un motivo preciso (condizioni patologiche, allergie o intolleranze correttamente diagnosticate) o che risulti troppo monotona. Una dieta di questo tipo può essere carente in molti nutrienti, soprattutto minerali e/o vitamine, anche se adeguata o addirittura eccessiva nell'apporto energetico, al punto da determinare una condizione di sovrappeso o di obesità. Per queste ragioni, combinare tra loro in modo corretto alimenti diversi significa, semplicemente, evitare eccessi e carenze di energia e di nutrienti. Per esempio, il pane e la pasta, che possono essere consumati insieme, apportano gli stessi nutrienti; perciò se il consumo di questi due alimenti è a discapito di altri, si rischia di assumere una dose eccessiva di carboidrati e quantità insufficiente di alcuni amminoacidi essenziali che nei cereali sono poco rappresentati. Occorre, allora, ridurre le porzioni se si vogliono consumare pane e pasta insieme, e lasciare posto a cibi di altra natura. Da questo equilibrio dipende il mantenimento dello stato di salute e il benessere psico-fisico di ciascun individuo.

Fino ad ora abbiamo parlato di un'assunzione equilibrata di macro- e micronutrienti (proteine, carboidrati, grassi, minerali e vitamine); tuttavia, variare le scelte a tavola permette di realizzare anche un apporto adeguato di composti differenti dai nutrienti tradizionali e genericamente definiti “funzionali”. A tali composti la ricerca di base, in ambito biologico e molecolare, associata ai risultati di studi epidemio-

logici su larga scala, attribuisce un ruolo determinante nella riduzione del rischio di insorgenza di malattie cronico-degenerative. Essi sono presenti, in particolare, negli alimenti di origine vegetale, e per questo sono chiamati *phytochemicals* (per esempio, appartengono a questa categoria la grande ed eterogenea categoria dei polifenoli, gli acidi organici, gli oligosaccaridi, ecc.), derivati per lo più dal metabolismo secondario delle piante che li producono per difesa dagli attacchi fisico-chimici e microbiologici dell'ambiente. Non a caso, la maggiore concentrazione di questi composti si rileva negli alimenti prodotti da agricoltura biologica (ed è questa una delle poche differenze tra alimenti biologici e di produzione convenzionale).

Variare le scelte a tavola permette anche di ridurre il rischio di assumere sostanze estranee potenzialmente dannose o fattori "antinutrizionali" (come ad esempio l'avidina dell'albume dell'uovo che impedisce l'assorbimento della biotina) comunemente contenuti negli alimenti. Occorre, infine, sottolineare che un'alimentazione variata è anche più gradevole, e essendo gradevole dovrebbe risultare anche più semplice da seguire.

Recentemente, alcune metanalisi e revisioni sistematiche della letteratura scientifica hanno dimostrato che l'assunzione di dosaggi elevati di singole vitamine (per esempio vitamina E, A e β -carotene) non solo non ha alcun effetto protettivo, ma sembra in alcuni casi addirittura aumentare il rischio di mortalità per cause diverse (tumori e/o malattie cardiovascolari). Queste osservazioni confermano sempre più chiaramente che non è importante ai fini salutistici tanto l'assunzione di un singolo composto, quanto l'assunzione di composti differenti in quantità equilibrate e nel contesto di una dieta varia. Le nostre difese antiossidanti sono il risultato di un'interazione complessa tra vitamine, minerali, enzimi e numerosi altri composti, che realizzano un sistema in cui lo sbilanciamento si traduce in un effetto potenzialmente dannoso. L'esempio dell'orchestra in cui la bellezza di una sinfonia deriva dalla perfetta armonia tra tutti gli strumenti, è particolarmente adatto a chiarire il concetto. È pertanto improbabile che alcuni integratori alimentari possano essere di per sé efficaci per combattere l'invecchiamento. Inoltre, molti composti sono stati scoperti solo di recente ed è assolutamente verosimile che molti altri saranno scoperti nei prossimi anni o che a composti noti saranno attribuite nuove funzioni, non ultime quelle di modulare l'espressione di alcuni geni e/o indurre modificazioni epigenetiche favorevoli a un invecchiamento sano ed esente da disabilità.

Gli studi scientifici più recenti, in particolare, indicano quanto sia importante conoscere non solo la composizione dei cibi assunti ma anche gli effetti che i diversi componenti degli alimenti producono a livello dell'organismo.

Ad esempio, i carboidrati che fino ad alcuni anni fa venivano distinti in semplici e complessi in base alla struttura chimica, oggi se a basso o alto "indice glicemico", esercitano un effetto più o meno favorevole sul metabolismo del glucosio e dell'insulina; i grassi sono stati rivalutati come fonti di acidi grassi essenziali e veicoli di vitamine liposolubili; per quanto riguarda le proteine, è importante alternare quelle di origine animale con quelle di origine vegetale (come quelle contenute nei legumi). Alle indicazioni per questi macronutrienti si associano quelle per le vitamine e i minerali che, pur in concentrazioni molto piccole, sono in grado di condizionare la funzionalità e il metabolismo cellulare.

La dieta mediterranea classica, a base di cereali, proteine vegetali, pesce, grassi insaturi, frutta e verdura ricche di vitamine e oligoelementi, integrata da quote appropriate di latticini, rappresenta quindi un modello alimentare vario ed equilibrato, con un profilo nutrizionale nettamente favorevole in termini salutistici.

Per orientare le scelte alimentari nel modo più appropriato, è importante conoscere le caratteristiche dei differenti alimenti, che possono essere suddivisi in gruppi, identificati in base alla composizione in nutrienti. È necessario però introdurre anche il concetto di porzione, che rappresenta la quantità media in grammi, da considerare come unità di misura per una sana e corretta alimentazione, e che è stata definita, per gli alimenti principali, dai LARN (Livelli di Assunzione Raccomandati di Nutrienti per la popolazione italiana), pubblicati dalla Società Italiana di Nutrizione Umana (SINU) nel 1996.

Il concetto di quantità benessere (QB) è stato proposto per indirizzare la popolazione verso comportamenti alimentari più salutari da un gruppo di esperti ai quali il Ministero della Salute, con D.M. del 1/09/2003, ha affidato il compito di elaborare un modello di dieta di riferimento coerente con lo stile di vita attuale e con la tradizione alimentare del nostro paese (www.piramideitaliana.it). L'adozione delle QB consente di rendere più comprensibili le linee guida per una sana alimentazione, allontanando quel senso di costrizione e di punizione che viene comunemente associato alla parola dieta.

Il regime alimentare di riferimento per un adulto di sesso maschile con uno stile di vita moderatamente attivo, è di circa 2000 kcal. Esso rappresenta il fabbisogno medio stimato per la popolazione adulta sana, sebbene il dispendio energetico possa variare significativamente da un individuo all'altro, in relazione al sesso, all'età, alla massa corporea e alla sua composizione (percentuale di massa magra, metabolicamente attiva, e percentuale di massa grassa) oltre che al livello di attività fisica giornaliero. Considerare tale variabilità è estremamente importante, poiché un apporto energetico che superi anche solo di 100 kcal il dispendio energetico giornaliero, può determinare un aumento ponderale di circa 5 kg in un anno. Le porzioni devono, quindi, essere adattate in aumento, nel caso di intensa attività sportiva e/o di eccessiva magrezza, oppure in diminuzione nel caso di sovrappeso e/o di sedentarietà.

1.4 L'equilibrio energetico

Un'alimentazione equilibrata e uno stile di vita corretto costituiscono, insieme, la base per il mantenimento del benessere e della salute. Gli errori alimentari e la sedentarietà sono infatti chiaramente associati all'insorgenza di molte malattie croniche, anche perché la loro presenza facilita la comparsa o l'aggravamento di una serie di fattori di rischio di queste patologie, come il sovrappeso, l'obesità, l'ipertensione, le dislipidemie, tanto diffusi nella società moderna.

L'alimentazione è equilibrata quando garantisce l'apporto adeguato di energia e di nutrienti, prevenendo sia le carenze che gli eccessi nutrizionali (entrambi dannosi), con un'ampia varietà di alimenti per soddisfare il fabbisogno di tutte le sostanze nutritive necessarie.

Non è possibile definire la quota di energia giornaliera necessaria per tutti, perché la spesa energetica varia in funzione dell'età, del peso e dell'attività fisica svolta quotidianamente.

Tuttavia, è risaputo che l'energia giornaliera necessaria per il funzionamento dell'organismo è fornita dai tre macronutrienti, carboidrati, proteine e grassi (o lipidi), consumati nella giusta proporzione: il 50-55% delle calorie deve essere apportato dai carboidrati, il 25-30% dai grassi e il 15-20% dalle proteine. È importante sapere che i nutrienti hanno un valore energetico diverso: carboidrati e proteine apportano 4 kcal per grammo, mentre i grassi ne apportano 9 per grammo. Ecco perché l'olio, che è costituito quasi esclusivamente da grassi, ha un valore energetico tanto elevato: 10 grammi di olio (un cucchiaino da minestra), che contengono circa 9 grammi di grassi, equivalgono a 90 kcal. Bisogna quindi fare attenzione a dosare i condimenti per evitare di esagerare con i grassi e con le calorie.

Negli ultimi anni, inoltre, si sta facendo sempre più strada la convinzione che anche la modalità di consumo degli alimenti possa influenzare l'impatto di macro e micronutrienti sull'organismo e che l'equilibrio nutrizionale dipenda anche dalla corretta distribuzione delle calorie nell'arco della giornata.

È importante quindi suddividere l'apporto calorico giornaliero nei 3 pasti principali: la prima colazione che deve apportare il 15-20% delle calorie complessive; il pranzo, che rappresenta il pasto più importante della giornata, fornendo circa il 35-40% della quota calorica totale; la cena, che dovrebbe essere tendenzialmente più leggera (pari a circa il 25-30% delle calorie giornaliere) e contenere alimenti diversi rispetto a quelli consumati a pranzo. In particolare, numerosi studi recenti hanno evidenziato quanto sia importante per la salute e il benessere cominciare la giornata con una prima colazione completa ed equilibrata, che la popolazione adulta tende a saltare. Infatti, coloro che consumano regolarmente un primo pasto della giornata completo ed equilibrato, non solo hanno un rendimento intellettuale e fisico migliore durante la mattinata, ma hanno una dieta complessivamente migliore dal punto di vista nutrizionale.

A questo schema, composto da 3 pasti principali, è poi opportuno aggiungere 2 spuntini, a metà mattina e a metà pomeriggio, che non siano eccessivamente pesanti e calorici. Dovrebbero essere piuttosto spezza-fame, utili per evitare di arrivare affamati al momento del pranzo o della cena, che non eccedano il 10-15% delle calorie totali. L'assunzione di più pasti consente di soddisfare il bisogno calorico quotidiano senza appesantire la digestione, come avviene invece quando si concentra il consumo di cibo in due soli pasti principali.

La maggior parte dell'energia assunta con gli alimenti, il 70% circa, viene utilizzata per il cosiddetto metabolismo "basale" o "a riposo", ed è necessaria per sopprimere alle funzioni vitali dell'organismo a riposo. L'organismo, infatti, non brucia calorie solo quando è in movimento, ma anche per la crescita, il rinnovamento cellulare, il battito cardiaco, i movimenti respiratori, la funzione digestiva, la circolazione sanguigna, le contrazioni muscolari, la termogenesi (cioè la spesa energetica supplementare in risposta all'assunzione di cibo, all'esposizione al freddo, allo stress, a influenze ormonali). Il metabolismo a riposo dipende dalla massa corporea, dalla composizione in termini di massa magra e massa grassa, e può subire modificazioni anche per il mancato equilibrio energetico.

Tabella 1.1 Esempi di dispendio energetico per alcune attività (per un adulto di circa 65 kg di peso)

Attività	kcal/h
Dormire	60
Lavorare in ufficio	100
Guidare	150
Passeggiare	170
Cucinare	200
Camminare di buon passo	220
Pedalare	270
Sciare	400
Nuotare	460
Giocare a tennis	540
Correre	670

Tuttavia, il solo metabolismo a riposo non è sufficiente per bruciare le circa 2000 kcal che vengono assunte con una dieta moderata. Per questo è necessaria l'attività fisica, la frazione più variabile della spesa energetica, che dipende dalla costituzione, dal peso corporeo, dal tipo di sforzo, dall'intensità e dalla durata dell'esercizio fisico. Per mantenere in equilibrio il rapporto tra l'introito calorico e la spesa energetica, nell'ambito di una dieta normocalorica è indispensabile dedicarsi ad attività di diverso tipo e regolarmente ad almeno 30 minuti di esercizio fisico al giorno, sotto forma di camminata di buon passo, spostamento in bicicletta, a piedi o con le scale o, meglio ancora, nuoto o attività in palestra (Tabella 1.1).

L'attività lavorativa è determinante del fabbisogno calorico: chi fa un lavoro di tipo sedentario (soprattutto d'ufficio) non può assumere la stessa quota energetica di chi fa un lavoro in movimento o di fatica. Si stima, ad esempio, che la dieta adeguata allo stile di vita dell'uomo primitivo di cui abbiamo parlato prima, cacciato-re-raccoglitore, si aggirasse sulle 3000 kcal.

Informazioni interessanti a questo proposito sulla situazione attuale, sono risultate dall'analisi dei dati raccolti per gli studi americani NHANES (Church et al., 2011). L'incremento del peso corporeo medio registrato negli ultimi 50 anni nella popolazione adulta statunitense (sia maschile che femminile) si associa a una riduzione della spesa energetica di circa 100 kcal che, a sua volta, dipende dalla minore presenza di figure professionali fisicamente attive (agricoltori, lavoratori nell'industria mineraria, addetti al trasporto di tronchi d'albero, ecc.), passate dal 50 al 20% delle attività professionali totali. Allo stesso tempo, è aumentata l'occupazione nel pubblico servizio (ad esempio, nel settore dell'istruzione, del commercio e della finanza) che si associa a un'attività di tipo leggero o addirittura sedentario.

Nel 2002, l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha inserito l'inattività fisica tra le cause principali, non solo di sovrappeso, ma anche di alcuni tipi di tumori (seno e colon-retto), oltre che di diabete mellito e di malattia coronarica.

Più recentemente, la Società Americana di Nutrizione (Hall et al., 2012) ha pubblicato un documento di consenso sull'equilibrio energetico, prodotto sulla base delle evidenze scientifiche disponibili. Il corpo umano deve essere considerato come un complesso sistema biologico, nel quale l'*intake* calorico e la spesa energetica

cambiano nel tempo in risposta alle modificazioni ambientali. La fisiologia umana rientra nella prima legge della termodinamica, secondo la quale l'energia può trasformarsi ma non può essere né creata né distrutta (principio della conservazione dell'energia). Ad esempio, l'energia chimica ottenuta dai nutrienti viene trasformata in energia meccanica. La variazione del peso corporeo è data quindi dalla differenza tra l'energia metabolizzabile, cioè assunta con gli alimenti e le bevande (alla quale va sottratto un 5-10% disperso con le feci e le urine), e l'energia consumata.

I valori comunemente utilizzati per quantificare la densità energetica dei carboidrati (4 kcal/g; 17 kJ/g), delle proteine (4 kcal/g; 17 kJ/g) e dei grassi (9 kcal/g; 38 kJ/g), rappresentano i valori medi di energia metabolizzabile dagli stessi macronutrienti per la popolazione generale, e cioè la quantità effettiva di carburante a disposizione dei processi biologici. Essa è condizionata dall'assorbimento effettivo dei macronutrienti, che dipende a sua volta da diversi fattori, come la composizione dell'alimento stesso e l'eventuale contenuto di fibre e altri composti che possono limitare l'accesso agli enzimi digestivi, il tipo di cottura o di preparazione, le caratteristiche degli altri cibi che compongono lo stesso pasto. Anche le condizioni del microbiota intestinale, ovvero della flora batterica che colonizza l'intestino, sono determinanti della quota energetica disponibile.

Una volta assorbiti, carboidrati, proteine e grassi vengono trasformati in substrati che possono fungere da fonti energetiche, attraverso processi di ossidazione, oppure andare a costituire le riserve energetiche. I trigliceridi contenuti nel tessuto adiposo rappresentano la principale riserva energetica dell'organismo. In un adulto normopeso, i circa 3,5 milioni di adipociti contengono ciascuno 0,4-0,6 µg di trigliceridi, per un totale di 130000 kcal complessive, che possono diventare 1 milione in un soggetto fortemente obeso.

I carboidrati vengono depositati nelle cellule della muscolatura scheletrica e del fegato soprattutto sotto forma di glicogeno, con una massa relativamente piccola (alcune centinaia di grammi) e un turnover rapido. I livelli più alti di glicogeno si registrano nel periodo successivo al pasto. Le proteine possono assumere forme diverse nel corpo umano e sono legate all'acqua. La mancanza di equilibrio tra l'assunzione e l'utilizzo dei macronutrienti porta a un'alterazione della composizione corporea, anche quando il contenuto calorico della dieta sia mantenuto costante.

Considerando le modificazioni che l'organismo umano subisce nel corso della vita è facile comprendere come il dispendio calorico non sia variabile solo nell'arco delle 24 ore che compongono una giornata.

La crescita, l'esercizio fisico, la gravidanza e l'allattamento sono alcune delle cause che aumentano il fabbisogno calorico e che comportano modificazioni del metabolismo.

1.4.1 Equilibrio anche per i più piccoli

È ormai accertato che lo stato di salute nell'età adulta dipende strettamente dall'alimentazione e dallo stile di vita adottati fin dalla prima infanzia. Numerose osservazioni, di varia natura, indicano infatti che una dieta adeguata, già dai primi mesi

di vita, contribuisce alla riduzione del rischio di sviluppare durante l'età adulta molte patologie croniche, ed è il requisito indispensabile per uno stato di benessere durante tutta la vita. Osservazioni condotte su grandi popolazioni hanno in particolare dimostrato come il peso alla nascita e a un anno di vita, indicatori della qualità della dieta nei primi mesi, siano fortemente correlati all'incidenza di fattori di rischio e di malattie cardiovascolari nell'età adulta.

La quantità e la qualità dei nutrienti forniti nella vita pre- e post-natale a bambini nati pretermine hanno per esempio un notevole effetto sullo sviluppo cognitivo negli anni successivi. Ma già l'alimentazione e le abitudini adottate dalla madre durante la gravidanza, determinando l'apporto di ossigeno e di nutrienti durante la vita fetale, condizionano il peso, l'altezza e la capacità di rispondere a particolari stimoli alla nascita oltre alla crescita nei primi mesi. Precise indicazioni, di conseguenza, definiscono lo stile di vita sano e la dieta adeguata per le mamme in attesa. Evitare il fumo e il consumo di alcol e moderare quello di caffè, lavare molto bene frutta e verdura ed evitare gli insaccati e i cibi crudi sono le raccomandazioni generali in gravidanza. Oggi si dà molta importanza anche alla composizione della dieta e soprattutto all'apporto dei nutrienti che hanno un ruolo fondamentale nella costituzione dei tessuti e per la crescita fetale. È il caso degli acidi grassi polinsaturi e in particolare dell'omega 3 a lunga catena DHA (acido docosaesaenoico), che è un costituente del cervello e della retina: l'assunzione di livelli adeguati di questo acido grasso durante la gestazione e nel periodo dell'allattamento da parte della madre ne determinano il corretto apporto al feto prima e al neonato poi, garantendo lo sviluppo delle capacità cognitive, visive e psicomotorie.

Naturalmente anche la qualità, e non solo la quantità del latte, il primo alimento assunto dal neonato dopo la nascita, è di estrema importanza per garantire il corretto sviluppo nei primi anni di vita. Il latte materno che si caratterizza per l'adattabilità al fabbisogno del bambino nei primi mesi di vita e per la composizione diversa specialmente dal punto di vista qualitativo, sia per componente proteica, che per quella lipidica dal latte vaccino, è l'alimento d'elezione fino allo svezzamento.

Il passaggio da un unico alimento, il latte, e quindi da un apporto energetico prevalentemente da grassi, a una varietà di alimenti con una minore percentuale di calorie da lipidi, simile a quella assunta dall'adulto, deve essere progressivo e completarsi entro i cinque anni.

I bambini in età prescolare, insieme agli adolescenti, rappresentano le categorie più vulnerabili da un punto di vista nutrizionale, dal momento che le carenze o gli eccessi alimentari di questo periodo della vita hanno un impatto notevole sullo stato di salute negli anni successivi.

Particolare attenzione va innanzitutto posta alla selezione degli alimenti da introdurre nel corso dello svezzamento, che deve essere graduale, per evitare l'insorgenza di allergie e intolleranze (e per facilitarne la diagnosi, qualora compaiano), ma anche alla dieta nella cosiddetta età prescolare, cioè tra uno e cinque anni. In questa fase della vita l'organismo, ancora in rapida crescita, richiede una quantità di calorie e di macro- e micro-nutrienti per unità di peso corporeo molto maggiore rispetto a quella dell'adulto, e quindi un adeguamento della dieta a questo elevato fabbisogno.

Dall'analisi del fabbisogno fisiologico si ricavano le raccomandazioni nutrizionali, tenendo conto sia delle abitudini alimentari delle diverse popolazioni, che delle variazioni della capacità di metabolizzare i nutrienti associate all'età. Ad esempio l'assorbimento di ferro, limitato durante i primi sei mesi di vita, aumenta durante l'infanzia e ancora di più nel corso dell'adolescenza.

Il consumo energetico per chilogrammo di peso corporeo, molto elevato durante i primi dodici mesi di vita, diminuisce lentamente in età prescolare e scolare, e aumenta ancora con la pubertà, riflettendo il ritmo di crescita corporea. Anche il fabbisogno di proteine, che deve essere massimo durante i primi mesi di vita, si riduce a partire dall'anno, quando la crescita corporea inizia a rallentare. Tuttavia, un elevato apporto proteico con la dieta si associa a una maggiore crescita entro i 10 anni in termini di massa corporea totale, ma non di massa grassa.

La componente lipidica della dieta passa dal 50% dell'apporto calorico giornaliero della prima infanzia, al 25-30% nel secondo e terzo anno di vita. Non vi sono indicazioni affinché i livelli di assunzione di carboidrati siano diversi (circa il 40% delle calorie totali) da quelli degli adulti, mentre il consumo di acqua deve compensare la grande perdita di fluidi dovuta alla maggiore superficie corporea esposta.

L'elevato fabbisogno di minerali (sodio, potassio, calcio, fosforo e magnesio) dovuto all'eccesso di escrezione renale, è variabile a seconda della velocità di crescita, mentre i livelli di assunzione raccomandati di vitamine idrosolubili (come la C e quelle del gruppo B) e liposolubili (come la A, la E e la D) generalmente aumentano con l'età, come quelli di fibra.

Per sopperire alle richieste dell'organismo in crescita il bambino deve essere abituato alla varietà degli alimenti e dei sapori: legumi, frutta e verdura fresca e di stagione non devono mancare sulla tavola dei più piccoli, così come il latte e i derivati, fonti di calcio, fondamentale per la crescita e lo sviluppo delle ossa e dei denti.

Già dai primi anni l'introito calorico complessivo con la dieta, bilanciato per quanto riguarda le proporzioni relative dei diversi macronutrienti, associato a livelli ottimali di vitamine e sali minerali, deve essere adeguato al livello di attività fisica, che in questa fase della vita può essere limitata al gioco all'aria aperta. È importante sottolineare che uno stile di vita sano in questo periodo della vita esercita un effetto positivo sia sul benessere immediato del bambino sia sul suo benessere una volta adulto, permettendo tra l'altro di acquisire e radicare abitudini che, conservate nel corso degli anni, contribuiscono ulteriormente a mantenere uno stato di salute e di benessere ottimali.

1.5 Il gusto

“Mangia sano e con gusto” è una delle indicazioni fornite dal Ministero della Salute italiano, nell'ambito del programma “Guadagnare salute”. Non basta infatti che l'alimentazione corretta sia sana; essa deve essere anche il più possibile gratificante e quindi incontrare quelli che definiamo “i nostri gusti”.

In generale, il gusto è il senso attraverso il quale percepiamo i sapori. Esso è strettamente associato all'olfatto o odorato: il raffreddore, ad esempio, comporta l'attenuazione della percezione del gusto. Il miscuglio di odori e sapori viene definito dagli scienziati col termine anglosassone *flavour*, cioè l'insieme delle sensazioni olfattive, gustative e somatiche percepite nel corso della degustazione.

I nostri sistemi sensoriali sono deputati a generare una rappresentazione interna del mondo esterno, includendo i suoi aspetti chimici (gusto e olfatto) e fisici (vista, tatto, udito). Il gusto è incaricato di valutare il contenuto nutrizionale del cibo e di prevenire l'ingestione di sostanze tossiche. Il gusto dolce permette l'identificazione di nutrienti ricchi d'energia, l'umami consente di riconoscere gli amminoacidi, il gusto salato assicura l'appropriato bilancio elettrolitico della dieta, mentre quelli dell'aspro e dell'amaro mettono in guardia contro l'ingestione di sostanze potenzialmente dannose o velenose (Chandrashekar et al., 2006). Negli uomini, il gusto ha anche il valore ulteriore di contribuire al piacere e al godimento di un pasto. Sorprendentemente, anche se possiamo gustare tutta una gamma di entità chimiche, è ora generalmente accettato che queste evocano poche sensazioni distinte di gusto: dolce, amaro, salato, aspro (acido) e saporito (umami), che consentono di riconoscere e distinguere i componenti chiave della dieta.

I substrati anatomici e le unità di scoperta del gusto sono le cellule recettrici del gusto (*Taste Receptor Cells*, TRC), che sono riunite in gemme gustative presenti a livello delle papille e nell'epitelio della lingua e del palato. Le gemme gustative sono composte da 50-150 TRC, a seconda della specie, distribuite in papille diverse: le papille circumvallate nella parte posteriore estrema della lingua e costituite, nell'uomo, da migliaia di gemme; le papille foliate, negli spigoli laterali posteriori della lingua, che contengono decine-centinaia di gemme; infine le papille fungiformi (una o poche gemme) collocate nei due terzi anteriori della lingua. Dati recenti sulla struttura molecolare e funzionale delle papille gustative e dei TRC hanno rivelato che, contrariamente alle credenze popolari, non vi è una mappa della lingua, responsabile della sensibilità ai cinque gusti base, amaro, dolce, acido, salato e umani, ma le strutture responsabili della percezione del sapore sono presenti in tutte le aree della lingua.

1.5.1 Dolce

Più di 30 anni fa, studi genetici del gusto dolce nei topi hanno identificato un singolo *locus* principale chiamato *Saccharin preference* (*Sac*), che influenza le risposte a molte sostanze dolci. L'uomo si differenzia da altre specie animali nella sua abilità di gustare certi dolcificanti artificiali e proteine molto dolci, mentre i topi non hanno il gusto dell'aspartame (un dolcificante artificiale) e della monellina (una proteina dolce naturale) con un potere dolcificante rispettivamente 180 e 2000 volte superiore a quello del saccarosio o zucchero da cucina. Il dolce sviluppa tutta la sua pienezza a 50°C: i gelati necessitano di molto zucchero, perché il sapore dolce viene meno percepito alle basse temperature.

1.5.2 Umami

La maggior parte dei mammiferi è molto attratta dal gusto di tutta una serie di l-amminoacidi, mentre l'uomo apprezza il gusto di umami associato a solo due amminoacidi, il glutammato e l'aspartato. Per umami, in particolare, si intende il gusto individuato circa un secolo fa per il sale sodico dell'acido glutammico (monosodio glutammato o glutammato monosodico), ma trasmesso anche dai nucleotidi monofosfati che possono sinergizzare, amplificando l'umami associato al glutammato monosodico. I recettori per l'acido glutammico si trovano anche al di fuori del cavo orale, in diverse porzioni dello stomaco e dell'intestino. Esso è predominante nei pomodori maturi e nei formaggi stagionati come il parmigiano: una pasta condita con salsa di pomodoro e parmigiano grattugiato è un tipico esempio di umami nella cucina occidentale.

1.5.3 Amaro

In contrasto con i gusti del dolce e dell'umami, che si sono evoluti per riconoscere un numero limitato di nutrienti, il gusto dell'amaro ha il compito oneroso di prevenire l'ingestione di un largo numero di sostanze tossiche, strutturalmente distinte.

1.5.4 Acido e salato

L'identità dei recettori del salato resta in larga misura speculativa e controversa, mentre molti tipi di cellule e di recettori sono stati proposti per il gusto dell'acido.

I risultati recenti indicano con ragionevole certezza che i recettori per i gusti dolce, amaro, umami, benché espressi in sotto-famiglie separate di cellule, trasmettono tutti segnali attraverso un percorso comune che attiva una catena di reazioni (trasduzione del segnale) che portano al riconoscimento del gusto a partire dall'attivazione delle cellule TRC (Zhang Y et al., 2003).

1.6 La cottura dei cibi

Il procedimento che espone i cibi a fonti di calore trasformandoli e migliorandone le caratteristiche organolettiche risale al paleolitico inferiore, periodo al quale sono datati i resti di focolari ritrovati in Cina. Sono diversi i motivi che hanno portato l'uomo a cuocere gli alimenti e comprendono l'eliminazione di batteri e parassiti, la trasformazione di sostanze tossiche in commestibili e il miglioramento del sapore e della consistenza per aumentarne la digeribilità.

1.6.1 La reazione di Maillard

Le reazioni di Maillard sono reazioni di degradazione termica molto complesse

(condensazione aldolica e retroaldolica, scissioni, ossidazioni, disidratazioni, polimerizzazioni e così via) che danno luogo a una serie molto diversificata di composti aromatici e prodotti colorati (melanoidine). Ne sono stati identificati più di mille. Essi includono i polimeri, responsabili del colore scuro di arrostiti, toast, della doratura della birra, e piccole molecole come i maltoli, responsabili sia degli aromi e del gusto sapido di molti cibi dopo la cottura, come l'arrosto, il caffè, il cacao tostato, sia del colore della salsa di soia:

- prodotti dalla frammentazione degli zuccheri (furani, ciclopenteni, composti carbonilici);
- aldeidi di Strecker e altri prodotti della degradazione degli amminoacidi;
- altri prodotti (pirroli, piridine, pirazine, imidazoli, ossazoli, tiofeni, tiazoli, tiazine, furantioli, solfuri).

Essi sono importanti nel caffè, nel cioccolato, nelle noci, nelle nocciole e nelle arachidi tostate, nella carne cotta e arrostita, nei cereali cotti.

Le aldeidi formate dalla reazione di Strecker possono a loro volta reagire ulteriormente.

La reazione di Maillard è veloce alle alte temperature e a bassa attività dell'acqua (si intende la quantità di acqua libera non legata ad altri ingredienti), assomiglia alla reazione di caramellizzazione, ma è resa più veloce dalla presenza dell'azoto. A questo proposito, è opportuno ricordare che anche la caramellizzazione è un processo termico, che però implica solo gli zuccheri. Questi, in seguito al riscaldamento, si decompongono mediante reazioni ossidative e di disidratazione, spesso in presenza di un catalizzatore acido (in cucina, aceto o succo di limone), producendo composti di colore bruno e dall'aroma caratteristico.

I meccanismi in gioco nella reazione di Maillard non sono ancora noti nei dettagli e ci limitiamo a presentare uno schema in più stadi semplificato (Fig. 1.1).

Il primo stadio coinvolge la condensazione tra una funzione di uno zucchero (un gruppo aldeidico o chetonico) e una funzione amminica di un amminoacido (cioè un atomo di azoto, N, legato a due atomi di idrogeno). Questa prima reazione porta alla formazione di un composto, chiamato immina, che si trasforma attraverso una trasposizione di legami in aldossammine e chetossammine, rispettivamente. In seguito ad altre reazioni (enolizzazione e disidratazione) si formano altri prodotti, i cosiddetti "riduttori", fra cui la vitamina C e il furaneolo. Questi composti sono instabili e si ossidano facilmente con l'ossigeno dell'aria.

Riassumendo, possiamo considerare la reazione di Maillard come un insieme di reazioni di ossidazione e riduzione che danno luogo a una miscela molto complessa di composti volatili e polimeri, la cui composizione qualitativa e quantitativa dipende dalle condizioni operative e dai reattivi presenti negli alimenti, come vedremo in modo più dettagliato. Attraverso un'opportuna scelta di amminoacidi e zuccheri, per esempio il glucosio e l'amminoacido lisina, è possibile riprodurre il sapore dello sciroppo di acero, mentre, per avere il sapore caratteristico dell'arrosto, bisogna ricorrere all'amminoacido cisteina (contenente zolfo).

I principali fattori in gioco nella reazione di Maillard sono i tempi e le temperature di cottura e, a seconda delle condizioni di reazione, si ottengono prodotti diversi. Un altro fattore molto importante è il tenore in acqua, dal momento che

superficie. Il calore è trasmesso all'alimento da un solido (placca metallica, tegame) o da un fluido (gas, acqua o olio). Queste tecniche sono utilizzate per grigliare, per la torrefazione, la bollitura e la frittura. Varianti sono la cottura con forno rotante o cottura per irraggiamento.

La conduzione è il fenomeno che interviene quando si scalda un solido. Ad esempio, quando si prepara un arrosto, il calore è comunicato dal forno alla superficie del pezzo di carne e trasmesso progressivamente all'interno.

La convezione invece interviene nel caso di liquidi, favorendo la trasmissione del calore al loro interno. Così, quando si scalda l'acqua in una pentola, l'acqua scaldata per conduzione diventa più leggera, sale alla superficie ed è sostituita al fondo da acqua più fredda. Queste correnti convettive trasmettono il calore a tutta la massa del liquido.

Il principio dell'irraggiamento si ritrova nel processo di arrostitimento della carne con raggi infrarossi: la carne ne assorbe l'energia, si scalda e cuoce. Anche la cottura con forno a microonde segue un principio di questo tipo. Nel caso della carne alla griglia, la parte esterna del cibo cuoce per radiazione termica, mentre quella interna cuoce per conduzione del calore attraverso l'acqua in esso contenuta; di qui la necessità di una distanza ottimale dalla fonte di calore per conciliare la rosolatura della parte esterna e la cottura della parte interna. Quest'ultima può essere accelerata introducendo uno spiedo metallico all'interno del pezzo di carne per aumentare il calore trasmesso per conduzione.

1.6.3 Tecniche tradizionali

Grigliata e torrefazione

Le temperature richieste da questo metodo di cottura sono in genere elevate (fra i 140 e i 180 gradi centigradi): in queste condizioni gli alimenti si disidratano e si seccano in superficie, favorendo la reazione di Maillard. L'acqua, allontanandosi, trascina le molecole volatili e la quantità di aromi, che restano nell'alimento, dipende molto dalla capacità di trattenerli da parte delle macromolecole in esso presenti. I fenomeni di ossidazione sono scarsi.

Cottura in acqua

In questo tipo di cottura il cibo è impregnato d'acqua, e una grande quantità di costituenti solubili, quali amminoacidi, zuccheri e sali, passano in soluzione. La temperatura (100 gradi) e la scarsa quantità di ossigeno sono sfavorevoli per la reazione di Maillard o per fenomeni ossidativi. Non è certo un tipo di cottura che predispona alla produzione di nuovi aromi e l'eliminazione del vapor d'acqua comporta la perdita di sostanze volatili.

Frittura

Durante la frittura l'olio di solito penetra all'interno dell'alimento, mentre l'acqua in esso presente segue il percorso inverso, favorendo l'estrazione di costituenti solubili in acqua. L'attività dell'acqua alla superficie di contatto fra l'ali-

mento e l'olio diminuisce, favorendo la reazione di Maillard e indorando la superficie esterna.

Forno con ventilazione

Questa tecnica favorisce il trasferimento di calore e l'evaporazione dell'acqua sulla superficie dell'alimento. La reazione di Maillard è facilitata e la formazione della crosta riduce la migrazione dell'acqua dall'interno verso l'esterno.

Forno "misto" convezione-vapore

In questo tipo di forno, all'interno dell'alimento viene mantenuta una temperatura umida che favorisce una migliore cottura ed evita che la reazione di Maillard sia troppo rapida; al contempo, i processi ossidativi sono ridotti.

Forno a microonde

Mediante questo tipo di cottura, le molecole d'acqua contenute nell'alimento, che assorbono l'energia elettromagnetica sotto forma di microonde, incominciano a vibrare riscaldandolo, mentre all'esterno dell'alimento stesso (ad es. sul piatto) la temperatura resta bassa. Le parti dell'alimento che contengono più acqua si scaldano maggiormente e, al suo interno, si possono raggiungere temperature superiori a quella di ebollizione dell'acqua. È un tipo di cottura, come si è detto, poco uniforme, sfavorevole alla generazione di aromi, nella quale l'eliminazione dell'acqua avviene più per estrusione che per evaporazione.

Cottura sotto vuoto

Con questa tecnica gli alimenti preventivamente rosolati per breve tempo, ed eventualmente arricchiti di aromi, vengono posti in un sacchetto di plastica da cui si aspira l'aria. In genere il cibo cuoce a una temperatura intorno ai 65 gradi centigradi: in questo modo si conservano sia l'acqua di costituzione delle proteine in fase di coagulazione che gli aromi presenti.

Cottura in pentola a pressione

L'ambiente molto idratato non si presta alla generazione di aromi, ma permette la conservazione di quelli presenti grazie ai tempi di cottura più brevi e all'assenza di perdite d'acqua. Per migliorare la conservazione degli aromi, è consigliabile raffreddare il recipiente prima di lasciar sfiatare. Con le pentole a pressione in commercio, l'acqua bolle a 130 gradi, triplicando la velocità di cottura dell'alimento.

In conclusione, le nuove tecniche di cottura non consentono di creare nuove molecole aromatiche rispetto ai metodi tradizionali, ma consentono di modulare il trasferimento di acqua e di ossigeno in modi differenti a seconda delle loro caratteristiche, portando a diverse composizioni aromatiche nel cibo cotto.

La reazione di Maillard e la pasticceria

Nei preparati di pasticceria l'insieme complesso delle reazioni di Maillard avviene fra le proteine presenti nel glutine e gli zuccheri (amido), al momento del riscaldamento. Come per la cottura delle carni, si assiste a un cambiamento di colore e alla

produzione di un gran numero di molecole aromatiche cicliche e policicliche. L'indurimento della pasta a base di farina può essere spiegato dal fatto che l'acqua penetra nei grani di amido; le molecole di amido rilasciate, essendo molto propense all'idratazione, si appropriano dell'acqua a disposizione, causando disidratazione e indurimento della pasta stessa.

La reazione di Maillard e il bollito

La carne, come si è visto più volte, oltre all'acqua contiene numerose proteine, fra le quali il collagene, e grassi, luogo di elezione degli aromi che in essi sono molto solubili. Per preparare un buon brodo, i cuochi consigliano di scaldare l'acqua pian piano, per favorire l'estrazione delle gelatine derivanti dalla parziale decomposizione del collagene. Il gusto del brodo è arricchito dalle molecole sapide prodotte dalla reazione di Maillard.

Caramellizzazione

È un termine usato per descrivere l'imbrunimento dello zucchero per l'azione del calore. In seguito al riscaldamento, lo zucchero fonde, si disidrata e polimerizza dando prodotti scuri e di gusto amaro. Se si insiste con il calore, si ha una vera e propria decomposizione, con formazione di carbone e vapor d'acqua; ricordiamo che gli zuccheri sono chiamati, anche se impropriamente, idrati di carbonio.

Questa reazione differisce da quella di Maillard in quanto non vede coinvolte le proteine.

1.6.4 Altre reazioni

Oltre alla reazione di Maillard, ve ne sono altre responsabili della generazione di aromi durante la cottura, cui abbiamo già accennato: l'idrolisi e l'ossidazione.

La prima, come dice lo stesso nome, consiste nella rottura di legami ad opera dell'acqua ed è comune a proteine, lipidi e zuccheri. Avviene a temperature relativamente basse, intorno ai 60 gradi, e non interviene nel processo di cottura. Può essere accelerata, cioè catalizzata per via enzimatica o via chimica, dall'aggiunta di acidi o basi.

Le reazioni di ossidazione richiedono la presenza di ossigeno, che deve essere attivato (sotto forma di singoletto) dall'azione di fotoni (luce) o radicali liberi già presenti nel mezzo. Esse hanno luogo in ambiente anidro oppure in presenza di deboli quantità di acqua, con processi di auto-ossidazione, o di ossidazione catalizzati da enzimi.

I lipidi insaturi (trigliceridi e fosfolipidi), e in particolare gli acidi grassi polinsaturi sono i substrati più sensibili all'ossidazione.

Le reazioni di ossidazione portano, per prima cosa, alla formazione di radicali liberi, che, in presenza di ossigenasi, si trasformano in idroperossidi instabili che si decompongono a loro volta dando origine a sostanze volatili, composti furanici e soprattutto aldeidi. Queste ultime, in presenza di ammoniaca, ammine o amminoacidi e idrogeno solforato, possono dare nuovi aromi, come gli eterocicli.

2.1 La chimica dei carboidrati

I carboidrati sono i costituenti più abbondanti di cereali, frutta, verdure e legumi. Essi rappresentano la principale fonte energetica nella nutrizione umana e contribuiscono alla consistenza e all'aroma dei cibi preparati (reazione di Maillard).

Vengono così chiamati perché molti di essi hanno una formula di struttura generale $(\text{CH}_2=\text{O})_n$ e sono perciò ritenuti idrati di carbonio. Possono essere considerati come composti poliossidrilati alifatici e a causa della presenza di un gruppo $\text{C}=\text{O}$, detto gruppo carbonilico, si distinguono in aldosi (gruppo aldeidico) o chetosi (gruppo chetonico) poliossidrilati.

Comprendono una grande famiglia di sostanze con strutture diverse e con differenti proprietà fisiche, chimiche e fisiologiche.

La Tabella 2.1 (da McCance e Widdowson, 2002) esemplifica come essi siano presenti nella nostra dieta quotidiana; il contenuto totale di zuccheri in cibi e bevande si riferisce alla porzione edibile e va considerato come indicativo.

A seconda della loro struttura chimica e del grado di polimerizzazione, vengono classificati in quattro categorie: monosaccaridi, disaccaridi, oligosaccaridi e polisaccaridi.

2.1.1 Monosaccaridi

Sono la forma più semplice di carboidrati, dato che non possono essere trasformati in unità più semplici in seguito alle reazioni di idrolisi. Sono spesso chiamati genericamente zuccheri e vengono suddivisi in molte categorie, a seconda della lunghezza della catena. I più significativi dal punto di vista nutrizionale sono i pentosi (molecole con uno scheletro lineare di cinque atomi di carbonio, ad esempio il ribosio) e gli esosi (con sei atomi di carbonio, ad esempio il glucosio).

L'atomo di carbonio, in ciascuna unità $-\text{CHOH}$ del monosaccaride, contiene quattro sostituenti diversi ed essendo asimmetricamente sostituito, viene definito carbonio asimmetrico. La molecola nel suo insieme e la sua immagine speculare

Tabella 2.1 Contenuto totale di zuccheri in cibi e bevande, Il contenuto si riferisce alla porzione edibile e va considerato come indicativo, Da McCance e Widdowson (2002)

Alimenti	Zuccheri totali (%)	Alimenti	Zuccheri totali (%)
Pane	2,6	Cavolo (crudo)	4,0
Corn flakes	8,2	Barbabietola (cruda)	7,0
Corn flakes glassati	41,9	Cipolla (cruda)	5,6
Biscotti integrali	13,6	Mela da forno (cruda)	8,9
Biscotti di zenzero	35,8	Mela (cruda)	11,8
Crostate di frutta	48,4	Banana	20,9
Latte vaccino intero	4,8	Uva	15,4
Latte umano	7,2	Arancio	8,5
Formaggi (stagionati)	0,1	Uva passa, uvetta	69,3
Formaggini, sottilette	0,9	Noccioline, arachidi	6,2
Yogurt naturale	7,8	Miele	76,4
Yogurt alla frutta	15,7	Marmellata	69,0
Gelato di crema	22,1	Cioccolato	59,5
Sorbetto al limone	34,2	Coca-Cola e bevande simili	10,5
Cheesecake	22,2	Birra	2,3
Salsicce (manzo)	1,8	Birra lager	1,5
Patate novelle	1,3	Vino rosso	0,3
Fagioli in scatola, stufati	0,1	Vino bianco (abboccato)	3,4
Piselli surgelati	2,7	Vino Porto	12,0

(dette *antipodi ottici*) non possono essere sovrapposte l'una all'altra. Data l'ovvia analogia con la relazione che intercorre fra la nostra mano destra e la mano sinistra, la molecola e la sua immagine speculare sono dette chirali (dal termine mano in greco) o anche enantiomeri (da un'altra parola greca che significa opposto).

Si chiamano isomeri due o più composti aventi la stessa formula *bruta*, cioè gli stessi atomi, presenti nelle stesse proporzioni numeriche. Gli enantiomeri sono isomeri particolari, in quanto differiscono solo per la disposizione nello spazio, e vengono definiti stereoisomeri (dal greco *stereos* che significa solido).

La presenza, in un determinato composto, di atomi di carbonio asimmetrici, dà origine al fenomeno dell'attività ottica: se si fa passare attraverso una sua soluzione un particolare tipo di luce (luce polarizzata linearmente), il piano di polarizzazione della luce emergente risulta ruotato rispetto a quello originario. Se la rotazione avviene verso destra, l'enantiomero è definito destrorotatorio, se è ruotato a sinistra si ha la forma levorotatoria. A causa di questa particolare interazione con la luce polarizzata, gli enantiomeri vengono anche spesso chiamati isomeri ottici e hanno le stesse proprietà chimico-fisiche, eccetto il segno del potere rotatorio.

A dispetto di tutte queste complicazioni stereochimiche, che possono risultare ostiche per un comune lettore, occorre sottolineare il fatto che per ogni zucchero uno solo dei due enantiomeri ha interesse dal punto di vista nutrizionale. Si tratta dell'enantiomero naturale (quello con configurazione D), l'unico ad essere riconosciuto, metabolizzato e digerito dagli enzimi.

I monosaccaridi presentano anche un altro tipo di stereoisomeria derivante dall'equilibrio delle loro forme aperte con le forme cicliche dette emiacetaliche. I pentosi, ad esempio, formano anelli a cinque atomi di carbonio detti furanosi, mentre gli esosi danno anelli a sei atomi detti piranososi. La ciclizzazione dà origine a due nuovi stereoisomeri, lo stereoisomero α e quello β , caratterizzati da proprietà diverse e diverso destino metabolico, dato che gli enzimi sono specifici per uno solo dei due. Questi stereoisomeri, che non sono enantiomeri, dal momento che non sono l'uno l'immagine speculare dell'altro, si chiamano diastereoisomeri e hanno proprietà chimico-fisiche diverse.

L'ossidazione del gruppo carbonilico degli aldosi, porta agli zuccheri acidi (con una funzione carbossilica), che hanno scarso interesse come monosaccaridi, ma che possono dare polisaccaridi importanti, come le pectine e gli alginati.

La riduzione del gruppo carbonilico dà invece gli zuccheri alcoli o polioli o polialcoli, come lo xilitolo e il sorbitolo. Il sorbitolo è presente come tale in molti tipi di frutta come pere e mele, ma può ovviamente essere preparato in grandi quantità per via chimica. È uno zucchero con basso potere calorico, dato che non viene metabolizzato ed è utilizzato per questo motivo come dolcificante. Altri polioli sono il mannitolo, l'isomalto, il lattitolo, che sono dolci come lo zucchero da cucina, ma apportano meno calorie (2,4 per grammo). La manna, resina estratta dalla corteccia dei frassini, è composta per il 40-60% di mannitolo.

I polioli sostituiscono lo zucchero negli alimenti per diabetici o in altri prodotti a basso contenuto calorico. Anche se dolci, non vengono assorbiti nell'intestino tenue e non raggiungono il circolo ematico, ma se arrivano in grandi quantità all'intestino crasso provocano *diarrea osmotica*. I polioli (composti chimici che contengono più di un gruppo -OH) sono usati per preparare molti prodotti quali chewing gum, caramelle, gelati, torte, cioccolato, gelatine di frutta, dentifrici, collutori.

I monosaccaridi contengono un gruppo ossidrilico particolare (il gruppo ossidrilico emiacetalico) che può reagire, per esempio, con l'ossidrilico di una componente non zuccherina o di una seconda molecola di zucchero, eliminando acqua, per dare un legame glicosidico. Molti glucosidi contenenti la componente non zuccherina (detta aglicone) si trovano come composti naturali nelle piante, come i flavonoidi, che altro non sono che glucosidi nei quali uno zucchero è legato a gruppi ossidrilici fenolici. Altri glucosidi naturali molto noti sono tossine vegetali come la solanina e i glucosidi cianogenici (in grado di liberare acido cianidrico) come l'amigdalina, che è contenuta nelle mandorle amare.

Il glucosio, detto anche destrosio, è il monosaccaride più abbondante. Costituisce il maggior "carburante" del corpo umano e si trova allo stato libero in tessuti e fluidi corporei. È anche un costituente di molti polisaccaridi, presente in molti frutti e nel miele, ma sempre in combinazione con altri zuccheri.

Il fruttosio, detto anche levulosio, ha la stessa formula chimica del glucosio, con gli atomi posizionati in modo da dare una struttura diversa. Come il glucosio, anche il fruttosio si trova in molti frutti e nel miele. È il più dolce degli zuccheri comuni e il più solubile in acqua; viene metabolizzato più lentamente del glucosio e del saccarosio, così da causare una crescita più lenta dei livelli ematici di glucosio. È un utile sostituto dello zucchero da tavola nelle bevande fredde: possiede un potere dolcificante superiore a quello del saccarosio e permette quindi di risparmiare calorie.

Il già citato mannitolo o zucchero della manna è un esoso largamente distribuito in natura, soprattutto nei funghi, dove è presente in quantità superiore rispetto al glucosio fino a sostituirlo interamente, e nell'albero delle tamerici in Medio Oriente.

Negli anni, i chimici hanno sintetizzato innumerevoli monosaccaridi, ma solo pochi sono importanti dal punto di vista nutrizionale.

2.1.2 Disaccaridi

Quando l'ossidrile emiacetalico dà un legame glicosidico con l'ossidrile di un altro monosaccaride si ottiene un disaccaride: il processo può essere ripetuto n volte per dare, alla fine, i polisaccaridi.

Nei disaccaridi il legame glicosidico, che unisce le due unità zuccherine, può trovarsi nell'orientazione α o β .

I disaccaridi più importanti sono il saccarosio o zucchero da cucina, il maltosio e il lattosio. Il saccarosio consiste di una molecola di α -glucosio legata a una molecola di β -fruttosio. Esso può essere estratto dalla canna da zucchero o dalla barbabietola da zucchero, ma è anche presente in molte altre piante e soprattutto nella frutta.

Il lattosio si trova nel latte (rappresenta circa il 5% nel latte di mucca e il 6-7% nel latte umano) e nei latticini e consiste in una molecola di galattosio legata a una molecola di glucosio (attraverso un legame β -1,4-glicosidico). Nei bambini e negli adulti è presente un enzima chiamato lattasi (la β -galattosidasi) che è in grado di scindere questo legame glicosidico. In alcune etnie (neri africani, popolazioni dell'estremo oriente, aborigeni australiani, eschimesi) esiste una prevalenza media di deficit di questo enzima superiore all'80% con un massimo riscontrato negli americani e nei giapponesi, il cui organismo non produce più questo enzima dopo lo svezzamento. Da adulti essi non possono consumare latte e latticini senza correre il rischio di disturbi intestinali. Per questa ragione la cucina cinese non fa uso di latte e derivati. L'assenza di lattasi è la causa di una condizione patologica classificata dai medici sotto il nome di intolleranza al lattosio.

Il maltosio è principalmente prodotto per idrolisi parziale dell'amido e consiste in due unità di glucosio (legate attraverso un legame β -1,4-glicosidico).

Alcuni disaccaridi importanti dal punto di vista nutrizionale sono riportati in Tabella 2.2.

Tabella 2.2 Disaccaridi di rilevanza nutrizionale

Classe	Specie	Rilevanza
Disaccaridi	Saccarosio	Costituente di frutta, vegetali e dolcificante
	Lattosio	Costituente di prodotti lattiero-caseari
	Maltosio	Costituente dell'amido
	Trealosio	Additivo alimentare, presente nei funghi
	Lattulosio	Derivato del lattosio, lassativo
Alcoli disaccaridi	Maltitolo	Costituente dell'amido, dolcificante
	Lattitolo	Costituente del lattosio, dolcificante

2.1.3 Oligosaccaridi

Nel nostro cibo si trovano, oltre ai disaccaridi, anche i tri- e tetrasaccaridi e altri oligosaccaridi (fino a 9 unità zuccherine). Essendo troppo ingombranti per legarsi ai nostri recettori del gusto, sono meno dolci dei mono- e disaccaridi. Non possono essere assorbiti nell'intestino, dato che non vi sono enzimi digestivi in grado di scinderli nelle singole unità e passano intatti nel colon, dove trovano vari batteri in grado di digerirli, producendo grandi quantità di anidride carbonica e altri gas.

Tra gli oligosaccaridi superiori vi sono i galattosio-derivati del glucosio, che sono presenti in legumi come piselli, fagioli e altri vegetali.

2.1.4 Polisaccaridi

I polisaccaridi sono polimeri degli zuccheri, cioè molecole costituite da molte unità di zuccheri, fino ad alcune migliaia come nel caso della cellulosa. Il termine scientifico comunemente utilizzato per indicare i polisaccaridi è *glicani*. Nei principali polisaccaridi è presente un solo tipo di zucchero (*omoglicani*). Le loro proprietà sono determinate dalla struttura del monosaccaride presente, dal tipo di legame ed estensione e dal tipo di ramificazione. I polisaccaridi con legami α , come l'amilosio, hanno struttura elicoidale, mentre quelli che hanno legami β , come la cellulosa, danno una struttura a foglietto. Le molecole di polisaccaride possono essere legate linearmente o ramificate e questo ne condiziona la solubilità; infatti, mentre i polisaccaridi lineari sono insolubili in acqua, quelli ramificati hanno una certa solubilità. Molti polisaccaridi sono in grado di formare gel (molecole connesse in una struttura tridimensionale, che intrappola una grande quantità di acqua). Agenti gelificanti normalmente impiegati nella preparazione dei cibi sono gli alginati, estratti da alghe brune marine, l'agar (un gel termoreversibile che si scioglie a caldo e si riforma a freddo), la gomma arabica, i carragenani, estratti dalle alghe rosse, le pectine.

I glicani polimeri del glucosio sono i principali polisaccaridi presenti nella dieta.

2.1.5 L'amido

È il carboidrato di accumulo più comune nelle piante e rappresenta certamente la fonte più importante di polisaccaridi nell'alimentazione umana. Esso è costituito da due catene di glucosio legate con due diverse configurazioni. Una di queste catene è completamente lineare, con un legame α -1,4-glicosidico, e viene chiamata amilosio, mentre la catena ramificata, con legami α -1,6-glicosidici, prende il nome di amilopectina.

La maggior parte degli amidi contiene il 20-25% di amilosio, che nei piselli può arrivare al 60%, mentre è completamente assente in certe varietà di granoturco e di altri cereali. A causa della forza collettiva di legami a idrogeno che legano le catene fra di loro, i granuli intatti di amido sono insolubili in acqua fredda, ma con il calore si imbibiscono dando inizio alla cosiddetta gelatinizzazione. L'intervallo della gelatinizzazione varia da amido ad amido, ma in genere è compreso fra 55 e 70°C e porta progressivamente a una maggiore viscosità. Quando vengono rilasciate le molecole di amilosio, si ottiene una sorta di pasta nella quale, se viene fatta raffreddare, si riformano nuovi legami a idrogeno tra amilosio e amilopectina con una struttura tipo gel. Quando la pasta è lasciata a sé, diventa gommosa ed espelle acqua. Questo fenomeno è chiamato retrogradazione e coinvolge solo le molecole di amilosio. Con il passare del tempo queste molecole si associano, l'acqua migra all'esterno e la pasta diventa elastica. Questo fenomeno è evidente nel pane, che diventa rafferma dopo poche ore anche se viene posto in un sacchetto ermeticamente chiuso per prevenire la perdita di acqua.

In un secondo stadio, la retrogradazione coinvolge anche parte delle molecole di amilopectina che ricristallizza in una forma termodinamicamente più stabile e il pane diventa ancora più bianco e più duro. L'amido retrogradato può tornare alla situazione originaria solo dopo riscaldamento per pochi minuti in un forno caldo previa umidificazione. Il riscaldamento rompe le regioni cristalline (catene di polimeri, disposti regolarmente gli uni a fianco degli altri), l'acqua penetra di nuovo all'interno dell'amido e il pane ridiventa soffice.

La maggior parte degli amidi contiene una porzione che viene digerita rapidamente in 20 minuti (*Rapidly Digestible Starch*, RDS), una seconda porzione che viene digerita lentamente, dai 20 a 120 minuti (*Slowly Digestible Starch*, SDS) e una porzione che resiste alla digestione. Quest'ultima viene definita come la porzione di amido che non è idrolizzata nell'intestino tenue e passa nell'intestino crasso. La determinazione accurata del carboidrato biodisponibile negli alimenti condiziona l'indice glicemico ed è fondamentale per gli alimenti per diabetici.

Le proprietà chimico-fisiche e strutturali degli amidi variano a seconda delle diverse specie botaniche e delle modalità con cui vengono preparati i cibi. Le caratteristiche di consistenza e quelle reologiche (capacità di deformarsi a seguito di sollecitazioni varie) di questi ultimi, così come la presenza di altre componenti quali le proteine e altri carboidrati, influenzano in modo notevole la loro digeribilità ad opera di enzimi idrolitici, le α -amilasi, presenti nella saliva e nel piccolo intestino.

I prodotti finali di idrolisi dell'amilosio sono soprattutto il maltosio, il maltotriosio e il maltotetraosio, mentre quelli di idrolisi dell'amilopectina sono costituiti

Indice glicemico

Che cos'è

È un indice dell'effetto di un alimento, o meglio dei carboidrati in esso contenuti, sui livelli di glucosio circolanti (glicemia); moltiplicando la quantità dei carboidrati assunti con i diversi alimenti, per l'indice glicemico di ciascuno, si ottiene il carico glicemico complessivo.

Come si misura

Dal calcolo del rapporto tra le aree sottese alle curve della glicemia dopo assunzione della stessa quantità di carboidrati con un alimento e con glucosio o pane bianco (alimenti di riferimento); ad esempio, le patate lesse che danno una risposta glicemica che è l'85% di quella del glucosio e il 121% di quella del pane bianco, hanno un indice glicemico pari rispettivamente a 85 e 121 rispetto ai due alimenti di riferimento (Wolever et al., 2008).

Perché se ne parla

L'assunzione di cibi ad alto indice glicemico comporta il rapido aumento del glucosio serico, seguito da un'umentata secrezione di insulina da parte del pancreas, mentre dopo l'assunzione di cibi a basso indice glicemico, a parità di apporto calorico, si osserva un aumento più contenuto ma più prolungato della glicemia con una conseguente minore secrezione di insulina.

principalmente da destrine e oligomeri ramificati. La velocità di idrolisi dell'amido è massima per le patate bollite e minima per le lenticchie. I piccoli granuli di amido di orzo e frumento vengono idrolizzati più rapidamente dei grandi (Singh et al., 2010) e, più in generale, gli amidi dei cereali sono più digeribili rispetto a quelli dei legumi.

La cottura, in seguito alla gelatinizzazione, rende l'amido più suscettibile all'attacco enzimatico. Lo stesso accade quando i cereali vengono tenuti immersi nell'acqua: l'aumentata digeribilità che ne consegue potrebbe essere dovuta alla perdita di acido fitico, tannini e polifenoli, che normalmente inibiscono l'attività delle α -amilasi. La cottura al forno, così come la frittura, riducono rapidamente la frazione di amido RDS, al contrario di quanto accade nella cottura in pentola a pressione.

Nella farina sono presenti degli enzimi, le α - e le β -amilasi, che sono in grado di degradare l'amilosio presente nell'amido per dare maltosio e altri zuccheri, e che rendono digeribili gli alimenti contenenti amido. Nel caso della farina bianca, le interazioni di quest'ultimo con le proteine possono spiegare la diminuzione della risposta glicemica e della velocità di digestione.

A loro volta, le fibre della dieta con la loro alta viscosità rallentano in genere il rilascio del glucosio dai cibi. Non si spiega tuttavia come mai le lenticchie, pur avendo un contenuto in fibre simile ad altri prodotti a base di cereali quali il pane integrale, sono digerite molto più lentamente.

2.2 I cereali

Sono localizzati al secondo livello della piramide alimentare italiana, dopo la frutta e gli ortaggi, con i quali devono far parte dell'alimentazione quotidiana. I cereali della dieta sono importanti fonti di carboidrati responsabili del mantenimento dell'omeostasi glicemica e della salute gastrointestinale. Inoltre essi contengono micronutrienti necessari, fitochimici (sostanze chimiche di origine esclusivamente vegetale) e antiossidanti.

I cereali maggiormente consumati dall'uomo sono il frumento, il riso e il mais e, in misura minore, l'orzo, il farro, la segale e l'avena. La coltivazione del frumento è alla base della prima grande rivoluzione nella storia dell'uomo che ha segnato il passaggio da un'alimentazione basata sulla caccia e sulla raccolta, all'agricoltura. Questo ha determinato anche una sostanziale variazione nella qualità della dieta che, rispetto alle origini, è divenuta meno ricca di grassi e proteine di origine animale e più ricca di carboidrati, con un maggior tenore in zuccheri semplici.

I cereali sono consumati soprattutto sotto forma di pasta o riso, oppure come prodotti da forno (pane, biscotti, fette biscottate, grissini, cracker, ecc.) o sotto forma di fiocchi o di altre preparazioni per la prima colazione. Essi rappresentano per l'uomo la principale fonte di energia, poiché contengono carboidrati complessi, sotto forma di amido. Come già anticipato, l'amido è formato da lunghe catene di glucosio, lineari (amilosio) o ramificate (amilopectina), che vengono scisse dagli enzimi del tratto digerente, liberando gradualmente il glucosio che viene assorbito progressivamente. L'assorbimento ottimale avviene senza determinare picchi glicemici troppo elevati e potenzialmente dannosi.

L'ossidazione del glucosio produce energia, anidride carbonica e acqua, in totale assenza di "scorie metaboliche": per questo i carboidrati sono definiti fonti di "energia pulita".

Frumento, riso, orzo e avena sono "cereali vestiti", il cui chicco è cioè ricoperto, e per questo sono sottoposti comunemente a un processo di macinazione e frazionamento, che consente di allontanare gli strati corticali esterni. Si ottengono così i cereali raffinati, distinti dai cereali integrali non trattati. Contrariamente a quanto si pensa, la differenza principale tra cereali raffinati e integrali non riguarda il valore energetico quanto piuttosto il contenuto in micronutrienti (minerali e vitamine, che non apportano calorie) e di fibra. Il processo di raffinazione (abburattamento) determina infatti una perdita parziale di vitamine B₁ e B₂, niacina (vitamina PP) e di alcuni minerali (fosforo, calcio e potassio). Per il riso, tali perdite sono ridotte quando è utilizzata la più moderna tecnologia *parboiling*.

I cereali sono anche fonti di proteine, in quantità variabili dal 7% per il riso al 12% per il frumento. Si tratta, tuttavia, di proteine di modesta qualità, a causa del limitato contenuto in lisina (un amminoacido essenziale); si consiglia pertanto di associare ai cereali i legumi, i quali hanno una composizione in amminoacidi complementare, essendo ricchi in lisina ma carenti in amminoacidi solforati. Il tradizionale piatto unico a base di cereali e legumi è quindi in grado di fornire al nostro organismo tutti gli amminoacidi essenziali, e rappresenta una valida alternativa alle fonti proteiche di origine animale. La "complementazione", cioè l'abbinamento di

Vero e falso

- Una dieta rigorosamente dissociata è facilmente realizzabile assumendo esclusivamente carboidrati a pranzo e solo proteine a cena. *Falso*.
- Sia la pasta sia il pane contengono una percentuale piccola ma significativa anche di proteine. *Vero*.
- I prodotti da forno, che vengono comunemente denominati lieviti, sono responsabili del gonfiore addominale. *Falso*. Ciò non è assolutamente possibile. I lieviti, infatti, sono i microrganismi eucarioti aggiunti alla farina e all'acqua per consentire la lievitazione della farina, che vengono però distrutti dalla temperatura elevata del forno, con il conseguente arresto del processo di lievitazione.
- Il pane contiene molto sodio. *Vero*. Il pane rappresenta una delle fonti più importanti di sale (o meglio cloruro di sodio), che nella nostra dieta è presente in quantità sovrabbondanti e potenzialmente negative per la salute. Livelli di assunzione di sodio superiori a quelli raccomandati (6 g di sale=2,4 g di sodio) si associano a valori elevati di pressione sanguigna. Proprio per questo motivo anche il nostro Ministero della Salute ha avviato una campagna per la riduzione graduale del sale aggiunto durante il processo di panificazione.

cibi che contengono amminoacidi diversi, è utilizzata comunemente nelle diete di tipo vegetariano. Un altro esempio è rappresentato dall'aggiunta alla pasta di 20 grammi di parmigiano, che permette di ottenere un adeguato apporto di tutti gli amminoacidi.

Con l'eccezione del riso, del mais e di alcuni cereali minori, le proteine dei cereali sono costituite soprattutto da gliadine e glutenine. Quando la farina viene lavorata per produrre la pasta, il pane o altri prodotti da forno (mediante idratazione e successiva manipolazione), queste proteine formano una massa visco-elastica, denominata glutine, essenziale per garantire una buona qualità del prodotto finale. In alcuni soggetti, l'esposizione della mucosa intestinale al glutine induce una reazione di tipo infiammatorio, responsabile di una progressiva atrofia dei villi intestinali, che porta a una sindrome da malassorbimento, denominata celiachia. Tale reazione infiammatoria è dipendente dall'esposizione della mucosa intestinale al glutine e, perciò, l'esclusione dalla dieta dei cereali contenenti glutine permette il ripristino della completa integrità anatomica e funzionale.

Analogamente ai cereali, anche le patate sono una buona fonte di amido (circa 16%) a cui si associa una piccola quota di zuccheri semplici (circa 2%); è quindi preferibile consumare le patate in sostituzione della pasta o del riso e non in aggiunta. Nei tuberi è modestissimo il contenuto di grassi (inferiore all'1%) e proteine (2%), le quali, a differenza di quelle dei cereali, contengono anche modeste quantità di lisina. Essi apportano tuttavia livelli rilevanti di alcune vitamine, quali

Qual è la porzione di carboidrati consigliata?

Di questo gruppo di alimenti è consigliato il consumo di almeno 4-5 porzioni al giorno. Una QB di pasta, a crudo, corrisponde a circa 80 g (120 g in caso di pasta fresca all'uovo); una di patate a 200 g (a crudo e private della buccia, più o meno 2 patate medie). A colazione, una QB di biscotti (2-4 a seconda della grandezza) può essere sostituita con due cucchiaini di cereali.

In alimenti quali le uova, la carne fresca o conservata, il pollame, i pesci, il burro e la margarina, il contenuto di carboidrati è trascurabile dal punto di vista nutrizionale.

la B₁, la niacina e la vitamina C, l'acido folico e l'acido pantotenico, oltre che di alcuni minerali, quali il fosforo, il calcio e soprattutto il potassio. Questi minerali tendono a passare nell'acqua di cottura se non si ha l'accortezza di bollire le patate con tutta la buccia.

2.2.1 Il pane

Storicamente, il pane è nato nel terzo millennio avanti Cristo in Egitto, dove eccelleva la coltivazione dei cereali e, in particolare, quella del frumento. Con il pane si afferma la civiltà; esso diventa nutrimento del corpo e dello spirito, assumendo valenze religiose e caricandosi di valori simbolici. Per i greci antichi *mangiatori di pane* era sinonimo di *uomini*. Nel *Poema di Gilgamesh*, un testo sumerico del secondo millennio a.C., l'inizio della civiltà veniva fatto coincidere con il consumo di pane e vino, "prodotti artificiali" creati dall'uomo. Non a caso, nel Nuovo Testamento Gesù lasciò ai suoi discepoli il comandamento dell'amore nuovo attorno al "segno" del pane spezzato, oltre che di una coppa di vino, come segno di pienezza di vita. Attraverso il miracolo eucaristico, il pane assunse il significato di alimento sacro in grado di mettere l'uomo in contatto con Dio, operando una distinzione netta con la tradizione ebraica che escludeva i cibi fermentati dalla sfera del sacro. Già nel terzo secolo dopo Cristo, ad esempio, i Greci conoscevano 72 tipi di pani diversi.

Le proteine sono un costituente chiave della farina di grano usata per produrre il pane. Quella usata a questo scopo contiene almeno il 12% di proteine, quasi tutte rappresentate dalle proteine del glutine. Il glutine, se dal punto di vista nutrizionale è una proteina povera per l'uomo, rappresenta la riserva proteica più importante del seme del grano, necessaria per la crescita del germoglio. Non è una singola molecola, ma una miscela di proteine insolubili appartenenti a due classi: le gliadine e le glutenine. Le prime (40% delle proteine totali) sono una quarantina e hanno un peso molecolare fra 28000 e 55000 Da, mentre le seconde sono dei macropolimeri multi-proteine con peso molecolare fino a due milioni. Come suggerito dalla loro insolubilità, le gliadine del glutine sono molto ricche in amminoacidi idrofobici, in particolare prolina.

L'elevato contenuto di glutammina, invece, permette la formazione di legami a idrogeno importanti per la stabilizzazione della struttura e per le proprietà del glutine. D'altro canto, la stabilizzazione delle glutenine e la loro associazione nell'ambito del glutine sono rese possibili da gruppi tioli (SH) di cisteine che si collegano in ponti disolfuro (S-S). Ai legami trasversali concorrono anche residui dell'amminoacido tirosina presenti nel glutine.

Quando la farina viene miscelata con l'acqua per preparare il pane, le proteine del glutine si idratano fino a formare una matrice visco-elastica che tiene insieme i granuli di amido che costituiscono la massa della farina.

L'idratazione della farina per approntare la pasta di pane non è semplicemente un processo di miscelamento; esso richiede anche un lavoro meccanico per espandere le molecole di anidride carbonica (CO₂) all'interno della pasta. L'anidride carbonica si libera in seguito al processo di fermentazione degli zuccheri a loro volta liberati dai granuli idratati dell'amido dagli enzimi amilasi presenti nella farina: questo processo è chiamato lievitazione naturale. In alternativa, si può ricorrere a lieviti chimici, a base di bicarbonati e tartrati, o al lievito di birra, costituito da *Saccaromyces cerevisiae*, il più usato. Il lavoro meccanico stira il glutine in fogli che intrappolano la CO₂. Via via che la pasta si espande, le molecole di glutine si srotolano, aumentando le possibilità di formazione di legami a idrogeno intramolecolari, che rafforzano la pasta. Durante la manipolazione meccanica della pasta, i ponti disolfuro si rompono e si riformano ripetutamente quando le catene di proteine scivolano l'una sull'altra.

I processi della panificazione e della conservazione del pane sono quindi dei processi chimici.

2.2.2 La pasta

La pasta è uno degli alimenti più antichi e costituisce un piatto molto versatile sia dal punto di vista gastronomico che da quello nutritivo. Essa infatti fornisce quantità significative di carboidrati complessi, proteine, vitamine del gruppo B, ferro e basse quantità di sodio, amminoacidi e grassi totali. Gli ingredienti essenziali della pasta sono la farina e l'acqua. La prima viene macinata da grano duro (*Triticum durum*) e produce un impasto forte ed elastico a causa dell'alta quantità di glutine (vedi sopra). Il grano duro è particolarmente indicato per la pasta per le sue qualità uniche, quali il contenuto relativamente alto di pigmenti gialli, la bassa attività dell'enzima lipossigenasi e i livelli elevati di proteina che svolge un ruolo positivo per la cottura. L'impasto preparato a partire da grano duro ha proprietà reologiche ideali per la produzione della pasta. Va tuttavia osservato che il *Triticum durum*, l'ingrediente base della pasta italiana, contribuisce alla produzione mondiale di grano solo in misura pari al 5% ed è più costoso del grano comune (*Triticum aestivum*).

La cultura della pasta

La cultura della pasta, che è stata introdotta nella cucina in epoca medievale, non è esclusivamente italiana; in quei secoli essa era presente anche nei ricettari francesi e inglesi, ma non con la stessa varietà di formati e di tipi di pasta, derivanti dalla simbiosi di diverse tradizioni gastronomiche. Già nell'antica Roma era conosciuta una pasta di forma larga (lasagne) e anche gli arabi ne avevano introdotto un tipo di forma allungata (vermicelli-fettuccine). Nella Sicilia di tradizione araba, più precisamente a Trabia, vicino a Palermo, si diffuse l'uso di essicarla; così la pasta incominciò a poter essere esportata, come riferisce Edrisi, un cronista dell'epoca. Un altro tipo di pasta corta e forata, il maccherone, nasce nello stesso periodo a Genova. Si può concludere, quindi, che il Medioevo sia stato in sintesi il momento decisivo della cultura della pasta (Montanari, 2010).

Fino al XVI secolo, tuttavia, la pasta era un cibo relativamente costoso e divenne molto economica solo in seguito all'invenzione del torchio meccanico, trasformandosi nell'alimento base per i ceti meno abbienti.

Il condimento originale era rigorosamente a base di burro, formaggio e spezie. Quando il pomodoro, di origine messicana, dopo l'iniziale diffidenza, venne valorizzato in Spagna sotto forma di salsa per accompagnare carni e pesci, divenne il condimento d'elezione per la pasta.

2.3 Le fibre alimentari

Le fibre alimentari sono difficili da definire in termini di sostanze chimiche, dato che rispondono piuttosto a concetti di carattere nutrizionale e fisiologico. Il termine, usato inizialmente per la cellulosa, è stato successivamente esteso a tutti i residui vegetali che resistono all'attacco di enzimi digestivi nell'uomo, includendo sia le macromolecole delle pareti cellulari dei vegetali che certi polisaccaridi intracellulari. Questa classe di composti è una miscela di polimeri di carboidrati, oligosaccaridi e polisaccaridi come la cellulosa, le emicellulose, le pectine, che possono essere associate con la lignina e componenti diversi dai carboidrati quali i polifenoli, le cere, i fitati (sali dell'acido fitico).

Le fibre della dieta non solo resistono all'idrolisi, alla digestione e all'assorbimento nel piccolo intestino, ma assolvono almeno a una delle seguenti funzioni: assorbono acqua aumentando la massa fecale, stimolano la fermentazione a livello del colon, riducono i livelli di glucosio ematico postprandiale (e di conseguenza la risposta insulinica) e riducono la colesterolemia a digiuno.

Sono fra i componenti principali di molti alimenti nei quali aumentano la capacità di ritenere acqua e oli, facilitando la formazione di emulsioni e di gel.

Le fibre vengono tendenzialmente distinte in funzione della loro solubilità in acqua in fibre insolubili, come ad esempio la cellulosa, e fibre solubili quali le pec-

Le fibre

Quanta fibra serve?

Secondo le linee guida per una sana alimentazione italiana, 30 g al giorno sono necessari per garantire all'organismo i benefici della fibra. Livelli simili (25 e 30 g al giorno per le donne e gli uomini, rispettivamente) sono raccomandati dall'American Heart Association (2010), rappresentati per il 20-30% da fibre solubili (TLC ATP III). In generale, nei paesi occidentali il consumo di fibre alimentari si è progressivamente ridotto negli ultimi decenni e anche in Italia tra il 1980 e il 1990 sono stati registrati livelli di assunzione compresi tra 21 e 25 g (SINU, LARN 1996), non molto diversi da quelli registrati da una recente survey dell'INRAN (Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione).

Dove si trova?

La frutta fresca contiene in media da 1 a 5 g di fibra ogni 100 g di parte commestibile; la frutta secca da 5 a 15 g. I prodotti ortofrutticoli contengono, mediamente, da 1 a 7/8 g di fibra; i legumi ne contengono quantità più elevate, comprese tra 10 e 20 g (fagioli secchi). 100 g di cereali e derivati ne contengono da 2,5 fino a 22,5 g (nella crusca).

tine e gli idrocolloidi. Fra queste ultime hanno larga diffusione la crusca d'avena, la crusca d'orzo e lo *psyllium* per la loro capacità di ridurre il livello di lipidi nel sangue, mentre quelle meno solubili, come la crusca di grano, hanno proprietà lassative. Queste ultime aumentano la massa del bolo che provoca distensione delle pareti intestinali e attiva movimenti peristaltici e propulsivi.

È tuttavia difficile distinguere i benefici dell'uno e dell'altro tipo di fibra, che possono coesistere all'interno di uno stesso alimento; pertanto si parla quasi sempre di fibra alimentare totale.

Le fibre alimentari derivano dalle pareti cellulari di vegetali come i frutti, i legumi, i cereali, semi diversi, oltre che da alcuni polimeri non parietali quali le gomme, le mucillagini e alcuni additivi alimentari.

I principali costituenti delle fibre alimentari parietali comprendono, oltre alla cellulosa e alle pectine, anche la lignina, un eteropolimero tridimensionale formato da unità fenilpropaniche, che conferisce rigidità, impermeabilità e resistenza ai vegetali.

Le fonti principali di fibre sono la crusca di grano, che rappresenta il 18% della massa del cariosside e, in ordine decrescente, l'avena, i frutti freschi di mele, arance, albicocche, prugne e ananas, verdure fresche, come i cavoli, le carote, l'insalata, le cipolle, i pomodori e, infine, i legumi secchi.

I benefici della fibra per la salute umana e il benessere sono diversi e comprendono il miglioramento della funzione del sistema gastrointestinale e, di conseguenza, la riduzione dei disturbi ad esso associati, e l'aumento del senso di sazietà. Inoltre, studi osservazionali hanno dimostrato che l'apporto di fibra con la dieta è

correlato alla riduzione di alcuni fattori di rischio cardiovascolare come il sovrappeso, la circonferenza addominale e l'insulinemia a digiuno, mentre consumi più elevati di alcuni tipi di fibra si assocerebbero a livelli minori di pressione arteriosa e di colesterolo LDL. È plausibile che le fibre sequestrino molecole quali gli steroli e gli acidi biliari attraverso un meccanismo di retrocontrollo che porti a una riduzione nell'assorbimento dei lipidi.

A livello gastrointestinale, la fibra rallenta lo svuotamento gastrico, contribuisce ad aumentare il peso e il volume delle feci, facilitando il transito, aiutando a mantenere così la regolarità della funzione intestinale e limitando il rischio di alcuni disturbi specifici come la stipsi, le emorroidi, la sindrome del colon irritabile e lo sviluppo di diverticoli. Secondo studi sperimentali, le proprietà fisico-chimiche della fibra nel lume intestinale sarebbero responsabili anche della riduzione del metabolismo epatico e della sintesi del colesterolo. Alcune fibre inoltre, come la pectina, i β -glucani, l'inulina, l'oligofruttosio e le maltodestrine, possono essere in parte fermentate dai batteri intestinali, producendo acidi grassi a corta catena che migliorano la microflora batterica, influenzando positivamente i processi digestivi e il metabolismo dei carboidrati e dei grassi. Secondo i risultati di studi osservazionali, le fibre alimentari potrebbero contribuire alla prevenzione del cancro del colon.

Una dieta ricca di fibre influenza anche la secrezione di diversi ormoni intestinali, consentendo di non avvertire fame per periodi di tempo maggiori, producendo quindi una sensazione di sazietà più prolungata nel tempo. Inoltre, è caratterizzata da una più bassa densità energetica (cioè è meno calorica) rispetto a una dieta simile per quantità di cibo e priva di fibra. Sazietà e ridotto apporto calorico sono i principali responsabili del migliore controllo del peso osservato nelle persone che assumono elevati livelli di fibra. Tale effetto, insieme al rallentato assorbimento degli zuccheri, potrebbe spiegare la riduzione del rischio di diabete di tipo 2 nei consumatori di diete ad alto tenore di fibra.

2.3.1 Cellulosa

La cellulosa, come l'amilosio, è un polisaccaride lineare costituito solo da unità di glucosio, ma legate l'una all'altra in modo diverso rispetto all'amilosio (legame glicosidico β , anziché α come nell'amido). Questo fa sì che questi due polimeri abbiano proprietà molto diverse. Ad esempio, i granuli di amido si dissolvono con la cottura, mentre la cellulosa rimane intatta; l'amido viene digerito dalla maggior parte degli animali, mentre la cellulosa no. Infatti, fatta eccezione per bovini e termiti, per tutte le altre specie animali, compreso l'uomo, la cellulosa è una fibra non digeribile (si veda la voce *fibra*).

2.3.2 Pectine

Le pectine sono i costituenti principali delle pareti cellulari dei tessuti delle piante. Sono molto usate in alcuni prodotti alimentari, come le marmellate, e sono costituite da lunghe catene di centinaia di subunità derivate da zuccheri, che danno facilmente dei gel. I gel sono composti prevalentemente da acqua, ma sono stabili e conservano la forma originaria.

Le pectine sono costituite da zuccheri neutri (fino al 20%), incluso l'L-ramnosio. Il contenuto in pectina nella frutta è variabile: basso nelle fragole, medio nelle arance, alto nelle mele. Per ottenere l'addensamento nella preparazione delle marmellate si aggiunge pectina in quantità inversamente proporzionale al contenuto originariamente presente nel frutto.

La rottura delle catene di pectina è catalizzata da enzimi detti pectinasi che, con il progredire della maturazione del frutto, idrolizzano le pectine contenute nella parete cellulare rendendo il frutto più tenero e gradevole.

2.3.3 Agar

È una miscela di diversi carboidrati, in prevalenza galattosio, estratti da alghe rosse, in grado di dare gelatine anche in quantità inferiore all'1%. Queste gelatine non si fondono in bocca, possono essere masticate e vengono usate in cucina per disperdere aromi o altri ingredienti da servire in accompagnamento ai piatti.

2.3.4 Alginati

Anche gli alginati sono polimeri lineari costituiti da due unità di monosaccaridi diversi, provenienti da alghe marine di color bruno. Hanno la proprietà particolare di dare gel solo in presenza di ioni calcio, presenti ad esempio nel latte e nella crema. Vengono sfruttati da cuochi ingegnosi per preparare piccole sfere aromatizzate. A questo scopo si prepara una soluzione dell'aroma o del colorante desiderato in presenza di alginato, esente da ioni calcio, poi vi si versa o inietta una soluzione di ioni calcio: si forma immediatamente il gel pronto per essere servito.

2.3.5 Inulina

È un altro polisaccaride del fruttosio, che può essere classificato come una gomma. Fa parte di una famiglia di polisaccaridi noti come fruttani, presenti in piante come la cicoria e i carciofi di Gerusalemme. Agisce da anticongelante in cipolle, aglio e lattughe. Il suo interesse dal punto di vista nutrizionale è dovuto a proprietà che condivide con altre fibre solubili: resiste alla digestione nello stomaco umano e nel piccolo intestino, ma subisce un processo di fermentazione a livello del colon. Questo processo genera acidi grassi a corta catena e promuove la crescita di bifido batteri (vedi oltre).

2.3.6 Gomme

Sono polimeri complessi di zuccheri e carboidrati, che possono essere usati come ispessenti, stabilizzanti di emulsioni. L'aspetto che le contraddistingue è la grande affinità per l'acqua con la quale formano soluzioni molto viscosi.

Un effetto particolare associato alla gomma guar proveniente dai semi di una leguminosa (*Cyamopsis tetragonolobus*) è la sua capacità di ritardare la digestione e l'assorbimento di carboidrati e perciò di ridurre il picco del glucosio ematico, con un evidente potenziale vantaggio nel controllo del diabete di tipo 2, la forma non insulino-dipendente.

2.3.7 β -glucani

I β -glucani (1-3,1-4 β -D-glucani) sono polisaccaridi presenti nella crusca dei chicchi di cereale, e soprattutto in quelli dell'orzo e dell'avena. Sono contenuti in quantità decisamente inferiori nella segale e nel frumento, nella parete cellulare del lievito del pane, in certi tipi di miceti e in molti tipi di funghi. Grazie alla solubilità e all'elevato peso molecolare, in presenza di acqua formano una massa viscosa in grado di condizionare diverse funzioni dell'organismo umano. In particolare, l'effetto di riduzione della concentrazione di colesterolo nel sangue, che si può associare alla riduzione del rischio di malattia coronarica, è stato riconosciuto anche dall'agenzia europea per la sicurezza degli alimenti (*European Food Safety Agency*, EFSA), con una dose di 3 grammi al giorno di β -glucani.

3.1 Classificazione dei grassi

I grassi della dieta si possono distinguere, da un punto di vista generale, in animali e vegetali, a seconda dell'origine, o in visibili, come il grasso del formaggio o i grassi da condimento aggiunti alle pietanze, e invisibili, come il grasso della carne o del prosciutto. Da un punto di vista strutturale, i grassi si dividono in semplici e complessi.

Per lipidi (o più comunemente grassi) si intende un gruppo eterogeneo di sostanze associate ai sistemi viventi, che condividono la proprietà di essere insolubili in acqua e solubili in solventi apolari come gli alcani e l'etere. Secondo la più recente definizione internazionale (FAO/OMS, 2008) si tratta di piccole molecole idrofobiche o anfipatiche (o amfifiliche) che possono derivare completamente o solo in parte dalla condensazione di unità di tioesteri e/o di isoprene. In base alle caratteristiche fisiche e chimiche, i lipidi sono suddivisi in otto categorie, all'interno delle quali si trovano classi e sottoclassi di molecole. I grassi, gli oli e i lipidi comprendono un gran numero di composti tra cui ricordiamo gli acidi grassi, gli acilgliceroli (monoacilgliceroli, diacilgliceroli, triacilgliceroli), i fosfolipidi, gli eicosanoidi, le resolvine, gli steroli e i loro esteri, oltre alle vitamine liposolubili e alle cere.

Le principali fonti alimentari di lipidi sono i semi oleosi (e quindi gli oli derivati), i frutti tropicali, gli animali terrestri (e i prodotti derivati) e i pesci.

Le proprietà dei grassi li rendono adatti ad essere utilizzati come immagazzinamento e fonte di energia. Quando si brucia un grammo di acido grasso come combustibile, si ricavano circa 9 kcal di energia, più del doppio di quanto si ottiene da un grammo di carboidrato o di proteina (4 kcal). Da questo deriva l'aumentata incidenza dell'obesità nelle società caratterizzate da diete ricche di grassi.

3.1.1 Acidi grassi

Gli acidi grassi costituiscono, assieme ai carboidrati, i carburanti metabolici primari usati dagli organismi superiori, uomini compresi. Come tali, essi occupano un ruolo

centrale nella nutrizione umana. Negli alimenti si trovano per lo più in forma esterificata, legati cioè ad altre molecole, nei trigliceridi, nei fosfolipidi e negli esteri del colesterolo. Va sottolineato che gli acidi grassi sono i “mattoni” di partenza per la sintesi della maggior parte dei lipidi. A livello delle cellule sia animali che vegetali essi svolgono un duplice ruolo: a) strutturale, poiché sono presenti nei fosfolipidi che compongono le membrane cellulari e ne garantiscono la funzionalità; b) funzionale, dal momento che intervengono in numerosi processi biologici e sono precursori di molecole bioattive.

Gli acidi grassi sono acidi organici alifatici, composti cioè da catene lineari di atomi di carbonio, che hanno una struttura base del tipo $\text{CH}_3(-\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$ dove n può variare da zero (per l'acido acetico) a più di 26. Benché esistano in natura acidi carbossilici con numero dispari di atomi di carbonio, la stragrande maggioranza presenta un numero pari. La natura idrofobica delle catene contenenti più di otto atomi di carbonio li rende completamente insolubili in acqua. A causa della scarsa solubilità degli acidi grassi più abbondanti, gli acidi liberi sono spesso associati a proteine di trasporto.

Gli acidi grassi saturi sono quelli nei quali ciascun atomo di carbonio della catena è legato al successivo da un legame semplice; sono insaturi, invece, se almeno due atomi di carbonio sono legati da un doppio legame (legame insaturo). La presenza di uno o più doppi legami comporta importanti conseguenze per la geometria della molecola, le proprietà chimico-fisiche (punto di fusione, fluidità) e le proprietà biologiche. Le diverse caratteristiche dei vari acidi grassi dipendono sia dalla lunghezza della catena carboniosa che dalla presenza o meno di doppi legami e dalla posizione del primo doppio legame a partire dal gruppo $-\text{CH}_3$ (gruppo metile) terminale. Un acido grasso in cui il primo doppio legame si trova distante tre atomi di carbonio dal metile terminale è definito $n-3$ o $\omega-3$. Questa classe di composti si distingue dalla classe di acidi grassi $n-6$ o $\omega-6$, in cui il doppio legame è a sei atomi di carbonio rispetto al metile terminale.

Gli acidi grassi più abbondanti nei lipidi umani e nei lipidi della dieta sono l'acido palmitico (16:0, con 16 atomi di carbonio e saturo) e l'acido oleico (18:1 $n-9$, con 18 atomi di carbonio e un doppio legame in posizione 9) (Tabella 3.1).

Gli acidi grassi in natura presentano gradi di insaturazione diversi a seconda della loro origine. Tuttavia, la distinzione tra grassi animali saturi e grassi vegetali insaturi appare semplicistica, dal momento che, ad esempio, gli oli di cocco e di palma, per quanto vegetali, sono ricchi di acidi grassi saturi. Un acido grasso monoinsaturo come l'acido oleico (18:1 $n-9$), inoltre, è contenuto in quantità rilevanti nell'olio d'oliva, ma è un componente importante di grassi sia vegetali che animali.

È vero, tuttavia, che i grassi di origine animale contengono in generale quantità variabili di grassi saturi.

3.1.1.1 Saturi

I grassi saturi sono contenuti prevalentemente in alimenti di origine animale, come le carni rosse, il burro e i formaggi (i grassi del latte contengono notevoli proporzioni di acidi grassi a catena corta, da 4 a 10 atomi di carbonio), ma anche nell'olio

Tabella 3.1 Contenuto di lipidi in alcuni alimenti (Da INRAN, Banca dati degli alimenti)

Alimento	Lipidi (g/100g p.e.)
Oli vegetali (oliva, soia, mais, ecc.)	99,9
Margarina (100% vegetale)	84
Burro	83,4
Maionese	70
Noci, nocciole, pistacchi, mandorle	55-68
Patate fritte	6,7
Panna o crema di latte	35
Grana	28
Fontina	26,9
Mozzarella vaccina	19,5
Ricotta vaccina	10,9
Fiocchi di formaggio magro	7,1
Latte vaccino intero	3,6
Salame	34
Prosciutto crudo di Parma	18,4
Maiale leggero, bistecca cotta senza aggiunta di grassi	14,1
Uovo di gallina, intero	8,7
Bovino adulto o vitellone-costata	6,1
Salmone fresco	12
Tonno sott'olio, sgocciolato	10,1
Cioccolato al latte	36,3
Biscotti frollini	13,8
Gelato di crema	12
Crackers salati	10
Pizza con pomodoro	6,6

di cocco e di palma. Rispetto ai polinsaturi, gli acidi grassi saturi hanno un profilo meno favorevole per la salute: la loro presenza ad alte concentrazioni nella dieta è stata associata a una maggiore incidenza di aterosclerosi e disturbi cardiaci. Anche se la struttura molto compatta e la stabilità alle alte temperature li rende adatti per la preparazione di prodotti da forno, come i biscotti, se ne consiglia la sostituzione con grassi insaturi di origine vegetale.

Anche per i saturi, come per i polinsaturi, la lunghezza della catena sembra essere una determinante degli effetti biologici. I saturi a media catena, ad esempio, aumentano la colesterolemia LDL (il cosiddetto “colesterolo cattivo”), ma non comportano alcuna modifica dei livelli della colesterolemia HDL (o “colesterolo buono”), mentre l’effetto ipercolesterolemizzante viene attribuito agli acidi grassi a 12-16 atomi di carbonio.

Studi recenti hanno invece rivalutato l’acido stearico (a 18 atomi di carbonio), il secondo acido grasso presente nella dieta per quantità (dopo il palmitico, a 16 atomi di carbonio) che, assunto con gli alimenti, ridurrebbe significativamente la colesterolemia LDL (Crupkin e Zambelli, 2008).

3.1.1.2 Monoinsaturi

Tra gli acidi grassi con un solo doppio legame (appunto, monoinsaturi), l'acido oleico è quello contenuto in quantità maggiori nella dieta occidentale. In passato si è molto parlato di un altro monoinsaturo con 22 atomi di carbonio, l'acido erucico (C22:1 n-9), che si trovava in alcuni oli impiegati in cucina derivati da alcune brassicacee, come l'olio di colza o ravizzone e l'olio di semi di senape. Negli anni '70 alcuni studi sperimentali hanno evidenziato la cardiotoxicità di questo acido grasso, portando alla diffusione di cultivar di colza a basso tenore di acido erucico (canola).

L'acido oleico è un componente rilevante di numerosi alimenti, ma si trova in concentrazioni elevate soprattutto nell'olio d'oliva, oltre che di girasole e di colza e nei grassi di origine animale come il lardo.

I monoinsaturi della dieta non influenzano in modo significativo la colesterolemia totale, probabilmente per un contemporaneo aumento dei livelli di colesterolo HDL e una modesta riduzione del colesterolo LDL, con un conseguente miglioramento del rapporto HDL/LDL, inversamente associato al rischio cardiovascolare.

Questo effetto positivo dei monoinsaturi sul profilo lipidico potrebbe contribuire a spiegare, secondo alcuni autori, quanto già suggerito da studi epidemiologici e dalle prime osservazioni di Keys negli anni '70, secondo le quali una dieta ricca in grassi monoinsaturi, come la dieta mediterranea, si associa a una significativa riduzione del rischio cardiovascolare. Tuttavia, poiché lo stesso effetto ha trovato solo parziale conferma dagli studi condotti in altri paesi a dieta ricca di oleico associato ad altri oli e alimenti di origine animale (non all'olio d'oliva) i benefici sono stati associati alla compresenza nell'olio extravergine d'oliva di componenti minori e di acido oleico.

3.1.1.3 Polinsaturi

Gli acidi grassi polinsaturi, con due o più doppi legami e 18 o più atomi di carbonio hanno sicuramente maggiore interesse biomedico.

L'organismo umano, che può sintetizzare gli acidi grassi saturi e monoinsaturi, non può produrre gli acidi grassi linoleico (LA) e α -linolenico (ALA), i precursori della serie metabolica rispettivamente n-6 e n-3, poiché non è in grado di inserire un doppio legame oltre il nono atomo di carbonio dall'estremità carbossilica della catena. Diversamente, gli organismi vegetali che possono interconvertire LA e ALA non possono sintetizzare gli acidi grassi polinsaturi a più lunga catena. Tuttavia, poiché sia LA che ALA sono indispensabili per l'organismo, è fondamentale la loro assunzione con la dieta. Vengono definiti infatti acidi grassi essenziali e la loro carenza comporta conseguenze gravi per la salute umana.

I mammiferi possiedono invece il corredo enzimatico per convertire gli acidi grassi forniti dagli alimenti in acidi grassi a più lunga catena e con più doppi legami, con una serie di reazioni di allungamento della catena e di desaturazione (aggiunta di doppi legami). Quindi, i livelli endogeni di acidi grassi a più lunga catena e a più alto grado di insaturazione (polinsaturi o *Polyunsaturated Fatty Acids*, PUFA) dipendono sia dall'apporto con la dieta, che dalla biosintesi a partire dal precursore. La stessa via metabolica porta alla sintesi dell'acido arachidonico (AA, acido eicosatetraenoico con 20 atomi di carbonio) da LA per la serie

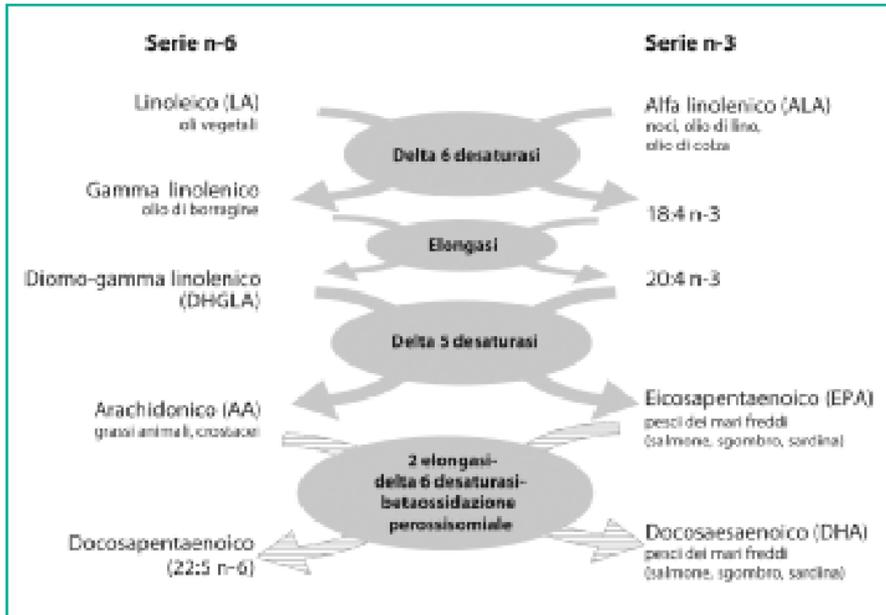


Fig. 3.1 Schema del metabolismo degli acidi grassi polinsaturi n-6 e n-3

n-6, e alla formazione di EPA (acido eicosapentaenoico, con 20 atomi di carbonio e 5 doppi legami) e DHA (acido docosaesaenoico, con 22 atomi di carbonio e 6 doppi legami) dall'ALA della serie n-3. Poiché gli enzimi che catalizzano le diverse reazioni, detti desaturasi ed elongasi, sono comuni al metabolismo degli acidi grassi della serie n-6 e n-3, è stato ipotizzato un meccanismo di competizione tra le due serie metaboliche a questo livello (Fig. 3.1). Fattori come l'età e l'alcol inibiscono la delta 6 desaturasi, mentre alcuni ormoni e farmaci come le statine stimolano la delta 5.

EPA e AA competono per le reazioni enzimatiche che portano alla formazione degli eicosanoidi, una serie di molecole a elevata attività biologica, che hanno un ruolo importante in risposte infiammatorie e immunitarie. I prodotti metabolici dell'EPA possiedono in generale un'attività più blanda di quelli derivati dall'AA e quindi gli acidi grassi polinsaturi n-3 introdotti con la dieta inducono l'organismo a produrre meno citochine, sostanze proinfiammatorie, e ad aumentare la risposta immunitaria. È stato proprio studiando un'alga presente nei mari caraibici, la *Plexaura homomalla*, che i ricercatori hanno trovato elevati livelli (2-3% del peso secco) di prostaglandine (piccoli lipidi bioattivi appartenenti alla famiglia degli eicosanoidi). L'identificazione della loro struttura, delle modalità di biosintesi e del loro ruolo fisiopatologico ha permesso lo sviluppo di importanti classi di farmaci quali i farmaci antinfiammatori non steroidei (FANS) e l'aspirina. Questi meccanismi giustificano almeno in parte l'associazione tra l'assunzione di alti livelli di EPA e DHA e il miglioramento della sintomatologia in

n-3 e protezione cardiovascolare

Importanti studi epidemiologici hanno messo in luce la relazione tra consumo di pesce con la dieta e riduzione del rischio di coronaropatia e, in particolare, di morte improvvisa.

Tale effetto protettivo è stato associato ai livelli di assunzione di n-3, particolarmente elevati nei consumatori di pesce.

Il GISSI-Prevenzione è stato il primo studio di intervento che ha evidenziato l'efficacia della supplementazione con PUFA n-3 nella riduzione dell'incidenza della mortalità per infarto del miocardio e, ancora di più, della morte improvvisa, in soggetti a rischio cardiovascolare elevato.

I benefici degli n-3 in prevenzione cardiovascolare sono stati oggetto di una metanalisi pubblicata su JAMA (Mozaffarian e Rimm, 2006): l'effetto antiaritmico è evidente già a livelli di assunzione ottenibili con il consumo di alimenti ricchi in n-3, con la conseguente riduzione del rischio di morte improvvisa e di eventi coronarici fatali già dopo settimane; con dosi più elevate si possono ottenere altri effetti clinici rilevanti (riduzione dei trigliceridi e del rischio di trombosi) che richiedono però tempi più lunghi di assunzione (mesi/anni).

pazienti affetti da malattie su base infiammatoria (asma, artrite reumatoide, psoriasi, morbo di Crohn).

Le tappe metaboliche della sintesi di DHA a partire da EPA sono più complesse e meno efficienti. Infatti, nell'uomo, la conversione di ALA a EPA e soprattutto a DHA è parziale, e insufficiente a sopperire al fabbisogno dell'organismo e, pertanto, anche i due acidi grassi n-3 di origine marina devono essere assunti con la dieta.

Il DHA, che è contenuto in concentrazioni rilevanti nelle membrane cellulari di organi altamente specializzati, la corteccia cerebrale e i bastoncelli della retina, è molto importante per la loro funzione e per il loro corretto sviluppo, che dipende esclusivamente dall'apporto esogeno soprattutto durante l'ultimo periodo della vita intrauterina e nel corso dei primi mesi di vita postnatale. In condizioni fisiologiche il DHA viene fornito dalla madre prima attraverso la placenta e poi con il latte materno che, a differenza del latte vaccino, contiene anche AA e DHA.

I PUFA n-3 hanno grande interesse dal punto di vista biologico-medico e hanno tutta una serie di effetti sulla salute grazie alle loro proprietà non solo antinfiammatorie, ma anche cardioprotettive.

3.1.1.4 Trans

Gli acidi grassi insaturi in natura sono presenti per la maggior parte con configurazione *cis* (nella quale, cioè, i sostituenti legati agli atomi di carbonio sono dalla stessa parte del doppio legame), anche se acidi grassi insaturi a configurazione *trans* (nella quale i sostituenti legati agli atomi di carbonio sono opposti rispetto al doppio legame) possono essere presenti nella dieta.

Praticamente assenti nel mondo vegetale, gli acidi grassi insaturi della serie *trans* di origine naturale si trovano in quantità limitate nel latte, nei latticini e nelle carni dei ruminanti, come conseguenza dell'azione dei batteri presenti nel rumine che, in parte, saturano e isomerizzano alla serie *trans* i mono- e i polinsaturi della serie *cis* contenuti negli alimenti vegetali.

Le fonti di grassi *trans* che andrebbero completamente evitate sono invece i cosiddetti "grassi vegetali idrogenati", di origine industriale, prodotti in quote significative durante il trattamento di solidificazione degli oli finalizzato alla produzione di margarine. I doppi legami degli oli vegetali di partenza vengono in larga parte idrogenati e saturati, e solo in parte isomerizzati dalla forma *cis* alla forma *trans* (la completa idrogenazione degli insaturi conduce ovviamente alla formazione di un grasso privo di *trans*).

I grassi insaturi *trans* sono più dannosi per le arterie dei grassi saturi. Come i saturi, infatti, tendono ad aumentare il colesterolo totale e le LDL (*Low Density Lipoprotein*, *lipos* in greco significa grasso), il cosiddetto "colesterolo cattivo", ma riducono anche i livelli plasmatici del colesterolo "buono", HDL (*High Density Lipoprotein*), peggiorando quindi il rapporto tra queste due frazioni.

Per questi composti è stato ipotizzato anche un effetto proaritmico, oltre a un'azione pro-infiammatoria, che ha trovato conferma nei risultati di un importante studio osservazionale su una coorte di infermiere statunitensi; le donne con un consumo di acidi grassi *trans* più elevato erano esposte al maggiore rischio cardiovascolare. È stato calcolato che un'eliminazione praticamente completa dei *trans* dalla dieta, che ne preveda la sostituzione con carboidrati o con acidi grassi insaturi a conformazione *cis*, potrebbe ridurre l'incidenza delle malattie cardiovascolari negli Stati Uniti del 20-25% (Mozaffarian et al., 2006).

Oggi la maggior parte delle margarine moderne (in genere soffici e spalmabili) contiene molti meno *trans* di quelle di più vecchia generazione (meno dell'1% vs 40%), poiché l'aumento di consistenza viene ottenuto mediante tecniche di natura diversa. Le margarine vegetali ricche di *trans* sono tuttavia ancora frequentemente impiegate nella preparazione dei prodotti da forno e in numerose altre preparazioni, specie artigianali, per il loro costo contenuto, la loro stabilità, le favorevoli caratteristiche tecnologiche (sono solide a temperatura ambiente ma divengono morbide, e conferiscono quindi sofficietà ai prodotti che le incorporano, a temperature di 40-50°).

Soprattutto nei paesi anglosassoni e del Nord Europa gli acidi *trans* si ritrovano in grande quantità nelle patatine fritte e in prodotti da forno come ciambelle, brioche, cracker, in cui possono rappresentare fino al 30% dell'intero contenuto lipidico. È interessante notare, a questo proposito, che la margarina in panetti contiene circa il 35% di grassi saturi e il 12% di acidi grassi *trans*, il resto sono acidi grassi *cis*. Il burro naturale contiene il 50% di acidi saturi e solo il 3-4% di acidi *trans*.

Ad ogni buon conto, in molti paesi sono state introdotte leggi restrittive per il contenuto di acidi grassi *trans*, e anche l'Agenzia Europea per la Sicurezza degli Alimenti (*European Food Safety Agency*, EFSA) ha stabilito che l'assunzione di questi composti con la dieta debba essere ridotta il più possibile.

Irrancidimento dei grassi

Un'alterazione caratteristica degli acidi grassi insaturi commestibili è il cosiddetto irrancidimento, derivante da un processo di ossidazione ad opera dell'ossigeno atmosferico, che consiste nella rottura della catena di atomi di carbonio in corrispondenza del doppio legame. Per effetto dell'irrancidimento, i grassi assumono odore e sapore sgradevoli, dovuti alla formazione di composti come le aldeidi, che ne compromettono la commestibilità. Esso è catalizzato da agenti quali la luce, il calore, enzimi, metalli, metalloproteine, microrganismi e causa la formazione di prodotti derivanti da auto-ossidazione, foto-ossidazione, ossidazione termica o enzimatica. Fra tutti, il processo più comune è l'auto-ossidazione, definita come una reazione spontanea del grasso con ossigeno atmosferico, che avviene attraverso reazioni a catena, che coinvolgono radicali liberi (si veda oltre).

Un'altra forma di irrancidimento, sempre di tipo ossidativo, è quello detto chetonico, così chiamato perché porta alla formazione di chetoni, provocato da enzimi come il *Penicillium glaucum*. Per impedire, o quanto meno ritardare, l'irrancidimento di tipo ossidativo si ricorre agli antiossidanti.

3.1.2 I trigliceridi

I trigliceridi sono la forma principale di lipidi visibili della dieta, presenti sia nei grassi di origine animale sia negli oli vegetali. I trigliceridi (o triacilgliceroli, TAG) sono composti da tre acidi grassi esterificati con una molecola di glicerina. Le proprietà specifiche dei trigliceridi sono determinate dagli acidi grassi specifici e dalla posizione che essi occupano. I trigliceridi con due o tre acidi grassi diversi sono chiamati trigliceridi misti e costituiscono la componente più significativa dei grassi sia nella dieta umana, che nel nostro corpo. Circa il 90% del loro peso è dato dagli acidi grassi. I mono- e digliceridi sono meno comuni in natura e sono prima di tutto i prodotti intermedi nella digestione dei corrispondenti trigliceridi o del metabolismo intracellulare. Vengono spesso aggiunti nella preparazione dei cibi, dato che agiscono da emulsionanti, e vengono indicati nell'etichetta.

Una volta assunti con la dieta, i trigliceridi vengono idrolizzati nel piccolo intestino ad acidi grassi liberi e monogliceridi, prima di essere assorbiti. L'enzima principale responsabile dell'idrolisi nel plasma è la lipoproteina lipasi o lipasi lipoproteica. Una volta all'interno della cellula, gli acidi grassi liberi possono poi essere ossidati fornendo energia, metabolizzati a composti biologicamente attivi, incorporati nei fosfolipidi e negli esteri del colesterolo o risintetizzati a trigliceridi come potenziali riserve di acidi grassi.

Ai giorni nostri, i grassi della dieta e gli oli vengono considerati con connotazioni positive, neutre o negative. Gli aspetti positivi includono la loro capacità di agire da trasportatori di vitamine in essi solubili e nell'aumentare la biodisponibilità di micronutrienti, favorendo così la sintesi di composti metabolicamente attivi.

Lecitina

La lecitina commerciale contiene una miscela di glicerofosfolipidi, separati dalla soia grezza, costituita al 15% da fosfatidilcolina, al 12% da fosfatidiletanolamina, al 10% da acido fosfatidico e per il resto da trigliceridi della soia.

La migliore fonte di emulsionante nella preparazione del cibo è il tuorlo d'uovo (vedi oltre). Circa il 30% di un uovo di gallina è costituito da lipidi, mentre le proteine ammontano a un altro 16%. Il 67% della frazione lipidica è costituito dai gliceridi, il 28% fosfolipidi (soprattutto lecitina) e il resto da colesterolo.

Gli aspetti negativi sono costituiti dalla possibilità che essi siano associati a sostanze nocive per la salute, come gli acidi grassi *trans* e il colesterolo, favorendo la formazione di placche aterosclerotiche e l'insorgenza di disturbi cardiaci e flebiti (complicanze a livello venoso a base infiammatoria).

Grassi e oli esposti all'atmosfera e riscaldati a lungo arrivano all'ultimo stadio del processo di ossidazione, dando polimeri. I prodotti ad alto peso molecolare che si formano causano fumi e aumentano la viscosità, arrivando a costituire fino al 25% dell'olio. Anche se non ne è provata la tossicità, è comunque preferibile scartare tutto l'olio, anziché aggiungerne di fresco.

3.1.3 Fosfolipidi

I fosfolipidi, pur presenti solo in tracce negli oli della dieta, sono componenti strutturali essenziali di tutte le cellule animali e vegetali e riconducibili a una molecola di glicerolo, alla quale sono esterificati acidi grassi nelle posizioni sn-1 e sn-2, mentre è presente un gruppo fosfato in posizione sn-3.

Sono molecole anfipatiche, che cioè contengono sia zone idrofobiche sia zone idrofiliche costituite rispettivamente dai due acidi grassi, spesso insaturi e dalla testa polare che ha proprietà idrofiliche.

Le teste polari possono variare nelle dimensioni e nella carica e diversi composti possono essere esterificati alla porzione fosfato, compresi la colina, l'etanolamina, la serina e il mioinositolo. I fosfolipidi che ne derivano si chiamano rispettivamente fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina, fosfatidilserina e fosfatidilinositolo.

In considerazione della loro natura anfipatica e della loro capacità a dare doppi strati, i fosfolipidi non solo svolgono un importante ruolo strutturale a livello delle membrane cellulari, ma possono anche giocare un ruolo importante nel processo di emulsione e nell'assorbimento dei grassi della dieta e delle vitamine solubili nei grassi.

Sulla superficie di particelle di lipoproteine essi costituiscono un componente critico nell'impacchettamento e nel trasporto dei lipidi in circolazione.

3.1.4 Colesterolo

Un altro lipide polare è il colesterolo, che ha una molecola in grado di occupare una posizione simile a quella degli altri lipidi polari all'interno delle membrane e una parte idrocarburica con dimensioni simili a quelle degli acidi grassi dei glicerofosfolipidi. Il colesterolo è presente in forma esterificata con acidi grassi nelle lipoproteine del sangue, mentre si trova in forma libera nelle membrane cellulari e nel tuorlo d'uovo. Circa un terzo del colesterolo nel plasma circola come colesterolo libero, il resto esterificato. Si tratta di una molecola anfipatica che si interpone tra i doppi strati dei fosfolipidi diminuendo la fluidità della membrana.

Il colesterolo è un precursore di ormoni steroidei (estrogeni e testosterone), vitamina D, steroidi adrenalinici (idrocortisone e aldosterone) e acidi biliari. La captazione (*uptake*) di colesterolo da parte delle lipoproteine è un fattore critico per mantenere l'omeostasi del colesterolo intracellulare e di tutto il corpo.

L'associazione tra il colesterolo della dieta e i livelli della colesterolemia non è ancora stata completamente chiarita, anche se il suo effetto di aumento del colesterolo LDL sembra limitato rispetto a quella dei grassi saturi o degli insaturi *trans*. I pazienti con iperlipoproteinemia mista sembrano essere più sensibili all'introduzione di colesterolo con gli alimenti rispetto ai pazienti con ipercolesterolemia isolata.

Il colesterolo è contenuto solo in cibi di origine animale, soprattutto nella cervella e nelle frattaglie di bovino, nelle uova, nei calamari, nei crostacei, ma in misura minore anche in tutte le altre carni, nel burro e nei formaggi. Fonti di colesterolo sono anche gli alimenti trasformati nei quali, ad esempio, latte e uova sono presenti come ingredienti.

3.1.5 Altri steroli

I fitosteroli (o steroli vegetali) sono costituenti naturali dei vegetali, strutturalmente simili al colesterolo, dal quale differiscono per la configurazione della catena laterale e/o dei legami degli anelli steroidei.

Nei vegetali, i fitosteroli sono presenti in concentrazioni variabili: livelli più elevati sono presenti negli oli di mais, di colza e di soia, ma anche la frutta secca, i semi e i cereali integrali sono ricche fonti naturali di questi composti.

Il più abbondante in natura è il β -sitosterolo, anche se sono state identificate più di 40 diverse molecole, che vengono distinte sostanzialmente in steroli e stanoli, in base alla presenza o meno del doppio legame nell'anello steroideo.

Il consumo di fitosteroli con la dieta, particolarmente elevato fino all'avvento della rivoluzione industriale, si è sensibilmente ridotto negli ultimi secoli e non supera oggi i 300-400 mg giornalieri nel mondo occidentale. L'aggiunta di steroli e/o stanoli vegetali alla dieta mediante l'incorporazione in alimenti a elevato tenore lipidico, come le margarine, le bevande a base di latte e lo yogurt, è stata associata con la riduzione della colesterolemia totale e LDL in soggetti sia normocolesterolemici che ipercolesterolemici e affetti da diabete di tipo 2. Una metanalisi di 41 studi clinici ha dimostrato che l'assunzione di 2 g al giorno di stanoli o steroli addi-

zionati alle margarine, alla maionese, all'olio d'oliva o al burro riduce del 10-12% il colesterolo LDL (Katan et al., 2003). Tale effetto, che è simile anche a dosaggi più elevati aumenta in associazione con una dieta ipolipidica, permettendo di ottenere una riduzione della colesterolemia LDL anche del 15%, o in associazione con farmaci ipolipemizzanti come le statine.

La matrice nella quale sono integrati i fitosteroli ne influenza solo parzialmente l'azione ipolipidemizzante, che si mantiene anche se sono incorporati in alimenti a moderato tenore lipidico.

Il momento dell'assunzione, invece, è determinante per l'efficacia, che è massima se sono assunti a stomaco pieno (minima a digiuno) e deve essere quotidiana e regolare. In caso di sospensione, i livelli di colesterolo LDL tornano in tempi brevi ai valori pretrattamento.

I fitosteroli, a differenza del colesterolo alimentare di origine animale, vengono assorbiti solo in minima parte dall'organismo umano e in condizioni fisiologiche sono presenti in concentrazioni molto basse (dell'ordine di 0,1-2 mg/dL) nel plasma dei pazienti che li assumono regolarmente. La riduzione dei livelli circolanti di carotenoidi associata al consumo di alimenti arricchiti in fitosteroli è completamente reversibile e facilmente neutralizzata da una dieta variata e ricca di frutta e verdura.

3.2 I grassi da condimento

3.2.1 I grassi vegetali

I grassi da condimento di origine vegetale sono rappresentati dagli oli di oliva e di semi (girasole, arachidi, mais, colza, ecc.). In relazione all'elevata presenza di acidi grassi mono- e polinsaturi, sono liquidi a temperatura ambiente, a differenza dei grassi da condimento di origine animale (burro, strutto, lardo) che, essendo costituiti prevalentemente da grassi saturi, a temperatura ambiente sono solidi. Gli oli vegetali utilizzati come condimento sono, in assoluto, gli alimenti a più elevato valore energetico, in quanto costituiti esclusivamente da grassi: 30 g di olio, che rappresentano la razione giornaliera di questo alimento, apportano circa 270 kcal. In relazione al valore energetico, nessuna differenza sussiste tra le diverse tipologie di oli di semi, tra oli di semi e olio d'oliva, nemmeno se vengono consumati a crudo o dopo cottura (Tabella 3.2). La cottura può determinare solo la perdita di alcune componenti termolabili e favorire la formazione di lipoperossidi (in relazione al grado di insaturazione degli acidi grassi).

3.2.1.1 Olio d'oliva

L'olio d'oliva si ricava dalle drupe di numerose varietà del genere *Olea* coltivate fin dall'antichità nell'area del Mediterraneo. Il suo antico nome greco era *elaion*, in latino *oleum*. Gli ulivi più diffusi sono quelli della specie *Olea europaea*, a cui si deve la quasi totalità della produzione mondiale.

La composizione dell'olio di oliva è influenzata da numerosi fattori quali la pianta di provenienza (cultivar), il grado di maturazione delle olive (col passare del

Tabella 3.2 Nomenclatura dei principali acidi grassi presenti negli alimenti

Nome comune	Nome sistematico	Abbreviazione	Fonti alimentari
Butirrico	Butanoico	C4:0	Latticini
Laurico	Dodecanoico	C12:0	Olio di cocco e di palma
Miristico	Tetradecanoico	C14:0	Latticini, olio di cocco di palma
Palmitico	Esadecanoico	C16:0	La maggior parte di grassi e oli
Stearico	Octadecanoico	C18:0	La maggior parte di grassi e oli
Arachidico	Eicosanoico	C20:0	Olio di arachide
Palmitoleico	Cis-9-esadecenoico	C16:1 Δ 9c (9c-16:1)	La maggior parte degli oli vegetali e dei grassi animali
Oleico	Cis-9-octadecenoico	C18:1 Δ 9c (9c-18:1)	Tutti i grassi vegetali e soprattutto l'olio d'oliva
Linoleico	Cis-9,cis-12-octadecadienoico	18:2 n-6 (LA)	Tutti gli oli vegetali e soprattutto mais, girasole
γ -linolenico	Cis-6,cis-9,cis-12-octadecatrienoico	18:3n-6 (GLA)	Olio di borragine, enotera, olio di ribes nero
Arachidonico	Cis-5,cis-8,cis-11,cis-14 eicosatetraenoico	20:4 n-6 (AA)	Grassi animali, tuorlo d'uovo, fegato
α -linolenico	Cis-9,cis-12,cis-15-octadecatrienoico	18:3n-3 (ALA)	Noci, olio di semi di lino, olio di canola, olio di soia
Eicosapentaenoico	Cis-9,cis-12,cis-15,cis-18-eicosapentaenoico	20:5n-3 (EPA)	Pesci grassi: salmone, sgombro, aringa
Docosaesaenoico	Cis-9,cis-12,cis-15,cis-18,cis-21-docosaesaenoico	22:6n-3 (DHA)	Pesci grassi: salmone sgombro, aringa

tempo aumenta la quantità di olio mentre diminuisce quella dell'acqua), le condizioni climatiche e le modalità di raccolta. Nelle olive, in genere, l'acqua costituisce il 40-50% del peso, l'olio il 15-25%, la fibra grezza il 4-8%, la vitamina E il 5%. Sono anche presenti potenti antiossidanti, cioè composti fenolici con proprietà antimicrobiche. Il colore verde-oro è dovuto alla clorofilla e ai carotenoidi (β -carotene, luteina), mentre l'aroma dipende dal contenuto di terpeni ed esteri fruttati con accenti di noci, mandorle, carciofo, pomodoro. La clorofilla rende l'olio di oliva vulnerabile all'azione della luce. Per questo motivo e per evitare la foto-ossidazione, che porta ad aromi sgradevoli, è opportuno conservare l'olio al buio (in bottiglie scure di vetro verde-marrone) e in un ambiente fresco.

L'olio d'oliva appena pressato contiene anche una sostanza chiamata oleocantale, un composto dal gusto piccante che provoca un forte senso di irritazione in gola e che è caratterizzato da un profilo farmacologico simile a quello del noto farmaco antinfiammatorio ibuprofene. In effetti, ricercatori inglesi hanno recentemente dimostrato che l'oleocantale è un antinfiammatorio naturale, con una potenza simile all'ibuprofene, in grado di inibire gli stessi enzimi, le cicloossigenasi, responsabili della sintesi delle prostaglandine a partire dall'AA (Beauchamp et al., 2005).

La storia dell'olio di oliva è antichissima; Egizi e Fenici lo impiegavano non solo come alimento, ma anche nei riti sacri; tracce sono state trovate in Francia in alcuni recipienti usati nel Neolitico per cucinare.

Gli oli d'oliva, secondo le norme dell'Unione Europea (UE), vengono classificati in:

- olio extravergine, ottenuto da semplice molitura delle olive, che deve contenere meno dello 0,8% di acidi grassi liberi;
- olio vergine d'oliva, anch'esso ottenuto dalla molitura delle olive, con un'acidità massima del 2%;
- olio d'oliva, ottenuto dalla miscela d'olio vergine e di olio raffinato;
- olio di sansa di oliva, ottenuto da una miscela di olio alimentare estratto dalla sansa (sottoprodotto del processo di estrazione dell'olio) e di olio vergine.

L'acidità libera dell'olio d'oliva è convenzionalmente espressa come quantità di acido oleico. Maggiore è l'acidità, cioè maggiore è la quantità di acidi liberi provenienti dall'idrolisi dei trigliceridi, più l'olio è scadente.

Per "prima spremitura a freddo" si intende la spremitura meccanica a una temperatura inferiore a 30°C.

L'olio d'oliva, altamente energetico come tutti gli alimenti a base di lipidi, ha anche la proprietà di stimolare la secrezione biliare e di favorire la digestione.

I trigliceridi dell'olio di oliva rappresentano la cosiddetta frazione saponificabile, il cui contenuto consente la differenziazione tra le diverse specie di piante di olivo da cui l'olio proviene. Essa è composta per lo più dall'acido oleico (che rappresenta il 70-75% degli acidi grassi totali) e dall'acido linoleico (10%), entrambi esterificati in genere al carbonio in posizione 2 del glicerolo.

Nella frazione insaponificabile si trovano idrocarburi, quali lo squalene, fitosteroli e vitamine liposolubili, clorofilla e alcoli triterpenici. In essa gli steroli, che costituiscono il componente principale (circa il 20%), giocano un ruolo importante nella stabilità dell'olio, poiché inibiscono le reazioni di polimerizzazione dovute ai radicali liberi.

Le caratteristiche organolettiche degli oli dipendono dai componenti minori, che variano da olio a olio, quali gli alcoli e le aldeidi insature con 6-8 atomi di carbonio e gli alcoli diterpenici come l'eritrodiolo e l'uvaolo.

Le pratiche fraudolente comportano il miscelamento dell'olio d'oliva di qualità con oli più scadenti o con oli provenienti da altre piante. Per identificare la composizione varietale degli oli d'oliva e per assicurare la loro conformità alla legislazione, sono ora disponibili, accanto ai metodi analitici tradizionali, dei test di marker genetici, grazie alle tecniche definite *Polymerase Chain Reaction* (PCR) che permettono di estrarre il DNA dalle foglie degli olivi o dall'olio. L'estrazione dalla pianta è preferibile perché il DNA dell'olio è altamente degradabile e può dar luogo a interferenze.

L'incidenza estremamente bassa di disturbi coronarici nei paesi in cui si consumano grandi quantità di olio d'oliva ha suggerito che l'uso di questo grasso sia da preferire a quello di altri oli vegetali. I suoi effetti salutari sono stati attribuiti agli antiossidanti presenti nell'olio d'oliva extravergine, soprattutto i carotenoidi e i composti fenolici.

Oli DOP e IGP

In accordo con le norme dell'UE, gli oli si distinguono in *DOP*, cioè a denominazione di origine protetta, e *IGP*, cioè a indicazione geografica protetta.

Queste denominazioni sono regolate dalla *Council Regulation 510/2006* dell'UE. L'olio d'oliva con denominazione *DOP* richiede che siano soddisfatti dei parametri precisi quali la specie coltivata, l'origine geografica, la pratica agronomica, la tecnologia di produzione e le qualità organolettiche. L'origine botanica è particolarmente importante; di recente sono stati introdotti sul mercato oli d'oliva monovarietali, il cui controllo di qualità richiede sofisticate metodologie analitiche, anche per evitare frodi a danno dei consumatori (Montealegre et al., 2010).

Il naso artificiale, di cui abbiamo parlato in *Cucina e Scienza* (Colonna e Guatteri, 2008), ha il grande vantaggio di consentire una valutazione rapida e obiettiva degli aromi presenti nell'olio. Alcuni ricercatori italiani lo hanno recentemente utilizzato per identificare l'origine geografica di 14 oli extravergini (Dalcanale et al., 1999).

Gli oli vegetali che contengono circa 12 mg di α -tocoferolo per 100 g di olio, ne sono la fonte più importante. Esso agisce da spazzino (*scavenger*) di radicali liberi, proteggendo le cellule dallo stress ossidativo, un importante fattore di rischio di malattie croniche quali l'aterosclerosi, i tumori, le patologie su base infiammatoria e oculari.

3.2.1.2 Altri oli vegetali

In campo alimentare si fa un largo uso di oli di semi. Essi provengono da semi oleosi (girasole, colza, sesamo), da legumi (soia, arachide), da frutti oleosi (cocco, palma). L'olio di mais, quello di frumento e quello di semi di vite sono sottoprodotti di altre lavorazioni.

L'olio di semi di soia e l'olio di palma contribuiscono, insieme, a circa il 50% del consumo mondiale di grassi e oli e sono i componenti grezzi usati per la produzione di margarina e di altri grassi idrogenati. Anche l'olio di colza occupa un posto molto importante fra gli oli edibili, dal momento che la sua produzione mondiale ha superato nel 2004 i 40 milioni di tonnellate. Il Canada è il maggior produttore mondiale di varietà di alta qualità di questo olio, caratterizzate da un basso contenuto di acido erucico (meno del 2%) e di glucosinolati.

Gli oli di semi per essere utilizzati per scopo alimentare sono sottoposti a un processo di rettificazione che va a scapito del contenuto di proteine, che si perdono durante la raffinazione e che possono eventualmente essere aggiunte dall'esterno.

La composizione in acidi grassi e steroli è condizionata dalla famiglia botanica di appartenenza, dal terreno e dalle condizioni climatiche e può essere anche variata ricorrendo a piante geneticamente modificate.

I vari oli vegetali per uso alimentare sono molto diversi tra loro per composizione in acidi grassi (Tabella 3.3). L'olio di cocco e di palmisti sono ricchi di acido

Tabella 3.3 Composizione in acidi grassi (% degli acidi grassi totali) dei principali oli vegetali e contenuto in tocoferoli+tocotrienoli (mg/kg) (The Codex Alimentarius Commission, FAO/OMS 2001)

Acidi grassi	Arachide	Cocco	Mais	Palma	Palmisti	Canola	Cartamo	Semi di sesamo	Soia	Semi di girasole
C6:0	ND	ND-0,7	ND	ND	ND-0,8	ND	ND	ND	ND	ND
C8:0	ND	4,6-10,0	ND	ND	2,4-6,2	ND	ND	ND	ND	ND
C10:0	ND	5,0-8,0	ND	ND	2,6-5,0	ND	ND	ND	ND	ND
C12:0	ND-0,1	45,1-53,2	ND-0,3	ND-0,5	45,0-55,0	ND	ND	ND	ND-0,1	ND-0,1
C14:0	ND-0,1	16,8-21,0	ND-0,3	0,5-2,0	14,0-18,0	ND-0,2	ND-0,2	ND-0,1	ND-0,2	ND-0,2
C16:0	8,0-14,0	7,5-10,2	8,6-16,5	39,3-47,5	6,5-10,0	1,5-6,0	5,3-8,0	7,9-12,0	8,0-13,5	5,0-7,6
C16:1	ND-0,2	ND	ND-0,5	ND-0,6	ND-0,2	ND-3,0	ND-0,2	0,1-0,2	ND-0,2	ND-0,3
C17:0	ND-0,1	ND	ND-0,1	ND-0,2	ND	ND-0,1	ND-0,1	ND-0,2	ND-0,1	ND-0,2
C17:1	ND-0,1	ND	ND-0,1	ND	ND	ND-0,1	ND-0,1	ND-0,1	ND-0,1	ND-0,1
C18:0	1,0-4,5	2,0-4,0	ND-3,3	3,5-6,0	1,0-3,0	0,5-3,1	1,9-2,9	4,8-6,1	2,0-5,4	2,7-6,5
C18:1	35,0-69	5,0-10,0	20,0-42,2	36,0-44,0	12,0-19,0	8,0-60,0	8,4-21,3	35,9-42,3	17-30	14,0-39,4
C18:2	12,0-43,0	1,0-2,5	34,0-65,6	9,0-12,0	1,0-3,5	11,0-23,0	67,8-83,2	41,5-47,9	48,0-59,0	48,3-74,0
C18:3	ND-0,3	ND-0,2	ND-2,0	ND-0,5	ND-0,2	5,0-13,0	ND-0,1	0,3-0,4	4,5-11,0	ND-0,3
C20:0	1,0-2,0	ND-0,2	0,3-1,0	ND-1,0	ND-0,2	ND-3,0	0,2-0,4	0,3-0,6	0,1-0,6	0,1-0,5
C20:1	0,7-1,7	ND-0,2	0,2-0,6	ND-0,4	ND-0,2	3,0-15,0	0,1-0,3	ND-0,3	ND-0,5	ND-0,3
C20:2	ND	ND	ND-0,1	ND	ND	ND-1,0	ND	ND	ND-0,1	ND
C22:0	1,5-4,5	ND	ND-0,5	ND-0,2	ND-0,2	ND-2,0	ND-1,0	ND-0,3	ND-0,7	0,3-1,5
C22:1	ND-0,3	ND	ND-0,3	ND	ND	>2,0-60,0	ND-1,8	ND	ND-0,3	ND-0,3
C22:2	ND	ND	ND	ND	ND	ND-2,0	ND	ND	ND	ND-0,3
C24:0	0,5-2,5	ND	ND-0,5	ND	ND	ND-2,0	ND-0,2	ND-0,3	ND-0,5	ND-0,5
C24:1	ND-0,3	ND	ND	ND	ND	ND-3,0	ND-0,2	ND	ND	ND
Tocopheroli +tocotrienoli	170-1300	ND-50	330-3720	150-1500	ND-260	240-410	240-670	330-1010	600-3370	440-1520

Ossidazione degli oli

Gli oli e i grassi di alcuni pesci sono estremamente sensibili all'ossidazione, mentre i grassi animali di ruminanti lo sono meno. Gli oli vegetali si trovano in una posizione intermedia. La propensione all'ossidazione dipende dal grado di insaturazione dei lipidi e dalla natura e dal livello degli antiossidanti presenti. Oli ad alto grado di insaturazione come l'olio di zucca o di noce si ossidano molto facilmente e non dovrebbero mai essere usati per friggere, mentre sono ottimi per condire le insalate. Oli meno insaturi come l'olio di palma, di canola e di oliva sono quasi perfetti per friggere dato che hanno un alto contributo in monoinsaturi, mentre l'olio di soia deve essere usato con cautela a causa della maggiore quantità di acidi grassi polinsaturi. L'olio di oliva ha un aroma unico per friggere verdure e carne.

Il riutilizzo di olio per friggere può generare nuovi aromi, spesso spiacevoli, caratteristici dello specifico olio usato. Il principale prodotto di ossidazione degli acidi grassi appartenenti alla famiglia n-9, come l'acido oleico, è il nonanale, mentre l'esanale è predominante nell'ossidazione degli acidi grassi n-6 e il propanale in quella degli acidi grassi n-3.

La presenza nei grassi e negli oli di componenti minori influenza nel bene e nel male la loro stabilità ossidativa: i fosfolipidi agiscono come antiossidanti, soprattutto se in combinazione con la vitamina E; i carotenoidi, i pigmenti giallo-rossi presenti nella maggior parte degli oli, e i loro derivati ossigenati hanno una ben documentata proprietà antiossidante; composti fenolici sono fra i più abbondanti antiossidanti da fonti naturali e giocano un ruolo importante nella protezione degli oli dall'ossidazione. I più importanti derivati fenolici nell'olio di oliva includono l'oleuropeina, il tirosolo, l'idrossitirosolo e alcuni lignani. La clorofilla, anch'essa presente, al buio funziona da antiossidante, ma in presenza di luce funziona da fotosensibilizzatore e catalizza la foto-ossidazione dei lipidi.

laurico (fino a 45 g/100 g) e di grassi saturi a media catena in generale, come l'olio di palma (50% di grassi saturi). I livelli più alti di acido linoleico sono contenuti nell'olio di soia (50% degli acidi grassi totali) e nell'olio di semi di girasole (66%), del quale è disponibile anche una varietà ad alto tenore di oleico (fino all'83% degli acidi grassi totali).

Il contenuto negli oli vegetali di omologhi della vitamina E (tocoferoli e toco-trienoli) è variabile e dipende dalla pianta oltre che dalla procedura di estrazione (Tabella 3.3). L'olio di mais e l'olio di soia sono generalmente i più ricchi di questi composti.

Olio di soia

È al primo posto nella produzione mondiale di oli di semi e viene estratto da numerose varietà di soia (*Glycine soja*, *Soja ispida* e così via), leguminose originarie

dell'Asia. Apporta entrambi gli acidi grassi essenziali, sia l'acido linoleico che l' α -linolenico. La presenza di concentrazioni elevate dell'n-3 essenziale lo rende suscettibile alle variazioni di temperatura e quindi poco adatto alla cottura a temperatura elevata. La riduzione del contenuto di ALA lo rende più stabile. Contiene anche steroli in discrete quantità e fosfolipidi, in particolare la lecitina, oltre a livelli relativamente elevati di tocoferoli e tocotrienoli.

Olio di mais

È estratto dai germi della *Zea mays*, è praticamente insapore e adatto per condire. È il più ricco in acido linoleico (fino a più del 60% degli acidi grassi totali) e contiene anche una buona percentuale di monoinsaturi. Ha un contenuto elevato in omologhi della vitamina E.

Olio di semi d'arachide

È estratto dai semi della pianta *Arachis hypogaea*, una leguminosa. Può contenere acido oleico in quantità simili all'olio di oliva. È piuttosto stabile alle alte temperature e quindi adatto alla frittura.

Olio di semi di girasole

Ricavato dai semi dell'*Heliantus annuus*, della famiglia delle composite, contiene una percentuale piuttosto elevata di acidi polinsaturi e per questa ragione è facilmente soggetto a irrancidimento e poco adatto alla frittura.

Esistono oli che provengono da piante di girasole geneticamente modificate, più stabili alle alte temperature e utilizzati per la frittura.

Olio di semi di lino

Il lino è una pianta erbacea perenne, appartenente alla famiglia delle linacee, coltivata su vasta scala dai tempi più antichi. I suoi semi hanno forma ovale, di colore rosso scuro, lisci al tatto e lucidi, e sono una fonte eccellente di nutrienti, soprattutto di acido α -linolenico, il cui apporto con la dieta è raccomandato in prevenzione cardiovascolare. I semi di lino contengono anche fibre, lignina, manganese, magnesio e antiossidanti, che hanno effetti favorevoli sul metabolismo degli zuccheri e dell'insulina, oltre che sul profilo lipidico (Oomah et al., 2009). Trovano comunemente impiego come ingredienti nei cereali di uso comune durante la colazione, nel pane e in altri prodotti da forno.

L'olio di semi di lino è estratto dai semi della pianta *Linum usitatissimum* e ha un sapore caratteristico di noce, leggermente amarognolo. Presenta tutte le caratteristiche dei semi dal punto di vista della composizione in grassi ed è l'olio in assoluto più ricco di acido α -linolenico. È particolarmente instabile al calore e all'aria.

Olio di sesamo

È estratto dai semi del *Sesamum indicum* e ha un sapore e un odore particolare, molto apprezzati nella cucina orientale.

Qual è la porzione consigliata di grassi?

Una dose (QB) di grassi da condimento è costituita da 10 g di olio (un cucchiaino da tavola), o da 10 g di burro o 10 g di margarina. Ogni giorno il consumo di condimenti dovrebbe essere limitato a 3 dosi.

Olio di colza

Si ricava dai semi della *Brassica napus oleifera* e della *Brassica campestris*, della famiglia delle brassicaceae. In origine conteneva livelli elevati di acido erucico (fino al 50%), un omologo superiore dell'acido oleico, cardiottossico, che è stato drasticamente ridotto negli ultimi decenni.

Una miscela di acido erucico e acido oleico costituisce il cosiddetto *Olio di Lorenzo*, utilizzato sperimentalmente nel trattamento dell'adrenoleucodistrofia, una rara patologia neurodegenerativa.

Olio di palma

È estratto dal frutto della palma *Elaeis guineensis*. È ricco in acidi saturi a lunga catena, in particolare in acido palmitico. Il suo elevato "punto di fumo" lo rende particolarmente adatto alle frittiture.

Olio di palmisti

È estratto dai semi della palma *Elaea guineensis* e, come l'olio di palma, è ricco in grassi saturi ma a catena più corta.

Olio di cocco

Il cocco è il più grande seme al mondo e l'olio che si estrae dalla polpa in esso contenuta è molto stabile a temperatura ambiente e resistente all'irrancidimento.

3.2.2 Burro

A differenza degli oli di origine vegetale, il burro è costituito per l'83% da grassi, per oltre il 50% saturi a catena corta e media, e per il 14% da acqua. Contiene inoltre circa 250 mg/100 g di colesterolo. Il burro è una buona fonte di vitamina A.

In relazione alla percentuale di acqua, il valore energetico del burro è inferiore a quello di tutti gli oli vegetali (758 kcal/100 g) ma a causa del contenuto in grassi saturi e colesterolo se ne consiglia un uso limitato, per poter contenere l'apporto di grassi saturi con la dieta entro il 10% delle calorie totali giornaliere.

4.1 Amminoacidi e proteine

Le proteine sono una classe di macrocomponenti dei sistemi viventi e come tali sono presenti anche negli alimenti. Sono polimeri con un peso molecolare molto variabile (da circa 5000 g/mol o daltons a molti milioni) costituiti da α -amminoacidi, legati tra loro da un solo tipo di legame detto legame peptidico. Corte catene di amminoacidi vengono chiamate peptidi.

Le proprietà e le funzioni di una particolare proteina dipendono dalla precisa sequenza secondo la quale sono legati tra loro i suoi amminoacidi, che è specifica per quella proteina. È sufficiente che un singolo amminoacido sia fuori posto perché la proteina perda la sua attività biologica.

Nel mondo vivente sono presenti più di cinquecento amminoacidi, ma solo 20 di questi entrano a far parte delle proteine. La loro struttura generale è $(R-CHNH_2COOH)$, dove l'atomo di carbonio centrale (C), chiamato carbonio α , è legato a un idrogeno (H), a una catena laterale (R), a un gruppo amminico (NH_2) e a un gruppo carbossilico ($COOH$).

Ciò che caratterizza ogni particolare amminoacido è proprio l'atomo di carbonio centrale, al quale sono legati quattro gruppi diversi fra loro, ad eccezione della glicina, nella quale anche R è un idrogeno.

Quest'atomo di carbonio con quattro sostituenti diversi, detto impropriamente carbonio asimmetrico, fa sì che gli amminoacidi proteici, esclusa la glicina, siano chirali e, come gli zuccheri, presentino attività ottica (per una trattazione più esauriente di questo aspetto si veda la voce zuccheri).

Un fatto molto importante della chimica delle proteine è che tutti gli amminoacidi isolati dalle proteine umane e da altri organismi superiori, hanno la configurazione L al carbonio asimmetrico.

I D-amminoacidi si trovano invece nelle pareti cellulari dei microrganismi, per esempio dei lattobacilli, per cui possono passare negli alimenti per lisi cellulare.

Percentuali elevate di D-amminoacidi (aspartico, glutammico e alanina) si trovano ad esempio nel parmigiano reggiano, nello yogurt e, in misura minore, nel latte. Per

quanto riguarda il parmigiano reggiano, va sottolineata un'interessante correlazione tra stagionatura e rapporto D/L per l'acido glutammico. Gli stessi D-amminoacidi sono presenti in quantità apprezzabili anche nei vini d'annata e nell'aceto.

Oltre ai 20 amminoacidi comuni (proteici) si conosce l'esistenza in natura di oltre 500 amminoacidi sia liberi, sia in forma combinata. Alcuni amminoacidi non proteici, che sono precursori importanti o intermedi del metabolismo, si trovano in una straordinaria varietà di strutture, alcune decisamente curiose, nei funghi e nelle piante.

Il legame peptidico tra due α -amminoacidi si forma per la perdita di una molecola d'acqua nella reazione tra il gruppo amminico di un amminoacido e il gruppo carbossilico di un altro.

Un soggetto adulto può sintetizzare tutti i 20 amminoacidi proteici tranne otto, che devono necessariamente essere assunti con la dieta e sono detti essenziali. Dalla presenza di tutti gli amminoacidi essenziali in proporzioni ottimali dipende il valore dietetico di una proteina. Se infatti manca nella dieta anche un solo amminoacido essenziale, la sintesi delle proteine si arresta: quell'amminoacido, infatti, non può essere sostituito da nessun altro e i restanti amminoacidi vengono degradati con perdita di azoto nelle urine. A livello teorico, quindi, la definizione "ad alto valore biologico" attribuita a una proteina dovrebbe essere un indicatore della correlazione tra il contenuto di amminoacidi della proteina alimentare stessa e il fabbisogno dei diversi amminoacidi dell'organismo umano. Nella nutrizione umana le proteine animali sono per la maggior parte ad alto valore biologico e vengono pertanto definite nobili. Fa eccezione tra queste il collagene, che è carente dell'amminoacido essenziale triptofano.

Diversa è la situazione per le proteine di origine vegetale, a basso valore biologico, in quanto spesso carenti in uno o più amminoacidi essenziali. È questo il caso dei cereali come il frumento che, essendo carenti in lisina e treonina, hanno un valore biologico del 50% rispetto al latte. D'altra parte i legumi, come la soia e i piselli, hanno elevati livelli di lisina, ma scarseggiano invece di metionina. Una dieta contenente sia cereali che legumi può ovviamente compensare le carenze nutrizionali dei due componenti assunti singolarmente. È importante ricordare, tuttavia, che alla carenza di lisina e metionina in alcuni alimenti può essere associata una riduzione ulteriore delle proprietà nutrizionali di questi due amminoacidi, a causa della loro tendenza a dare reazioni quando gli alimenti vengono conservati o trattati.

Ad esempio, la reazione di Maillard (vedi capitolo 1) fra il gruppo amminico della lisina in una proteina e uno zucchero riducente, comporta la perdita della lisina. Operando ad alte temperature, specialmente in condizioni alcaline, anche altri amminoacidi subiscono cambiamenti nella loro catena laterale, che si traducono in perdita nutrizionale. Ad esempio, la formazione di nuovi legami fra catene peptidiche vicine riduce l'accesso di enzimi proteolitici e, di conseguenza, anche la digestione e l'assimilazione della proteina.

Alcuni aspetti degli amminoacidi sono particolarmente interessanti in relazione al cibo. In primo luogo essi, come già ricordato, partecipano alle reazioni di imbrunimento che generano gli aromi durante la cottura (reazione di Maillard, capitolo 1).

In secondo luogo gli amminoacidi, come tali o sotto forma di corti peptidi, hanno di per sé sapore; basti pensare all'acido glutammico, responsabile del gusto

di umami o gusto di carne tipico della cucina orientale. Nel caso degli amminoacidi contenenti zolfo, le note di aroma di uova o di carne si liberano a seguito della degradazione dovuta al riscaldamento. Infine, in alcuni alimenti, come ad esempio i formaggi stagionati e i salumi, sono presenti amminoacidi in forma libera, originati da trasformazioni enzimatiche delle proteine dell'alimento.

Le proprietà e le funzioni di ogni proteina dipendono dalla struttura tridimensionale della molecola, a sua volta dipendente dalla sequenza amminoacidica specifica per quella proteina e dai legami che si instaurano fra i residui R degli amminoacidi. La cisteina, ad esempio, stabilizza la struttura terziaria di molte proteine; il gruppo tiolo (SH) della sua catena laterale può formare legami (ponti disolfuro S-S) con altre cisteine poste in altri punti della molecola. A seconda poi del tipo di amminoacido e della struttura tridimensionale, le proteine trattengono all'interno o sulla superficie un numero variabile di molecole d'acqua.

Quando la proteina perde la sua struttura tridimensionale, perde anche la sua attività biologica. Questo fenomeno, detto denaturazione, può essere indotto dal calore, da variazioni di pH, da azioni meccaniche (sbattimento, impastatura) o dall'essiccazione ed è spesso irreversibile, tale cioè che la proteina non possa più tornare nello stato nativo. Ne è un esempio il bianco o albume d'uovo: quando l'uovo viene scaldato le proteine contenute nell'albume si denaturano formando un gel, nel quale restano intrappolate le molecole di acqua.

La denaturazione delle proteine indotta dal calore ha degli effetti sicuramente positivi sull'alimento: ne aumenta innanzitutto la digeribilità e ne difende le proprietà organolettiche inattivando enzimi proteolitici sia dell'alimento stesso, che di popolazioni microbiche contaminanti. Le reazioni catalizzate da questi enzimi sono causa di processi putrefattivi e dello sviluppo di odori sgradevoli.

Oltre alle proteine con attività enzimatica, quelle cioè che catalizzano tutte le reazioni degli organismi viventi, vi sono le proteine con funzioni di trasporto o immagazzinamento (come, ad esempio, l'emoglobina e la mioglobina che legano l'ossigeno), di difesa (come le immunoglobuline o gli anticorpi), strutturale e di funzione meccanica (come il collagene e l'elastina dei tessuti connettivi o le cheratine dei capelli) e contrattili (come l'actina e la miosina muscolari).

Altre proteine hanno una funzione nutrizionale, sia perché sono responsabili della trasmissione dei nutrienti dalla madre alla prole (come la caseina del latte), che perché fungono da riserva (proteine dei semi delle piante o delle uova degli uccelli). La loro tendenza a formare aggregati più o meno definiti ha grande rilevanza dal punto di vista biologico, poiché consente di concentrare grandi quantità di nutrienti evitando i problemi di pressione osmotica associati ad alte concentrazioni di soluti. Nelle proteine con funzione nutrizionale le caratteristiche fisiche passano in secondo piano rispetto alla composizione chimica. Così per il glutine, la principale proteina del frumento, la ricchezza in glutammina (un amminoacido con un atomo di azoto nella catena laterale) fa sì che esso abbia un contenuto in azoto più alto rispetto ad altre proteine.

Perché l'organismo possa utilizzare gli amminoacidi presenti nelle proteine della dieta è indispensabile che queste vengano degradate. È necessaria quindi l'azione di enzimi che, prima nello stomaco, poi nell'intestino tenue, rompano i legami peptidici liberando gli amminoacidi, che potranno essere assorbiti dalle cellule della mucosa

intestinale e rilasciati nel flusso sanguigno. Al *pool* di amminoacidi biodisponibili per le necessità dell'organismo contribuiscono per il 10% circa anche gli amminoacidi derivanti dalla degradazione (catabolismo) delle proteine dei nostri tessuti. Questo processo gioca un ruolo essenziale nel rinnovamento di cellule vecchie o ridondanti. Il *pool* di amminoacidi plasmatici è utilizzato a sua volta, non solo per la sintesi di nuove proteine, ma anche per la sintesi di altre molecole di natura diversissima tra loro, indispensabili al mantenimento dell'equilibrio metabolico, come gli acidi nucleici, gli ormoni, i neurotrasmettitori, i composti antiossidanti. Idealmente, le proteine della dieta dovrebbero fornire amminoacidi in quantità e proporzioni adeguate alle necessità dell'organismo ma, in pratica, questo non si verifica. Il fegato infatti modifica gli amminoacidi di origine alimentare rilasciandone in circolo, a disposizione dell'organismo, altri adeguati per quantità e proporzioni alle necessità metaboliche. Quando, come spesso succede tra le popolazioni dei paesi occidentali, l'assunzione di proteine della dieta eccede il fabbisogno per la sintesi proteica e per le altre vie biosintetiche, gli amminoacidi in eccesso vengono degradati a livello epatico e gli atomi di carbonio che ne derivano vengono ossidati a scopo energetico o convertiti in zuccheri, rilasciati poi in circolo o immagazzinati come riserva. L'azoto liberato sotto forma di ammoniaca è invece convertito in urea, che viene escreta con le urine.

4.2 Organizzazione delle proteine nei cibi

4.2.1 Il latte

Il latte è una secrezione polifasica della ghiandola mammaria ed è costituito approssimativamente da lattosio (5%), da proteine (3,2%), da lipidi (4%) e da minerali (0,7%). Il valore nutrizionale del latte e dei prodotti da esso derivati è dovuto alla presenza di questi composti. Nel latte vi sono anche dei componenti che possono dare protezione immunologica e sostanze biologicamente attive per neonati e adulti. Si dice che è specie-specifico, poiché in tutte le specie di mammiferi la sua composizione risponde al bisogno di nutrienti per i neonati nel primo periodo della crescita, nel quale il latte è il solo alimento ed è un cibo completo.

Il più utilizzato nell'alimentazione umana è il latte di mucca domestica (*Bos taurus*), che rappresenta un'importante fonte di proteine, ma sono importanti anche il latte di pecora (*Ovis aries*) e il latte di capra (*Capra hircus*).

Il latte è una soluzione acquosa di proteine, zuccheri (lattosio), vitamine e minerali, soprattutto calcio sotto forma di fosfato, oltre a globuli di grasso in emulsione. Le proteine del latte sono ad altissimo valore biologico. In particolare le proteine del siero, grazie all'altissimo contenuto in amminoacidi ramificati (amminoacidi essenziali), hanno un valore biologico addirittura più alto di quello dell'uovo.

Le proteine del coagulo (che si forma per acidificazione del latte o per via enzimatica) sono rappresentate dalle caseine, che costituiscono nel latte vaccino l'80% delle proteine totali. Si tratta di proteine fosforilate (legate cioè a molecole di acido fosforico) in grado di legare ioni calcio, che quindi non sono solo importanti dal punto di vista nutrizionale ma che rappresentano una fonte di calcio.

Il latte materno, una fonte ricca di opportunità

Nei trecento giorni trascorsi da un canguro neonato nel marsupio della madre fino allo svezzamento, il latte che esso beve varia di settimana in settimana. Dopo sessanta giorni, questo è ricco in peptidi contenenti asparagina, che favoriscono lo sviluppo del cervello, dopo novanta il latte è ricco di amminoacidi solforati quali la metionina e la cisteina, che favoriscono la crescita dei follicoli del pelo e delle unghie. Anche il latte umano cambia, anche se non in modo così drammatico e in un periodo di tempo più limitato. Dal colostro dei primi giorni dopo il parto, povero di grassi e ricco di carboidrati, proteine e anticorpi e facile da digerire, si passa al latte di transizione, con meno proteine e sali minerali, nel quale si concentrano progressivamente zuccheri e lipidi, fino ad arrivare al latte maturo. La composizione in nutrienti del latte cambia anche nell'arco della giornata e nel corso della singola poppata, arricchendosi di lipidi verso la fine, favorendo il senso di sazietà del lattante.

Recentemente è stata osservata una differenza nella composizione del latte al seno anche in base al sesso del neonato (Powe et al., 2010); quello assunto dai maschi è più ricco in grassi e proteine di quello assunto dalle femmine. In termini evolutivisti, questa osservazione suggerisce che le madri investono maggiormente nella nutrizione dei maschi.

Anche gli ingredienti bioattivi del latte variano nel tempo e in funzione del neonato. Attraverso le tecniche analitiche di spettrometria di massa sono stati individuati più di 200 oligosaccaridi che non hanno apparentemente una funzione nutritiva, ma che favoriscono la formazione di specie microbiche benefiche, quali il *Bifidobacterium infantis*, che proteggono il neonato dalla diarrea e inibiscono direttamente batteri dannosi e virus.

Nonostante i progressi tecnologici che hanno portato al progressivo miglioramento del latte artificiale (formula), tutte le organizzazioni internazionali, comprese la FAO e l'OMS raccomandano esclusivamente l'allattamento al seno per l'alimentazione del bambino durante i primi sei mesi di vita, fino allo svezzamento. Infatti, nonostante le differenze attribuibili a quantità e qualità della dieta e allo stile di vita materno, la quantità media giornaliera di latte prodotta è simile tra popolazioni di donne con diverse condizioni culturali e socioeconomiche (Prentice et al., 1983; Koletzko et al., 1992). Per questo motivo, l'allattamento esclusivo al seno viene raccomandato anche nei paesi non ancora completamente industrializzati, nei quali il latte materno assicura al neonato un alimento ottimale dal punto di vista igienico.

Il latte materno, oltre al già menzionato effetto protettivo grazie al contenuto di quantità elevate di anticorpi generati dalla madre, apporta anche composti immunoattivi, comprese le citochine antinfiammatorie, quale l'IL-10, i fattori di crescita e gli enzimi antimicrobici come il lisozima.

Più variabile sembra essere il contenuto di acidi grassi polinsaturi e soprattutto di DHA, essenziale per la crescita e per lo sviluppo di cervello e retina, i cui livelli nel latte sono influenzati dalla dieta materna oltre che da aspetti dello stile di vita (sono ridotti ad esempio nel latte di fumatrici).

Le altre proteine (albumina, lattoglobulina, lattalbumina) sono invece presenti nel siero in proporzione diversa rispetto alle caseine nei diversi tipi di latte. Nel siero bovino si trovano la α -lattalbumina, la β -lattoglobulina, l'albumina di siero di bue, l'immunoglobulina, la lattoferrina e la transferrina. Vi sono inoltre piccole quantità di proteine secondarie e di peptidi con attività di tipo ormonale o con altre proprietà fisiologiche.

Il latte materno contiene in più le immunoglobuline (anticorpi) in grado di proteggere il neonato durante il periodo dell'allattamento al seno.

Nel latte sono presenti anche peptidi oppioidi, quelli che dal punto di vista farmacologico hanno una somiglianza con l'oppio, rappresentati dalla morfina, che derivano dalle caseine. Peptidi oppioidi sono stati generati in vitro per digestione enzimatica di β -caseine presenti nel latte vaccino, di bufala e di pecora; quando vengono iniettati endovena hanno effetto analgesico e sedativo.

Il latte bovino è una fonte di calcio e fosforo importante per l'uomo. Le micelle dei residui delle caseine contengono infatti quantità significative di questi minerali. La caseina è una proteina coniugata con un gruppo fosfato esterificato ai residui di serina. La quantità di calcio associato alla caseina dipende dal contenuto in fosfato.

La maggior parte della caseina si trova sotto forma di micelle che trasportano grandi quantità di calcio e fosforo insolubili e coagulano nello stomaco.

I prodotti a base di latte contengono anche peptidi ai quali recentemente è stata attribuita attività antipertensiva e che sono stati proposti come cibi funzionali naturali, in grado di contribuire al controllo della pressione sanguigna.

Le proteine del siero costituiscono a loro volta circa il 20% delle proteine totali del latte. Queste proteine non sono coagulate dagli acidi e resistono all'azione della chimotripsina. Molte possiedono proprietà fisiologiche; il siero bovino contiene proteine in grado di legare metalli, fattori della crescita e ormoni.

Vi sono poi le proteine minori del siero, quali la lattoferrina, la lattoperossidasi, lisozima e immunoglobuline, che vengono classificate come proteine antimicrobiche. Le immunoglobuline sono presenti in alte concentrazioni nel colostro bovino e umano. Nel latte, inoltre, si trovano alcune sostanze bioattive naturali: oligosaccaridi, oligosaccaridi fucosilati, ormoni, fattori della crescita, mucina, gangliosidi e peptidi endogeni. Molte delle proprietà fisiologiche dei componenti bioattivi del latte sono state studiate in vitro o su modelli animali e devono ancora essere verificate nell'uomo.

La coagulazione del latte per la caseificazione avviene mediante l'uso di chimosina di origine bovina o ovina e, più recentemente, proveniente da microrganismi geneticamente modificati.

La preparazione e la maturazione dei formaggi comprendono essenzialmente processi enzimatici che coinvolgono principalmente due soli tipi di enzimi: le proteinasi, come coagulanti in tutti i formaggi preparati dal caglio, e le lipasi.

Il colore e l'aroma dei latticini sono influenzati dalla qualità del foraggio: diete ricche in erba danno prodotti più gialli a causa del β -carotene in essa presente, mentre diete ricche in mais o fieno portano a prodotti molto chiari. Durante la preparazione del fieno, infatti, il β -carotene si degrada e per questa ragione il latte e i formaggi prodotti da bestiame nutrito d'inverno, al chiuso, con fieno sono più chiari di quelli prodotti da bestiame tenuto d'estate al pascolo sui prati.

Le erbe dei pascoli in altura apportano al latte anche componenti volatili diverse rispetto a quelle di pianura, dando luogo a differenze significative fra i formaggi a seconda delle caratteristiche geografiche della zona di produzione.

4.2.2 L'uovo

L'uovo di gallina (*Gallus domesticus*) è composto da una parte ad alto tenore lipidico e una a elevato contenuto di proteine.

Il tuorlo d'uovo, infatti, contiene solo il 16% di proteine, mentre per il resto è costituito da lipidi, principalmente triacilgliceroli (65%), glicerofosfolipidi (28%) e colesterolo (5%). Gli acidi grassi presenti nei glicerofosfolipidi dell'uovo possono essere insaturi e lo rendono fonte di acidi grassi essenziali e polinsaturi a più lunga catena, soprattutto acido arachidonico. Grazie alle loro proprietà tensioattive (emulsionanti), i glicerofosfolipidi (ad esempio la lecitina), una volta completamente purificati, possono essere usati per la preparazione di emulsioni di lipidi in acqua, utilizzate nella fabbricazione di additivi alimentari.

Il bianco d'uovo o albume è composto da acqua oltre che da proteine (11-13%), in buona parte glicoproteine, nelle quali cioè alcuni amminoacidi sono legati a molecole di zuccheri. Tra queste la più abbondante è l'ovoalbumina, che si denatura facilmente per riscaldamento in seguito alla formazione di ponti disolfuro tra diversi residui di cisteine, dando il gel rigido del bianco d'uovo cotto, a tutti familiare.

Altre glicoproteine contenute nell'albume sono l'ovomucoide e la conalbumina (ovotransferrina), che lega facilmente metalli. Per questa ragione, quando si montano a neve i bianchi d'uovo, è preferibile batterli in recipienti di vetro o di plastica, per evitare che tracce di metallo possano interferire con la formazione della schiuma.

L'ovomucoide invece è una proteina termostabile che protegge l'embrione dagli enzimi proteolitici e conferisce all'albume la sua alta viscosità.

Dal punto di vista nutrizionale, le uova sono state a lungo guardate con sospetto. Quello che un tempo era considerato un alimento di grande valore, fonte di nutrienti in grado di sostenere la vita, ha incominciato ad essere considerato in modo diverso a causa dell'alto contenuto di colesterolo e, ancora peggio, a causa della potenziale contaminazione da salmonella.

Numerosi studi tuttavia hanno dimostrato che anche 4 uova al giorno hanno soltanto un modesto effetto sul colesterolo ematico, anche se ogni uovo contiene 213 mg di colesterolo. Ricerche condotte su differenti fonti alimentari di colesterolo

La ricetta per un perfetto uovo in camicia

Un controllo preciso della temperatura permette di realizzare tutta una serie di cotture altrimenti impensabili. Per esempio, un uovo può essere cotto in acqua alla temperatura di 52°C, alla quale l'albume solidifica, mentre il tuorlo rimane fluido: un modo per preparare l'uovo in camicia perfetto.

hanno dimostrato che, in soggetti con colesterolemia normale, il colesterolo assunto con la dieta contribuisce in maniera trascurabile a determinare i livelli circolanti. Tuttavia, l'American Heart Association e l'American Medical Association consigliano di non mangiare più di 4 uova alla settimana.

Per quanto riguarda la *Salmonella enteritidis*, questa si può trovare sul guscio dell'uovo e può penetrare attraverso i pori all'interno, dove, nell'albume, trova come inibitori naturali le già citate albumina e ovotransferrina, oltre ad avidina e lisozima. Per eliminare i rischi di patogeni sono state messe a punto delle tecnologie che consentono di pastorizzare il guscio delle uova.

La possibilità di influenzare la composizione delle uova modificando il mangime delle galline o il tipo di allevamento ha portato negli ultimi decenni all'utilizzo delle uova come cibi funzionali. Sono in commercio addirittura uova arricchite in vitamina E e DHA (della serie n-3), che viene facilmente incorporato nel tuorlo quando la chioccia è nutrita con olio di pesce o altre fonti di questo acido grasso (Stadelman, 1999).

4.2.3 La carne

La struttura del tessuto muscolare è estremamente complessa ed è trattata in modo esauriente in testi di fisiologia e biochimica. Le unità contrattili del muscolo sono le fibre muscolari, la cui architettura è costituita dalla complessa organizzazione in miofibrille di due tipi di proteine deputate alla contrazione: l'actina e la miosina. L'acqua del tessuto muscolare (dal 55 all'80% in peso) è in gran parte localizzata negli spazi tra i filamenti delle miofibrille e, in parte minore, è direttamente legata alle proteine del muscolo. Ogni muscolo è circondato da uno strato di tessuto connettivo, costituito quasi esclusivamente da un'unica proteina, il collagene, che contiene e sostiene i tessuti contrattili del muscolo e alle sue estremità fornisce le connessioni con lo scheletro. Il collagene, a sua volta, è formato da tropocollagene, una proteina allungata formata da tre catene polipeptidiche avvolte a spirale l'una sull'altra e collegate tra loro da legami deboli (legami a idrogeno). Più molecole di tropocollagene si associano in fibre mediante legami trasversali molto stabili il cui numero aumenta con l'invecchiamento. È esperienza comune che la carne di un animale giovane sia più tenera di quella di un animale adulto, in cui vi è un maggior numero di legami trasversali piuttosto che una maggior quantità di tessuto connettivo. D'altra parte, minore è il tessuto connettivo in un animale, più tenera è la carne; così il tessuto connettivo nel filetto è un terzo di quello della carne da stufato. La cottura allenta i legami trasversali e consente la solubilizzazione del collagene che, per successivo raffreddamento, si trasforma in gelatina. Il valore nutrizionale della gelatina è molto basso perché, come già accennato, il collagene manca completamente di triptofano, uno degli otto amminoacidi essenziali.

La marinatura della carne

La marinatura della carne con vino rosso, origano, cipolla, limone, rosmarino e sale è una tipica tradizione dei popoli mediterranei per rendere tenera la carne. L'effetto principale è dovuto all'etanolo, agli acidi organici e ai polifenoli contenuti nel vino ed è stato confermato da parecchi studi volti a ottenere una carne tenera e succosa, senza provocare cambiamenti indesiderati di colore e sapore. I meccanismi alla base dell'aumentata morbidezza sono generalmente collegati alla capacità di trattenere l'acqua degli agenti utilizzati per intenerire la carne (*Water Holding Capacity*, WHC) e al rigonfiamento delle microfibrille. Acidi come l'aceto, il succo di limone o il vino sono ingredienti molto usati nella marinatura perché rendono tenera la carne, mettendo in gioco una maggiore proteolisi e un'aumentata conversione del collagene in gelatina.

Anche il valore del pH è importante per la capacità di rigonfiamento delle proteine miofibrillari: se basso (o anche alto) aumenta la WHC con un effetto positivo sulla consistenza della carne. La marinatura alcalina è molto usata nella cucina cinese e indiana; ad esempio, il trattamento con bicarbonato provoca rigonfiamento e fusione delle miofibrille.

La proteolisi delle proteine della coscia suina ad opera di endo- ed esopeptidasi endogene genera oligopeptidi e amminoacidi. Nel prosciutto, una corretta proteolisi assicura aroma, gusto e digeribilità. Gli enzimi naturalmente presenti favoriscono la formazione dei legami peptidici fra gli amminoacidi lipofili e l'acido glutammico, generando dipeptidi dal piacevole gusto di carne (umami). La proteolisi eccessiva però comporta rammollimento, accompagnato da uno sgradevole retrogusto amaro, derivante dagli L-amminoacidi liberi.

4.2.4 Il pesce

Nei pesci la miosina e le altre proteine fibrose sono più sensibili al calore rispetto alle controparti animali: mentre la carne incomincia a restringersi e a perdere acqua a 60-70°C, la maggior parte dei pesci lo fa a temperature più basse. I molluschi, essendo ricchi in collagene così come gli squali e le razze, hanno maggiore resistenza agli effetti del calore. Alcuni pesci (tonno, salmone, sardine) vanno comunque cotti rapidamente a temperature più alte per inattivare gli enzimi proteolitici che altrimenti li sbriciolerebbero. Per evitare questo inconveniente anche la marinatura, ad esempio con salse acide, deve essere breve.

L'odore del pesce

L'odore del pesce è essenzialmente dovuto alla trimetilammina ($(\text{CH}_3)_3\text{N}$), un composto strutturalmente analogo all'ammoniaca. Nel corpo del pesce sono presenti grandi quantità del corrispondente N ossido, che agisce da *anticongelante* naturale e che, dopo la morte, si riduce a trimetilammina (una base). Quest'ultima, che ha un punto di ebollizione di $3,5^\circ\text{C}$ è molto volatile, per cui se ne avverte facilmente l'odore sgradevole. Un buon sistema per attenuare l'odore è quello di rendere la trimetilammina meno volatile, salificandola con l'acidità del succo di limone (una tipica reazione acido-base).

4.3 Fonti di proteine nell'alimentazione umana

4.3.1 La carne

La carne magra è costituita per circa il 75% da acqua, il 20% da proteine, oltre a sali minerali (1%), vitamine (0,5%) e grassi (3%), in diversi tipi di tessuto: a) muscolare, costituito da fibre tenute assieme da actina e miosina che sono le proteine del movimento e b) connettivo. Le cellule di grasso si disperdono fra gli altri due tessuti. I grassi della carne, oltre che per quantità variano anche per qualità: sono ad esempio più ricchi in acidi grassi insaturi nel pollame e nei tagli magri di suino rispetto ai bovini, e quindi più digeribili e caratterizzati da un profilo nutrizionale più favorevole.

La proteina maggiormente presente nel tessuto connettivo è il collagene, che costituisce circa un terzo di tutte le proteine dell'animale ed è concentrato nella pelle, nei tendini e nelle ossa; quando viene scaldato in acqua si trasforma in gelatina.

Il colore delle carni è dovuto alla mioglobina, una proteina che al pari dell'emoglobina, contiene un ferro eme (un complesso chimico contenente un atomo di ferro), la cui funzione fisiologica è quella di accumulare ossigeno nei muscoli. La mioglobina ha un colore violetto, che diventa rosso intenso quando lega una molecola di ossigeno, mentre il ferro eme è presente come Fe^{2+} . Se vi è poco ossigeno disponibile, il ferro ione cede un elettrone trasformandosi in Fe^{3+} e il colore della carne diventa scuro in seguito alla formazione di metamioglobina.

Il bilancio tra la forma violetta e la forma rossa della mioglobina ferro Fe^{2+} dipende dalla pressione di ossigeno. In cucina si possono osservare facilmente i drastici cambiamenti di colore semplicemente tagliando un pezzo di carne di manzo: appena l'interno, violetto, è esposto all'aria, esso diventa subito rosso ciliegia, come del resto un pezzo di carne conservato sotto vuoto ed esposto all'ossigeno dell'aria. Per questo motivo, il colore della carne fornisce informazioni sul suo stato di conservazione: una persistente colorazione marrone indica un accumulo di metamioglobina, corrispondente a una carne difficile da masticare e con aroma sgradevole.

I muscoli degli animali giovani hanno un colore più pallido perché contengono lo 0,3% in peso di mioglobina, molto meno quindi degli animali adulti. La carne di

Effetto dell'alimentazione animale sul gusto della carne

Molti studi hanno dimostrato che la composizione in acidi grassi del tessuto grasso della carne riflette la composizione in acidi grassi dei mangimi. Ma anche altre caratteristiche dei mangimi possono modificare la qualità dei prodotti di origine animale. Diete ricche in cereali ad alta densità energetica conferiscono alle carni rosse un gusto più gradevole e più intenso. D'altra parte, l'utilizzo nella dieta di ingredienti come prodotti ittici e soia può alterare il gusto della carne.

Anche le condizioni di allevamento degli animali svolgono un ruolo importante. Animali che pascolano liberamente, come i maiali spagnoli o il bestiame che bruca l'erba degli altipiani con alti contenuti di tocoferolo, daranno carni di migliori qualità e più ricche di antiossidanti, con evidenti vantaggi per la successiva conservazione e cottura.

bue ne contiene il triplo rispetto a quella del maiale, che ha per questo un colore molto più chiaro.

L'invecchiamento della carne è dovuto in larga misura all'azione di enzimi, che sono anche responsabili della formazione di aromi. Essi scindono le proteine per dare gustosi amminoacidi, trasformano il glicogeno in glucosio e danno origine ad acidi grassi aromatici.

Altri enzimi, a loro volta, contribuiscono a rendere la carne più tenera rompendo i legami trasversali che legano fra di loro le fibre del collagene. Se il riscaldamento è graduale, questi enzimi possono restare attivi per lungo tempo prima di denaturarsi e continuano a generare sostanze aromatiche.

Il danno chimico più importante subito dalla carne è dovuto all'azione combinata dell'ossigeno e della luce, che rompono le catene dei grassi in frammenti più piccoli, provocando lo sgradevole odore di rancido. Questo processo può essere rallentato nella carne cotta salando con quantità minime di sale e aggiungendo erbe aromatiche, contenenti antiossidanti, ad esempio il rosmarino.

4.3.1.1 Effetti del calore

Quando viene scaldata a 50°C, la miosina si denatura e la carne assume una colorazione rosata. Contemporaneamente, le proteine fibrose incominciano a denaturarsi. Quando la mioglobina è completamente denaturata e le proteine coagulate, la carne assume una colorazione scura.

Se la carne è cucinata su un barbecue, essa assume spesso una colorazione rosa poiché, per reazione con l'acido nitroso, presente in tracce con questa tecnica di cottura, si forma la nitrosomioglobina rosa (si veda l'effetto dell'aggiunta di nitrito ai salumi).

A 50°C le molecole di miosina cominciano anche ad espellere delle molecole di acqua; se si continua a scaldare, arrivati a 65°C il liquido fuoriesce; infatti a questa temperatura anche il collagene si denatura, esercitando una pressione all'interno del pezzo di carne che ne facilita l'espulsione. A temperatura ancora più alta (70°C) il collagene si trasforma infine in gelatina.

La frollatura della carne dipende dalle proteasi, enzimi che decompongono parzialmente le proteine muscolari. Preparati a base di papaina o bromelina o ficina, iniettati *ante mortem*, rendono la carne più morbida, agendo soprattutto sul collagene.

4.3.1.2 Struttura e consistenza dei cibi a base di carne

La maggior parte dei cibi sono delle miscele complesse e, di conseguenza, hanno anche proprietà fisiche complesse; il problema è reso ancora più complicato dal fatto che queste variano in maniera non lineare.

A questo si aggiungono le interazioni con la saliva e la masticazione, che non possono essere riprodotte in laboratorio. È perciò molto difficile stabilire una relazione predittiva fra proprietà fisiche e consistenza dei cibi percepiti nella bocca.

Nel caso della carne, i cambiamenti della consistenza sono correlati a tutti i cambiamenti sopra indicati legati alla denaturazione della miosina e del tessuto connettivo. Gli effetti del tempo e della temperatura sulla morbidezza della carne e sui cambiamenti della sua consistenza sono stati studiati diffusamente ma, malgrado l'utilizzo di tecniche sofisticate quali la *Differential Scanning Calorimetry* (DSC), i risultati, spesso, non hanno messo in luce alcuna correlazione con la valutazione sensoriale. Anche la modellistica della trasmissione di calore nella carne è estremamente difficile da riprodurre, dato che la carne di rado è uniforme nella dimensione e nella forma e consiste di diverse frazioni di proteine, ciascuna delle quali ha le sue proprietà termiche.

4.3.1.3 Il consumo di carne

Gli Stati Uniti costituiscono il 4,5% della popolazione mondiale, ma coprono circa il 15% del consumo mondiale della carne. In media, un americano consuma circa 330 grammi di carne al giorno, mentre il Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti consiglia una dose giornaliera di 142-184 grammi. Nei paesi in via di sviluppo la media è di 80 grammi al giorno. Il problema è complesso; mangiare meno carne, non significa automaticamente avere a disposizione una maggiore quantità di altri cibi, anche se gli animali, direttamente o indirettamente, utilizzano l'80% di tutta la superficie della terra coltivata, fornendo il 15% del fabbisogno di tutte le calorie.

Il numero di animali di allevamento nella sola Asia del Sud aumenterà in modo significativo passando dagli attuali 150 milioni di mucche e bufali a 200 milioni nel 2030, mentre nello stesso periodo i maiali e il pollame aumenteranno del 40% (Herrero et al., 2010).

La necessità di adeguate biomasse per allevare questi animali è impellente, ed è sempre più difficile bilanciare queste necessità con l'uso delle risorse disponibili (superfici libere e utilizzabili, acqua, nutrienti). È indispensabile intensificare lo studio di metodi che consentano di produrre più cibo senza usare una maggiore superficie di terra, di acqua e altre risorse. Nei paesi in via di sviluppo, alcune coltivazioni come quelle di granoturco, grano, sorgo e miglio hanno un doppio scopo: fornire cibo per gli uomini e i residui per gli animali. Lo stesso accade in India, dove i piccoli proprietari sono stati in grado di aumentare del 50% la produzione di latte di bufale e di mucche, a parità di raccolto ottenuto dalle loro col-

La carne del futuro

Mark Post, un ricercatore dell'Università di Tecnologia di Eindhoven (Olanda) sta cercando di produrre carne in vitro, facendo crescere cellule di muscoli animali in mezzi di coltura adatti. Questo consentirebbe di ottenere grandi vantaggi per quanto riguarda l'ambiente, oltre a possibili benefici contro la fame nel mondo e per la salute.

La domanda di cibo, infatti, influenza la produzione agricola; ad esempio, una dieta vegetariana richiede solo il 35% di acqua e il 45% di energia rispetto a una dieta basata sulla carne (Marlow et al., 2009). Attualmente Post utilizza normali mezzi di coltura per far crescere cellule di maiale, per arrivare a produrre molte piccole strisce che potrebbero essere usate per preparare salsicce. La sola persona che le ha assaggiate, un giornalista della televisione russa, le ha trovate gommosi e prive di gusto (Jones, 2010).

Utilizzare tecniche di questo tipo per produrre carne su scala industriale richiederebbe dei bioreattori (dispositivi che impiegano microrganismi per indurre reazioni biologiche) simili a quelli impiegati nelle aziende farmaceutiche. Si tratterebbe comunque di un processo molto costoso, se si pensa che la "carne di laboratorio" verrebbe a costare circa 3900 euro alla tonnellata, a fronte di 2100 euro per una tonnellata di carne di pollo.

tivazioni. Negli ultimi 30 anni i ricercatori hanno raddoppiato l'efficienza con cui pollame e maiali convertono il grano in carne e questo ha portato a un minore consumo di grano per unità di carne di pollame e di maiale prodotte.

Benché la diminuzione nel consumo della carne abbia dei potenziali benefici nutrizionali, la complessità del mercato globale e delle tradizioni alimentari nelle diverse società, potrebbero produrre risultati apparentemente incomprensibili e perfino controproducenti; addirittura si potrebbe giungere al paradosso secondo cui un minor consumo di carne nei paesi industrializzati (fino al 50%) potrebbe aggravare la malnutrizione dei bambini in India e in altri paesi asiatici. Una riduzione significativa nel consumo di carne nei paesi più ricchi porterebbe a una minor domanda di granoturco e soia e, verosimilmente, a una diminuzione dei prezzi. Questo sarebbe un vantaggio per buona parte dei paesi dell'Africa e dell'America Latina, dove il granoturco è uno degli ingredienti dei cibi, ma non nei paesi asiatici in cui non si mangia molto granoturco, preferendo il riso. Quando nei paesi industrializzati la carne è stata in parte sostituita da pane e pasta, il prezzo del grano è notevolmente aumentato; di conseguenza è aumentata, di poco, la malnutrizione in India e altri paesi, in cui il grano è comunque un ingrediente dell'alimentazione quotidiana.

Per soddisfare il bisogno di proteine animali si potrebbe ricorrere a insetti come possibile fonte. Mentre una mucca deve assumere circa 88 grammi di cibo per guadagnare un grammo di peso, gli insetti ne hanno bisogno di meno di 2. Ci sono insetti che dopo la cottura costituiscono delle prelibatezze popolari e che sono ec-

cellenti dal punto di vista nutrizionale, perfino meglio di carne, pesce o pollame. Cento grammi di *caterpillar* (larve di lepidotteri) possono fornire tutte le proteine necessarie per un adulto, assieme a ferro, vitamine B e altri nutrienti essenziali; la FAO sta considerando la possibilità di allevare insetti per verificare se il processo sia ecologicamente ed economicamente sostenibile. Attualmente, la maggior parte degli insetti commestibili sono catturati in natura. Per esempio in Messico si catturano le *chapulines*, giovani cavallette che producono gravi danni alle coltivazioni.

4.3.2 Il pesce

I pesci hanno un alto contenuto percentuale in acidi grassi n-3 o omega-3, i quali, come abbiamo già detto, non possono essere facilmente sintetizzati dal nostro organismo a partire da altri acidi grassi precursori e devono pertanto essere assunti con la dieta.

Questi acidi sono essenziali per lo sviluppo e il funzionamento del cervello e della retina. Essi vengono trasformati nel nostro organismo in acidi grassi biologicamente attivi, appartenenti alla famiglia degli eicosanoidi (e autacoidi correlati), che giocano un ruolo importante nella fine regolazione di una molteplicità di funzioni, incluso il sistema immunitario. Una dieta ricca in n-3 limita la risposta infiammatoria e riduce i rischi di disturbi cardiaci e di tumori. I pesci accumulano questi acidi n-3 ingerendo fitoplancton; in quelli di acquacoltura il contenuto in omega-3 è minore.

La carpa, le anguille, le aringhe, gli sgombri e il salmone hanno alti contenuti di grassi n-3, circa 1-4 grammi per 100 grammi di alimento.

La consistenza della carne dei pesci è più delicata di quella degli animali terrestri, poiché in essi i muscoli hanno una struttura stratiforme e un tessuto connettivo più debole, dato che il collagene è meno ricco in amminoacidi che concorrono alla formazione di proteine strutturali.

Il contenuto salino nei pesci oceanici è simile a quello della trota o del bue, mentre il contenuto degli α -amminoacidi è da 3 a 10 volte superiore, soprattutto per quanto riguarda glicina e glutammato.

Alcuni enzimi dalla famiglia delle lipossigenasi (LO), presenti ad esempio nella pelle, sono in grado di trasformare gli acidi grassi insaturi presenti nel pesce fresco in metaboliti contenenti otto atomi di carbonio, che hanno un odore erbaceo molto piacevole.

Alcuni pesci oceanici hanno un aroma caratteristico aggiuntivo, dovuto ai bromofenoli, che essi accumulano nutrendosi di alghe.

Come abbiamo già detto, il cosiddetto “odore di pesce” è dovuto alla formazione di trimetilammina, ad opera di enzimi e batteri che agiscono sul suo precursore, cioè l'ossido di trimetilammina (TMAO), che viene successivamente trasformata in ammoniaca. A differenza dei pesci marini, quelli di acqua dolce non accumulano TMAO, composto che peraltro è anche poco presente nei crostacei.

Il loro aroma delicato diventa più intenso durante la cottura; gli acidi grassi si frammentano, si formano quantità maggiori di amminoacidi dal gusto accentuato e interviene la reazione di Maillard.

Con l'aumentare della temperatura, le proteine incominciano a denaturarsi e a perdere la loro struttura tridimensionale; il tessuto connettivo si indebolisce e l'acqua legata alle proteine incomincia a fuoriuscire. Tra i 40 e i 60°C la miosina incomincia a coagularsi e si denatura, mentre la fuoriuscita di liquido è massima e il collagene si trasforma in gelatina.

I cuochi giapponesi spesso presalano il pesce per rimuoverne l'umidità e l'odore e renderlo nel contempo più tenero.

Tutte le linee guida nutrizionali raccomandano di consumare pesce, purché non fritto. Se cotto alla griglia o al forno, il pesce si associa alla riduzione del più comune disturbo del ritmo cardiaco, la fibrillazione atriale (AF), come è stato dimostrato in uno studio della durata di dodici mesi su 5000 partecipanti di oltre sessantacinque anni (Mozaffarian et al., 2004). Si è visto che il consumo settimanale di 5 o più porzioni di pesci grassi come il salmone, abbassa considerevolmente (-30%) il rischio di sviluppare AF.

È stata anche studiata l'influenza che il metodo di cottura ha sul contenuto nutrizionale del salmone. È noto che la cottura di cibi ricchi in colesterolo può presentare rischi per la salute, perché ne favorisce l'ossidazione a prodotti pro-aterogeni e potenzialmente cancerogeni. Sorprendentemente, fra tutti i metodi di cottura, anche la cottura a vapore aumenta i prodotti di ossidazione (Allen, 2004; Al-Saqhir et al., 2004).

4.3.3 I legumi

I legumi sono i semi eduli contenuti nei baccelli delle leguminose e si possono consumare freschi o secchi, cioè conservati previo essiccamento. Sono generalmente molto ricchi in amido, che rappresenta dal 45 al 70% della materia secca della farina completa. Sono ricchi in amilosio (25-40%), ma i semi contengono anche altri oligosaccaridi non digeribili da parte dell'uomo, che possono essere aggrediti da batteri presenti nel colon con conseguenti flatulenze che, come sappiamo, sono spesso associate al consumo di legumi secchi.

Sono anche presenti quantità elevate di proteine, anche se di scarso valore biologico data la mancanza di amminoacidi solforati (metionina e cisteina), minerali e vitamine, mentre i lipidi sono in quantità molto variabili.

La lista dei legumi più diffusi comprende i fagioli di cui, a parte il *Phaseolus vulgaris* che è il più diffuso, originario del Messico e del Guatemala, si conoscono molte varietà, i ceci (*Cicer arietinum*), le fave (*Vicia faba*), i piselli (*Pisum sativum*), le lenticchie (*Lens culinaris*).

È opportuno ricordare che le fave possono dare luogo a una grave patologia conosciuta col nome di favismo o anemia emolitica, dovuta alla carenza, nei globuli rossi dei soggetti sensibili, di un enzima, la glucosio-6-fosfato deidrogenasi (G6PD). Questo difetto enzimatico si trasmette ereditariamente e i maschi ne sono colpiti in forma più grave.

Le numerose varietà dei legumi sono coltivate ubiquitariamente, dato che questi alimenti sono ricchi in amido, fibre, proteine, minerali quali ferro, magnesio, fosforo, calcio, vitamine B1, B2, C e PP.

4.3.3.1 Le arachidi

Sono i grani decorticati di una specie originaria della zona tropicale del Sud America, la *Arachis hypogaea*, le noccioline americane, già conosciute in Perù nel terzo millennio avanti Cristo.

Esse sono utilizzate per preparare l'olio di arachidi, uno degli oli di semi più consumati al mondo, contenente una quantità elevata di acido linoleico (fino al 41%).

Le arachidi, come tali o sotto forma di derivati quali l'olio, la farina, il burro di arachidi e così via, sono molto presenti nell'alimentazione umana e sono spesso all'origine di allergie molto serie, che causano difficoltà respiratorie, edema della laringe e problemi intestinali.

4.3.3.2 La soia

La soia, *Glycine max*, è una piccola pianta erbacea annuale originaria dell'Australia, non della Cina, dove gli uccelli migratori avrebbero portato i semi.

Essa dà come frutto un baccello contenente da 1 a 4 grani ed è utilizzata da molti anni in Asia soprattutto sotto forma di latte (*tonyu*) ottenuto dalla spremitura dei grani. Il tofu è a sua volta una "specie di formaggio" derivante dalla coagulazione del latte di soia stesso, seguita da sgocciolamento e spremitura; è consumato fresco, fritto, fermentato o sotto forma di salse ricche in acido glutammico.

I grani di soia contengono il 15-30% di glucidi, principalmente sotto forma di fibre insolubili, il 35-40% di proteine ricche in amminoacidi essenziali, il 15-20% di lipidi, di cui il 2-3% sono fosfolipidi.

Le proteine di soia, in sostituzione delle proteine animali, portano a una diminuzione significativa dei trigliceridi e del colesterolo, sia totale sia LDL e sono perciò indicate per controllare l'ipercolesterolemia. In Italia, il gruppo di ricerca diretto dal Professor Cesare Sirtori presso la Facoltà di Farmacia dell'Università degli Studi di Milano, ha fornito importanti contributi nella definizione del meccanismo d'azione e dell'attività clinica di proteine di soia nel trattamento dell'ipercolesterolemia.

Un altro importante impiego in campo alimentare riguarda le lecitine di soia ottenute per isolamento delle mucillagini e ampiamente usate nelle margarine e nella preparazione del cioccolato, date le loro proprietà emulsionanti e antiossidanti.

I composti biologicamente attivi della soia sono le proteine e gli isoflavoni ad essi associati. Le proteine, che costituiscono circa il 35-40% del peso secco dei semi, sono proteine ad alto valore biologico in quanto ricche di tutti gli amminoacidi essenziali necessari nella nutrizione umana. Da questo punto di vista, la soia è una fonte di proteine che, sia quantitativamente che qualitativamente, non ha niente da invidiare ad altri alimenti di origine animale, con il vantaggio, rispetto ai cibi animali, di essere priva di colesterolo e povera di acidi grassi saturi. Gli altri elementi bioattivi sono gli isoflavoni (ISF), estrogeni vegetali (fitoestrogeni) strettamente associati alla componente proteica. Nella varietà coltivata in occidente gli ISF sono presenti sotto forma di glucosidi (cioè legati a molecole di zucchero) e pertanto possono essere assorbiti a livello intestinale solo dopo idrolisi da parte della flora batterica. Nella maggior parte dei cibi tradizionali asiatici a base di soia, gli ISF sono invece presenti in forma di agliconi (privi di zuccheri) e quindi più biodisponibili e attivi. Questi ormoni vegetali sono strutturalmente simili agli estrogeni e quindi in grado

La soia, alimento del passato e del futuro

La scarsità di alimenti di origine animale è probabilmente la motivazione che ha spinto i popoli orientali a cercare, nel mondo vegetale, gli elementi per sopravvivere. Tra questi, la soia e gli alimenti da essa derivati si sono rivelati una fonte preziosa dal punto di vista nutrizionale e da migliaia di anni costituiscono, insieme al riso, la base dell'alimentazione delle popolazioni asiatiche. Ancora oggi tra i giapponesi, seguiti dai coreani e dai cinesi, il consumo medio giornaliero di alimenti a base di soia è dalle 10 alle 30 volte superiore rispetto a quello delle popolazioni occidentali. A differenza degli altri legumi (fagioli, ceci e lenticchie), che appartengono alla tradizione mediterranea, la soia arriva dall'Asia; solo nel XVIII secolo venne importata in Europa e in seguito anche in America. Nei paesi occidentali è sicuramente poco usata e più conosciuta per i suoi derivati (olio, latte e gelati, biscotti, grassi di soia o lecitine, formaggio e bisticche). Eppure tutti i principi attivi di questo legume sono contenuti anche nei fagioli e i semi di soia potrebbero essere usati, come gli altri legumi, nella preparazione di minestre, zuppe o contorni.

La sua coltivazione ha registrato un notevole incremento nell'ultimo decennio, dopo il riconoscimento nel 1999, da parte della FDA americana, del suo ruolo protettivo nella prevenzione delle malattie cardiovascolari.

di legarsi agli stessi recettori e di esercitare una debole attività estrogenica. I risultati di 22 studi (*trials*) clinici condotti dal 1999, sotto la supervisione della Nutrition Committee della American Heart Association, hanno permesso di concludere che la protezione cardiovascolare esercitata da questo legume è dovuta alla componente proteica e agli ISF associati, in grado di ridurre la colesterolemia (in particolare il colesterolo LDL), senza alcun effetto su altri parametri quali il colesterolo HDL, i trigliceridi e la pressione sanguigna. In aggiunta, molti studi su animali indicano che gli ISF possono ridurre l'osteoporosi post-menopausa causata dal deficit degli estrogeni, mentre studi epidemiologici hanno dimostrato, nelle donne asiatiche, l'esistenza di una correlazione tra una dieta ricca in soia e la minore incidenza di osteoporosi. Invece, nonostante i numerosi *trials* clinici, non esistono dimostrazioni sicure del fatto che essa possa alleviare le vampate e gli altri disturbi associati alla menopausa o prevenire lo sviluppo di tumori al seno.

Alcuni studi su modelli animali suggeriscono l'efficacia della soia e dei fitoestrogeni anche nel controllo del peso e della glicemia, ma questi risultati non sono stati confermati nell'uomo.

Una dieta adeguata dal punto di vista quantitativo e qualitativo in termini di nutrienti non può prescindere dal contenuto di livelli ottimali di micronutrienti e cioè di vitamine e minerali. Presenti in concentrazioni generalmente più elevate nei cibi di origine vegetale (frutta e verdura, oltre a legumi e cereali), sono in parte contenuti in quantità variabili anche in altri alimenti. L'introduzione nella dieta di vegetali ad alto contenuto in micronutrienti è la strategia migliore per assicurare l'apporto ottimale di questi composti a buona parte della popolazione. Regimi alimentari basati su cereali raffinati o su tuberi, che pure forniscono energia e proteine, si associano all'aumento del rischio di carenze.

5.1 Le vitamine

Il termine vitamina è stato usato per la prima volta nel 1911 a indicare la tiamina (vitamina B1), per sottolineare il fatto che si trattava di un composto indispensabile per la vita e contenente un gruppo amminico ($-NH_2$). Successivamente è stato esteso a un gruppo di sostanze organiche molto eterogenee fra di loro dal punto di vista strutturale, ma dotate di una comune funzione bioregolatrice dei processi metabolici dell'organismo e di mantenimento dell'integrità strutturale delle cellule. A questo scopo, è sufficiente una loro assunzione quotidiana di pochi milligrammi o microgrammi.

Le vitamine possono essere considerate come una collezione disordinata di nutrienti organici complessi, presenti nelle sostanze di natura biologica che consumiamo come cibo.

Anche se dal punto di vista strutturale non hanno niente in comune, esse condividono le seguenti caratteristiche:

- sono componenti essenziali dei sistemi biochimici e fisiologici della vita animale e in molti casi anche della vita vegetale e di quella microbica;
- la capacità di sintesi in quantità adeguate è stata persa dagli animali con l'evoluzione;
- di solito sono presenti solo in piccole quantità nelle sostanze di natura biologica;
- la loro carenza nei tessuti causa una sindrome di carenza specifica.

Questa caratterizzazione esclude metalli, acidi grassi, amminoacidi, ormoni e altre sostanze che possono avere effetti positivi sulla salute.

Frutta e verdura per la maggior parte danno un contributo molto modesto alla nostra assunzione giornaliera di proteine e calorie, ma rappresentano la principale fonte di vitamine.

La cottura ne riduce in genere il contenuto nei vegetali, a causa della combinazione di alte temperature, attività enzimatica non controllata ed esposizione all'ossigeno e alla luce.

Quasi tutte le vitamine, ai giorni nostri, possono essere preparate per sintesi; in alcuni casi, come per la riboflavina e la cobalamina (vedi oltre), è preferibile ricorrere, per ragioni economiche, alla fermentazione batterica.

In genere le vitamine, sempre in piccolissime quantità, vengono distinte in due classi generali, le vitamine idrosolubili (il complesso B e la vitamina C) e quelle liposolubili (A, E, D, K). Le prime, a eccezione della vitamina C, possono fungere da coenzima in molte reazioni biochimiche. Le vitamine liposolubili, d'altro canto, apparentemente non partecipano alla composizione di coenzimi ma agiscono in modo diverso.

Vi sono poi molte altre sostanze solubili in acqua, necessarie per l'organismo in quantità decisamente maggiori, quali i fattori di crescita, l'inositolo, la colina e la carnitina, che devono essere considerate come non-vitamine, anche se talvolta sono classificate come tali.

Data la loro solubilità in acqua, le vitamine idrosolubili passano facilmente nell'acqua di cottura degli alimenti; una volta ingerite vengono facilmente eliminate per via urinaria e sono in genere poco stabili alla luce e al calore.

D'altra parte, le vitamine liposolubili si accumulano nei tessuti, venendo classificate come lipidi e sono in genere più stabili.

È importante ricordare che quasi tutte le vitamine naturali non sono sintetizzate dall'organismo umano e devono perciò essere assunte con la dieta.

5.1.1 Vitamine idrosolubili

La vitamina B1, o tiamina, in forma libera o sotto forma di estere con il pirofosfato, è largamente diffusa in vari alimenti come il lievito di birra, i legumi, la frutta secca, i germi di cereali, la carne di maiale, il fegato, le uova e il latte. È coinvolta nel metabolismo degli zuccheri e in molte reazioni enzimatiche sotto forma di tiamina pirofosfato (TPP). La tiamina, infatti, agisce da coenzima in reazioni che comportano trasferimento di elettroni (reazioni di ossidoriduzione) e nel metabolismo dei grassi e degli amminoacidi.

La sua funzione predominante è legata alla produzione di energia, ma è stata ipotizzata anche un'attività neuroprotettiva.

La tiamina è una delle vitamine più labili ed è termoresistente solo in ambiente debolmente acido (intorno a pH = 5). Questo significa che l'aggiunta di solfiti a frutta e vegetali allo scopo di impedire che essi si scuriscano ne provoca la distruzione.

La carenza di tiamina provoca il beri-beri, una patologia neurologica ancora diffusa in Asia e già studiata alla fine dell'Ottocento. Già allora, la prevalenza della malattia,

Tabella 5.1 Ruolo fisiologico e effetti della carenza di vitamine del gruppo B

Vitamine	Ruolo fisiologico	Segni della carenza
Tiamina (B ₁)	Coenzima nel metabolismo dei carboidrati e degli amminoacidi ramificati	Beri-beri, polineurite, sindrome di Wernicke-Korsakoff
Riboflavina (B ₂)	Coenzima in molte reazioni di ossidazione e riduzione	Problemi della crescita, stomatite, dermatite
Niacina (acido nicotinico e nicotinamide)	Co-substrato/coenzima per il trasferimento dell'idrogeno	Pellagra con diarrea, dermatite, demenza
B6 (piridossina piridossamina, e piridossale)	Coenzima nel metabolismo degli amminoacidi, del glicogeno e delle basi sfingoidi	Seborrea, neuropatia periferica (convulsioni epilettiformi nei bambini)
Acido pantotenico	Costituente di coenzima A e fosfopanteina coinvolti nel metabolismo degli acidi grassi	Fatica, disturbi del sonno e della coordinazione, nausea
Biotina	Coenzima nei processi di carbosilazione bicarbonato-dipendenti	Fatica, depressione, nausea, dermatite, dolori muscolari

Tabella 5.2 RDA (razione giornaliera raccomandata) per le vitamine (Direttiva 2008/100/CE)

Vitamina A (µg)	800	Niacina (mg)	16
Vitamina D (µg)	5	Vitamina B6 (mg)	1,4
Vitamina E (mg)	12	Folacina (µg)	200
Vitamina K (µg)	75	Vitamina B12 (µg)	2,5
Vitamina C (mg)	80	Biotina (µg)	50
Tiamina (mg)	1,1	Acido pantotenico (mg)	6
Riboflavina (mg)	1,4	Potassio (mg)	2000

maggiore nei soggetti che assumevano riso brillato rispetto a coloro che mangiavano riso integrale, era stata attribuita alla concentrazione particolarmente bassa di tiamina nel riso brillato (80 microgrammi per 100 grammi). Nella Tabella 5.1 sono riassunti gli effetti della carenza di tiamina e delle altre vitamine del gruppo B.

D'altra parte, l'eliminazione degli strati esterni dei grani e del germe, proprie del riso brillato, aumenta la durata della sua conservazione in climi caldo-umidi. Per minimizzare la perdita di tiamina si ricorre al riso precotto parboiled che, durante la preparazione, viene immerso in acqua, trattato con vapore ed essiccato.

La RDA (dose giornaliera raccomandata, *Recommended Daily Allowance*) per la tiamina e per le altre vitamine, definita dall'UE, è riportata in Tabella 5.2.

La vitamina B2, detta anche riboflavina o lattoflavina, non è sintetizzata dagli animali superiori e deve essere assunta con la dieta, essendo indispensabile per la sintesi di alcuni coenzimi essenziali nel metabolismo di quasi tutte le cellule viventi. Essa è particolarmente abbondante nella carne e nel fegato, nel latte, nelle uova e nei pesci, ma non nei cereali. È una delle vitamine più stabili, sebbene sia molto sensibile alla luce del sole e al pH alcalino.

Come la maggior parte delle vitamine del complesso B, la riboflavina e i suoi cofattori non sono tossici anche ad alte dosi, probabilmente perché vengono facilmente eliminati per via urinaria.

La vitamina B5 o acido pantotenico è un costituente del coenzima A e ha un ruolo fondamentale nel metabolismo di zuccheri e grassi. È largamente presente negli alimenti; ne sono molto ricchi i tessuti animali e il lievito di birra. La si trova anche in misura minore nei legumi e nei cereali. È piuttosto stabile durante la cottura e i cibi freschi ne contengono una quantità maggiore rispetto a quelli a lunga conservazione. Non è stata descritta tossicità neppure ad alti dosaggi.

Sono stati ipotizzati effetti positivi nell'artrite reumatoide e sulle performance atletiche, soprattutto nella corsa.

La vitamina PP, o niacina, che comprende sia l'acido nicotinico che la sua amide, deve il suo nome alla capacità di prevenire la pellagra (*Pellagra Preventing Factor*). La sua carenza infatti è associata alla pellagra, una malattia diffusa un tempo in Spagna e in Nord America, che si manifesta con lesioni della pelle particolarmente profonde, soprattutto nei mesi estivi, quando maggiore è l'esposizione al sole. È provocata di solito da diete basate sul granoturco.

La niacina è molto diffusa in alimenti di origine animale quali la carne, il fegato, le fragole e anche nei legumi, mentre è poco presente nei latticini e nelle uova.

Nei sistemi viventi partecipa a due importanti coenzimi, NAD⁺ e NADH⁺, che catalizzano le reazioni di ossidoriduzione.

La piridossina, vitamina B6, è contenuta nel lievito, nei germi di cereali, nei legumi, nella verdura, nella frutta, nella carne, nel latte e nelle uova.

Stimola il metabolismo di numerose sostanze azotate, in seguito alla sua conversione a piridossalfofosfato. In particolare, ha un ruolo centrale nel metabolismo degli amminoacidi in varie reazioni, incluse la transaminazione e la decarbossilazione.

Una sua carenza porta a disturbi neurologici e a patologie della cute, soprattutto dermatiti.

La biotina (vitamina H) è una vitamina solubile in acqua ed è generalmente classificata nel complesso delle vitamine del gruppo B. Nell'albume d'uovo essa è strettamente associata all'avidina (una glicoproteina) che ne impedisce l'assorbimento. Il riscaldamento durante la cottura denatura la proteina che libera la vitamina.

È biodisponibile in vari alimenti: lievito di birra, cavoli, funghi, legumi, cioccolato, carne, fegato, latte, cereali, mandorle, arachidi. Viene anche prodotta dalla flora intestinale; dopo aver fissato l'anidride carbonica sotto forma di carbossibiotina, partecipa a diversi processi metabolici. Un suo derivato, la biocitina, è un fattore di crescita.

L'acido folico (vitamina B9) è così chiamato per la sua presenza in quantità notevoli nelle foglie dei vegetali. Lo si trova in grandi quantità nel fegato, nel lievito di birra ed è anche sintetizzato da batteri intestinali.

La dieta occidentale non ne contiene sempre quantità adeguate e per questa ragione le autorità sanitarie internazionali raccomandano un supplemento di vitamina, in particolare per le donne in avanzato stato di gravidanza, in modo da assicurare un'adeguata riserva di folato. È dimostrato, infatti, che l'assunzione regolare di almeno 0,4 mg di acido folico al giorno durante la gravidanza previene i principali difetti a carico del tubo neurale (NTD) dei neonati (il rischio di tali patologie si

riduce fino al 70% dopo assunzione di acido folico). È fondamentale che l'assunzione inizi almeno un mese prima del concepimento e continui per tutto il primo trimestre di gravidanza.

Per promuovere l'aumento dei livelli di assunzione di acido folico, le autorità sanitarie degli Stati Uniti hanno reso obbligatoria la fortificazione della farina per preparare il pane (0,140 mg per cento grammi), per alleviare l'anemia causata da una carenza di cobalamina. Anche una carenza di acido folico, infatti, è fonte di anemia e di disturbi di carattere neurologico quali neuropatie e alterazioni del comportamento.

La vitamina B12, cobalamina, cosiddetta per la presenza di un atomo di cobalto, è la vitamina più complessa dal punto di vista strutturale.

Contiene un sistema di anelli detto corrina, che è simile ai sistemi porfirici delle proteine dell'eme e della clorofilla.

La sua distribuzione negli alimenti è del tutto inconsueta poiché i batteri sono i soli organismi in grado di sintetizzarla e perciò non si trova mai nelle piante superiori. La vitamina B12 è invece presente in quantità utili nella maggior parte degli alimenti di origine animale quali fegato, reni, pesce, latte, carne. Una sua carenza, estremamente rara salvo che tra i vegani di stretta osservanza, porta a una patologia nota come anemia perniziosa, che può avere un grave impatto sul sistema ematopoietico e sul sistema nervoso. Tutti i tessuti con un'elevata velocità di replicazione cellulare hanno necessità della vitamina. Una carenza ematopoiesi può condurre a un deficit generalizzato di sintesi di nuove cellule, una pancitopenia. Il danno delle cellule nervose può portare a parestesia (perdita di sensibilità degli arti) e arrivare fino a coinvolgere la spina dorsale e il cervello con conseguenze gravissime.

La cobalamina, conosciuta sotto diverse forme attive, favorisce la formazione dei globuli rossi e, associata all'acido folico (vedi sopra), promuove la proliferazione e la maturazione cellulare.

A dispetto della sua struttura complessa, essa è molto stabile nei processi di cottura e di preparazione degli alimenti.

La vitamina C è chiamata anche acido ascorbico perché previene e cura lo scorbuto. Ha una struttura molto simile a quella di un monosaccaride e, non essendo prodotta dall'organismo, deve essere assunta con l'alimentazione.

Ne sono particolarmente ricchi gli agrumi e il kiwi, mentre è presente in quantità modeste in fegato, latte e reni.

Interviene nel metabolismo del collagene e del ferro, potenzia e modula la risposta immunitaria. Il suo ruolo principale è di efficace antiossidante, in grado di ripristinare la vitamina E, o α -tocoferolo, attraverso il trasferimento di un atomo di idrogeno al radicale tocoferile.

La vitamina C è sensibile alla luce e al calore e si ossida facilmente dando origine all'acido L-deidroascorbico. Viene eliminata nelle urine sotto forma di acido ossalico.

Il passaggio limitante la velocità di assorbimento della vitamina C nell'organismo umano è rappresentato dal trasporto attivo transcellulare attraverso la parete intestinale, dove l'acido ascorbico viene ossidato ad acido deidroascorbico, che viene facilmente trasportato attraverso le cellule della membrana e successivamente ridotto di nuovo ad acido ascorbico.

La vitamina C e il suo ruolo nei succhi di frutta come alimento funzionale

Gli agrumi e le spremute da essi prodotte sono caratterizzati dalla presenza di una ricca gamma di prodotti bioattivi. La loro attività antiossidante e i benefici che ne derivano non sono legati solo alla vitamina C, ma anche ad altre sostanze fitochimiche, soprattutto ai flavonoidi. Per garantire il contenuto di vitamina C nelle spremute è opportuno evitare processi termici, quindi il contatto con l'ossigeno e temperature elevate. Per quanto riguarda la conservazione è importante considerare che i succhi sono totalmente stabili in contenitori metallici o di vetro, mentre hanno una vita molto più breve se conservati nella plastica.

L'uomo è una delle poche specie prive di un enzima, la L-gulonolattone ossidasi (GLO), che converte il glucosio in vitamina C, probabilmente a causa di una mutazione genetica. Questo fatto rappresenta un vantaggio per la sopravvivenza, dato che la GLO produce acqua ossigenata, una specie tossica per l'organismo. È anche possibile che l'alta concentrazione di acido ascorbico e deidroascorbico nel tessuto neuronale possa essere stato uno dei fattori chiave che hanno fatto sì che i primati abbiano perduto la capacità di sintetizzare la vitamina C. Il danno ossidativo ha molte implicazioni patologiche e l'acido ascorbico svolge un ruolo essenziale per conservare la risposta metabolica antiossidante.

5.1.2 Vitamine liposolubili

La vitamina A, o retinolo (così chiamata per la sua specifica attività sulla retina dell'occhio), si trova solo nel regno animale e quindi negli alimenti di origine animale, più precisamente nell'olio di fegato di merluzzo, nel fegato di altre specie, nei prodotti caseari. I suoi precursori, i carotenoidi, sono invece presenti anche nel regno vegetale. Fra questi, il più comune è il β -carotene, un composto antiossidante capace di catturare i radicali liberi e, soprattutto, l'ossigeno singoletto, una specie dell'ossigeno particolarmente reattiva e dannosa che costituisce uno dei sottoprodotti della sintesi clorofilliana. Sono ricchi di caroteni non solo le carote, ma anche altri vegetali gialli o verdi, come i peperoni e le albicocche.

Nel 1990, negli Stati Uniti il 39% della vitamina A (incluso i caroteni) proveniva da frutta e vegetali, mentre la carne e i latticini ne fornivano circa il 20%.

I carotenoidi possono essere assorbiti per meno del 10% da vegetali grezzi e fino al 50% dai vegetali cotti. Infatti, durante la cottura essi tendono a dissolversi nei lipidi presenti e questo rende molto più efficiente il loro assorbimento sistemico.

Pur non possedendo, come tale, l'attività della vitamina A, il carotene può essere ad essa convertito attraverso due reazioni chimiche consecutive: scissione del doppio legame centrale carbonio-carbonio a dare un'aldeide, il retinale, e successiva riduzione ad alcol, il retinolo.

La funzione biologica del retinale riguarda in particolare la visione: l'assorbimento della luce da parte dei bastoncelli della retina dell'occhio, in cui esso è presente,

provoca una sequenza di reazioni che si traduce in un impulso al cervello percepito come visione. Una sua carenza porta a una perdita della visione in condizioni di luce scarsa, nota come cecità notturna e, nei casi più gravi, alla xerofthalmia, una degenerazione della cornea che provoca cecità se non viene curata.

I cultori dei cibi salutistici devono evitare il rischio di ipervitaminosi, tenendo presente che il retinolo, se è assunto in eccesso, è tossico. La vitamina A è anche un fattore di crescita ed esercita un'azione di protezione per la pelle.

La vitamina D, o calciferolo, comprende composti strutturalmente simili il cui ruolo essenziale consiste nella regolazione e nel metabolismo del calcio (da cui il nome) e del fosforo. Una sua carenza nell'infanzia comporta un deficit nel metabolismo dei sali minerali, che può provocare difetti ossei e rachitismo. La vitamina D si trova in quantità cospicua nell'olio di fegato di merluzzo, nei tessuti di pesci grassi come i salmoni, gli sgombri e le aringhe, mentre è poco presente negli altri alimenti. È oggi un'abitudine corrente quella di aumentare i contenuti di vitamina D in alimenti quali i cereali tipo corn-flakes per la prima colazione, il latte e la margarina. Anche i vegani sono a rischio di carenza perché la vitamina D scarseggia negli alimenti di origine vegetale. La supplementazione della dieta è naturalmente importante nelle aree geografiche poco soleggiate per le popolazioni con una pelle così fortemente pigmentata da impedire un'alta penetrazione della luce ultravioletta fino alle cellule epidermiche, nelle quali si forma il calciferolo.

La vitamina D si ottiene infatti anche per sintesi endogena a seguito di esposizione al sole del 7-deidrocolesterolo presente a livello cutaneo. La sintesi endogena produce vitamina D₃ che viene trasportata nel fegato da proteine specifiche. Negli alimenti e nei cibi fortificati (latte, prodotti caseari, margarine e cereali per la colazione) essa è presente sia sotto forma di calciferolo sia di ergocalciferolo (vitamina D₂) derivante dalle piante.

La sua forma più abbondante nel circolo sistemico è la forma D₃ che condivide con il retinolo la tossicità ad alte concentrazioni.

La dose ottimale da assumere non è completamente definita. Una dose giornaliera pari a 6000 unità internazionali corrisponde alla vitamina prodotta con un'esposizione di mezz'ora al sole estivo. Una commissione dell'Istituto di Medicina americano (Institute of Medicine), affiliato alla National Academy of Science degli Stati Uniti, nel novembre 2010 ha ridotto la razione giornaliera a 600 unità e ha messo in guardia contro i rischi di dosi più alte. Alcuni studi indicano la possibilità che vi possano essere effetti preventivi della vitamina D nei confronti del cancro della prostata, delle patologie cardiovascolari e anche della sclerosi multipla.

La vitamina E è chiamata anche tocoferolo, dal greco *tocos* (nascita) e *pherein* (causare), a causa dei risultati dei primi studi che hanno dimostrato che essa è indispensabile per la fertilità nei ratti. Fu scoperta nel 1922 nelle parti verdi dei vegetali, come micronutriente essenziale per la riproduzione. Si tratta in realtà di una famiglia di otto composti strutturalmente analoghi, tra i quali il più attivo è l' α -tocoferolo, che contiene l'anello del cromano, unito a due code idrofobiche derivanti da isoprenoidi. È presente soprattutto negli oli di semi polinsaturi (vedi capitolo 2) e, in misura minore, nei vegetali ricchi di foglie verdi come gli spinaci e i cavoli. Anche gli oli di fegato di pesci, il fegato, le uova e i latticini ne contengono quantità rilevanti.

L' α -tocoferolo naturale è un singolo isomero (RRR-tocoferolo), mentre l' α -tocoferolo di sintesi, che è soprattutto usato negli integratori a base di vitamina E, è una miscela racemica degli otto possibili isomeri, in genere meno efficaci dell'isomero naturale.

Nel circolo sistemico la vitamina E agisce da antiossidante bloccando le reazioni a catena dei radicali liberi coinvolte nella perossidazione dei lipidi e contribuendo a ritardare il processo di invecchiamento. A questo scopo, il gruppo ossidrilico dell'anello cromanolo della vitamina E reagisce con il radicale perossidico per dare il corrispondente lipide idroperossido e il radicale tocoferossile, che è stabile a ogni ulteriore auto-ossidazione dei lipidi.

Queste osservazioni hanno condotto a ipotizzare che la supplementazione con vitamina E potesse contribuire alla riduzione del rischio cardiovascolare; tuttavia, i risultati di studi di intervento hanno confutato l'ipotesi.

La vitamina E svolge anche un ruolo importante nel mantenere l'integrità della pelle e degli organi riproduttivi.

Essa è anche necessaria per il normale sviluppo e funzionamento della membrana dei globuli rossi, favorisce la sintesi del gruppo eme e delle proteine che lo contengono, quali l'emoglobina, la mioglobina e i citocromi.

La denominazione della vitamina K deriva dal tedesco *Koagulation*, a indicare il ruolo importante nel processo di coagulazione del sangue, che viene ritardata in caso di carenza. Si trova negli ortaggi a foglie verdi e in certi oli vegetali come quelli di soia e di canola.

Dal punto di vista chimico, le vitamine naturali K sono riconducibili a un composto strutturalmente più semplice, il menadione (2-metil-1,4-naftochinone) o ai suoi derivati. Al giorno d'oggi, esse sono state in gran parte sostituite da integratori vitaminici di sintesi di più facile accesso, quali appunto il menadione, in cui l'unità isoprenica della vitamina K è sostituita da un atomo di idrogeno.

5.2 Sali minerali

I sali minerali fanno parte dei tessuti corporei, di cui costituiscono circa il 6,2% in peso e rappresentano dei fattori essenziali per le funzioni biologiche e l'accrescimento.

Essi possono essere classificati in macroelementi e microelementi. I primi comprendono calcio (Ca), fosforo (P), magnesio (Mg), potassio (K) e sodio (Na), presenti nell'organismo in quantità apprezzabili, il cui fabbisogno giornaliero è nell'ordine di grammi o decimi di grammo.

Gli oligoelementi, primi tra tutti il ferro (Fe), il rame (Cu), lo zinco (Zn), il selenio (Se), lo iodio (I), sono invece presenti in tracce nell'organismo; il loro fabbisogno è nell'ordine di mg o microgrammi.

La lista dei macroelementi e degli oligoelementi in tracce richiesti nella dieta è lunga, ma è sostanzialmente ristretta agli elementi con basso numero atomico (Tabella 5.3). Essi si ritrovano in tutte le forme di vita animali e vegetali, condividendone i meccanismi biochimici fondamentali.

Tabella 5.3 RDA (razione giornaliera raccomandata) per i minerali (Direttiva 2008/100/CE)

Potassio (mg)	2000	Rame (mg)	1
Cloruro (mg)	800	Manganese (mg)	2
Calcio (mg)	800	Fluoruro (mg)	3,5
Fosforo (mg)	700	Selenio (µg)	55
Magnesio (mg)	375	Cromo (µg)	40
Ferro (mg)	14	Molibdeno (µg)	50
Zinco (mg)	10	Iodio (µg)	150

5.2.1 Minerali come macroelementi

5.2.1.1 Sodio

Il sodio è un minerale molto reattivo che si trova sempre sotto forma di una vasta gamma di sali, molti dei quali sono naturalmente contenuti negli alimenti. Il sale di sodio per eccellenza, tuttavia, è il cloruro di sodio (NaCl), chiamato comunemente sale da cucina o semplicemente sale, dal latino *sale*, che riecheggia *Salus*, dea della salute. I livelli di sodio negli alimenti sono molto variabili e più elevati nella maggior parte dei cibi di origine animale, compresi il latte, la carne, il pesce e le uova.

I cibi preparati industrialmente e, in generale, i prodotti da forno, ai quali viene aggiunto sotto forma di sale o di altri ingredienti che lo contengono, rappresentano le fonti principali di sodio nella dieta occidentale, insieme a salse, insaccati, pizze e focacce.

Un eccessivo consumo di sodio rappresenta un serio problema per la salute pubblica, poiché contribuisce all'aumento dei valori della pressione arteriosa, uno dei principali fattori di rischio cardiovascolare. Ai soggetti a rischio, infatti, si raccomanda di seguire diete povere di sodio, composte da cibi che utilizzino il cloruro di potassio (KCl) come insaporitore o miscele di cloruro di sodio e cloruro di potassio.

L'osservazione degli effetti negativi del sodio per la salute è alla base di tutta una serie di iniziative a livello mondiale atte a promuovere la riduzione del suo contenuto negli alimenti. Anche in Italia è stato stimato che i livelli di assunzione eccedano quelli raccomandati dalle linee guida: 2,4 grammi di sodio al giorno, corrispondenti a 6 grammi di sale da cucina.

Il consumo di sale in cucina ha una tradizione antica; esso veniva estratto nelle miniere di Salisburgo (*la città del sale*) già nel 6500 a.C. e non a caso i soldati romani ricevevano una somma di danaro, il *salarium*, per comperarlo.

È un ingrediente essenziale, dato che migliora il sapore dei cibi e ne favorisce la conservazione. Oltre a fornire uno dei gusti basilari, quello del salato, il sale può intervenire a modificare altri gusti base come quello dell'amaro, di cui inibisce la percezione, o quello del dolce che viene invece accentuato, come ben sa chi mangia cioccolato o torte. Ancora, aggiunto all'impasto del pane ne migliora le caratteristiche organolettiche poiché modifica la qualità e la quantità del glutine; infatti, in acqua salata si ottengono maggiori quantità di glutine con fibre corte che rendono l'impasto più facile da lavorare e tale da dare una crosta più croccante e più colorata.

La quantità di sale usata per la cottura dei cibi è dell'ordine di 5 grammi o più per litro, anche se può variare da cuoco a cuoco; a questa concentrazione, il sale

provoca un innalzamento trascurabile del punto di ebollizione dell'acqua. La maggior parte del sale da tavola contiene piccole quantità di additivi quali il carbonato di magnesio e l'esacianoferrato di potassio, per evitare che, essendo igroscopico, assorba acqua e si raggrumi.

Molti sali marini sono colorati (il sale è di per sé incolore) a causa della presenza di tracce di alghe marine o argilla.

Nonostante la necessità di una maggiore attenzione al suo consumo, non bisogna dimenticare che lo ione sodio è fondamentale per la trasmissione degli impulsi nervosi, per la regolazione della funzionalità renale e della ritenzione idrica, per la funzionalità di recettori quali quelli coinvolti nella contrazione dei muscoli scheletrici (es. diaframma).

5.2.1.2 Potassio

Anche il potassio è abbondante sia nei tessuti, di cui rappresenta uno dei maggiori cationi intracellulari, sia nella dieta. Le fonti alimentari principali sono la frutta fresca, i succhi di frutta, la frutta secca e i vegetali.

È un nutriente essenziale per la normale funzione cellulare. Una sua carenza può comportare astenia e, se grave, alterazioni elettrocardiografiche. Nella preparazione dei cibi esso viene aggiunto sotto forma di cloruro. Il livello di assunzione raccomandato per gli adulti è di 3,2 g al giorno (LARN). L'apporto di potassio con la dieta è drasticamente cambiato nel corso della storia: mentre nelle culture primitive è circa sette volte quello del sodio, nella dieta occidentale è un terzo di quello del sodio stesso. Per questo motivo, alla carenza di potassio nella nostra alimentazione, o quantomeno alla scorretta proporzione tra potassio e sodio, viene attribuito almeno in parte l'aumento del rischio di ictus, osteoporosi e calcoli renali. Inoltre, alcuni studi osservazionali, tra i quali il DASH (*Dietary Approaches to Stop Hypertension*) hanno messo in evidenza la relazione tra il consumo di una dieta ricca di frutta e verdura, le fonti principali di potassio, e il controllo della pressione arteriosa.

Stati di carenza di potassio, per lo più associati alla perdita eccessiva di questo minerale per vomito prolungato, assunzione di diuretici, alcune patologie renali e metaboliche, si manifestano inizialmente con affaticamento, debolezza muscolare e crampi.

5.2.1.3 Magnesio

Il magnesio si trova praticamente in tutti gli alimenti e, essendo parte della clorofilla, il pigmento verde dei vegetali, soprattutto nelle verdure a foglie verdi. Inoltre esso è presente nella farina integrale, nelle noci e nei legumi, che possono contenerne fino a 100 mg per 100 grammi e, in concentrazioni inferiori, nelle banane e nel latte.

È un minerale essenziale e un cofattore critico in più di 300 reazioni enzimatiche; è presente in grandi quantità nel corpo umano (circa 25 grammi), per il 60% a livello dello scheletro. Una sua carenza comporta diversi disturbi metabolici, compresi spasmi muscolari, ipertensione e danni da radicali liberi. A differenza della dieta occidentale piuttosto povera in magnesio, quella vegetariana ne è ricca. Il fabbisogno giornaliero di magnesio nell'adulto è di 150-500 mg.

Tabella 5.4 Quantità di calcio, espressa in percentuale rispetto ai valori giornalieri (VG) raccomandati nei giovani adulti, in una porzione di alcuni alimenti comunemente assunti. Da: Ministero della Salute, Linee guida per la prevenzione dell'osteoporosi

Alimento	Dose di consumo	VG%
Pane	1 fetta	8%
Cereali con aggiunta di calcio	1 tazza	15%
Rape verdi o cavoli	1 porzione	15%
Fichi secchi o arancia	2 fichi o 1 arancia	6-4%
Latte intero/scremato	1 tazza	30%
Yogurt fresco	1 tazza	35%
Formaggio	30 g	20%
Uova	2 uova	8%
Pizza con formaggio	1/4 pizza	25%
Mandorle e noccioline	5-10	10%
Lasagne al forno	1 porzione	25%

5.2.1.4 Calcio

Anche il calcio è un nutriente essenziale. È il minerale più presente nell'organismo umano, soprattutto come componente delle ossa e dei denti, ma per l'1% è critico per mantenere le funzioni vitali. Infatti, quando l'assunzione con gli alimenti non è adeguata al fabbisogno, l'organismo utilizza il calcio depositato nello scheletro per mantenere i livelli circolanti, con conseguente demineralizzazione ossea e aumento del rischio di osteoporosi. L'apporto deve essere adeguato a qualsiasi età, fin dall'infanzia, come indica anche il Ministero della Salute nelle linee guida per la prevenzione dell'osteoporosi.

Il contributo di alcuni alimenti all'apporto giornaliero di calcio è esemplificato nella Tabella 5.4.

Per coloro che assumono regolarmente latte o yogurt a colazione oltre ad altri derivati nel corso della giornata, esso proviene in buona parte dai prodotti lattiero-caseari, per il 9% da frutta e vegetali, per il 5% da cereali e per il resto da altre fonti quali la carne e il pesce. Anche le acque bicarbonato-calciche possono contribuire ai livelli di assunzione di calcio altamente biodisponibile. Quello contenuto nei vegetali, invece, non è sempre tale, per la presenza di fibre, come quelle contenute nella farina integrale di grano e le fibre di frutta e vegetali: l'emicellulosa è un forte sequestratore di calcio, così come l'acido ossalico che si trova in alte concentrazioni negli spinaci e soprattutto l'acido fitico, che si lega al calcio rendendolo non assorbibile dall'organismo. La fermentazione del pane durante la lievitazione riduce la quantità di fitati, aumentando la biodisponibilità del calcio. La carenza può causare rachitismo e altre patologie a carico dello scheletro, specie se è in combinazione con carenza di vitamina D. Nei bambini, livelli non adeguati possono compromettere il raggiungimento del picco di massa ossea.

5.2.1.5 Fosforo

Il fosforo e il calcio nell'organismo umano sono strettamente associati, poiché il materiale di cui è composto lo scheletro è fosfato di calcio ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) che, si

Salute delle ossa

Un buono stato di salute delle ossa dipende dall'equilibrio dei processi di consumo e ricostruzione delle ossa stesse. Alla menopausa si associa la perdita di calcio che può essere corretta ricorrendo a una terapia a base di estrogeni che ne favorisce il riassorbimento a livello intestinale e renale. La salute delle ossa dipende non solo dal livello di calcio nel sangue, ma anche dall'attività fisica, dalla presenza di ormoni e nutrienti in tracce, inclusi la vitamina C, il magnesio, il potassio e lo zinco. La vitamina D è essenziale per un efficace assorbimento di calcio dagli alimenti e per la costruzione delle ossa. Per questo viene aggiunta a latte, uova, pesce e crostacei. L'utilità dell'esposizione al sole è già stata trattata altrove.

ritrova anche nel latte e nei suoi derivati. Secondo la Società Italiana di Nutrizione Umana è importante che il rapporto calcio/fosforo della dieta sia mantenuto tra 0,9 e 1,7 per i bambini.

Sotto forma di fosfati inorganici o di esteri organici il fosforo è un componente di tutti gli organismi viventi. Per questa ragione, la sua presenza nella dieta in quantità adeguata è critica per il supporto di importanti funzioni metaboliche. I fosfati degli zuccheri sono componenti strutturali di nucleotidi-acidi nucleici e i fosfolipidi sono costituenti di tutte le membrane biologiche (si veda la voce relativa).

La larga diffusione di questo minerale negli alimenti fa sì che le carenze alimentari siano rare. I prodotti di origine animale, comprese le carni, il pesce, il pollame, il fegato, le uova, il latte, lo yogurt e i formaggi sono particolarmente ricchi in fosfati, ma buone quantità di fosforo si trovano anche nei cereali e in molti legumi. Nel frumento integrale circa un terzo del fosforo è concentrato nella crusca (340 mg per 100 g), a fronte di 140 mg nella farina bianca. Nella crusca, così come nelle noci, esso è presente soprattutto sotto forma di acido fitico. Come abbiamo già anticipato, il latte di mucca ha un contenuto medio di 120 mg di fosforo, che sale fino a 800 mg per 100 g nei formaggi stagionati, mantenendosi intorno ai 400 mg nei formaggi molli.

Va anche ricordato che nella preparazione dei cibi e nelle bevande a base di cola sono presenti fosfati come additivi. I polifosfati, sotto forma di trifosfati, si trovano abbondantemente nel prosciutto cotto e in molti prodotti a base di carne, dove aumentano la capacità di legare l'acqua da parte delle proteine del muscolo. Così il produttore aumenta il peso della carne, ma anche le qualità organolettiche di prosciutto, hamburger e bacon durante la cottura, a causa della maggiore ritenzione di acqua.

I polifosfati hanno anche il vantaggio di ritardare l'irrancidimento delle carni, sequestrando metalli come il ferro e il rame, responsabili dell'ossidazione dei lipidi (si veda la voce lipidi). Essi sono normalmente presenti a livelli pari allo 0,1-0,3%, non nocivi per la salute.

5.2.2 Minerali in tracce

5.2.2.1 Ferro

Di tutti i minerali, il ferro è probabilmente quello più riconosciuto dall'uomo come nutriente e ritenuto intuitivamente necessario. In effetti, l'Organizzazione Mondiale della Sanità riconosce la carenza di ferro come uno dei dieci maggiori rischi per la salute. Una sua carenza (anemia) ha effetti negativi sulla riproduzione, sullo sviluppo cognitivo e sulla capacità lavorativa.

Infatti, esso è il più importante metallo di transizione del nostro organismo, dove si trova sotto forma di due diversi stati di ossidazione, quello ferroso (Fe^{2+}) e quello ferrico (Fe^{3+}), che gli consentono di partecipare alle reazioni di ossido/riduzione con accettazione o cessione di elettroni, essenziali per il metabolismo energetico.

Per ridurre il rischio di reazioni ossidative che portano alla formazione dei pericolosi radicali liberi, il ferro presente nel nostro organismo è quasi tutto complessato in composti di coordinazione con anelli porfirinici. In queste condizioni, esso opera attraverso l'emoglobina e la mioglobina, emoproteine che agiscono da trasportatori di ossigeno.

Circa due terzi del ferro presente nel nostro organismo si trova nell'emoglobina, costituita da quattro subunità di emoproteine, in cui l'ossigeno si lega direttamente all'atomo di Fe^{2+} . Il metallo lega e cede facilmente ossigeno e lo fa circolare negli eritrociti del sangue. A sua volta la mioglobina, che consiste in una molecola di globina e una singola molecola di eme, consente il trasferimento di ossigeno dagli eritrociti ai mitocondri cellulari.

Altre emoproteine sono rappresentate dai citocromi, che sono coinvolti nella catena respiratoria attraverso i processi di ossido/riduzione.

Nel fegato il ferro non è presente né sotto forma di emoglobina, né di mioglobina, ma è legato da proteine di accumulo. La più importante di queste è la ferritina, una proteina complessa contenente 24 subunità polipeptidiche. Il cuore della ferritina arriva a contenere quattromila atomi di ferro.

Questo metallo è abbondante sia negli alimenti di origine vegetale che in quelli di origine animale. La carne ne contiene da 2 a 4 mg per 100 g, soprattutto sotto forma di mioglobina. Quando si lega a una molecola di ossigeno, la mioglobina assume un colore rosso intenso e il ferro eme è presente come Fe^{2+} . Se vi è poco ossigeno disponibile e il ferro ione cede un elettrone trasformandosi in Fe^{3+} , il colore della carne diventa scuro. Di solito, la carne appena tagliata è ricca di ossigeno alla sua superficie e quindi di colore rosso vivo.

I muscoli di animali giovani hanno un colore più pallido perché contengono lo 0,3% in peso di mioglobina, percentuale che infatti negli animali adulti è molto più alta. La carne di bue contiene il triplo di mioglobina rispetto a quella di maiale, che ha per questo un colore molto più chiaro.

Le foglie verdi dei vegetali, i legumi e i cereali integrali contengono fra i 2 e i 4 mg di ferro per 100 g; quantità minori sono presenti nella frutta e nel pesce bianco tipo merluzzo.

Sebbene gli spinaci abbiano un contenuto piuttosto elevato di ferro (4 mg per 100 grammi) e per questo siano tanto amati da Braccio di Ferro, il famoso eroe dei

fumetti, il loro apporto non è determinante per definire i livelli circolanti di questo minerale. Infatti la quantità presente nei cibi che viene assorbita dall'organismo è influenzata sia dallo stato nutrizionale dell'individuo, sia dalla forma nella quale il ferro si trova, eme o non eme. La prima forma, associata principalmente alle carni, al pollame e al pesce, viene assorbita più rapidamente ed è meno influenzata dalla composizione della dieta. Infatti, pur corrispondendo solo al 10-15% della quantità totale di ferro nella dieta, fornisce circa un terzo della quota totale assorbita. La forma non eme, invece, è quella tipica dei vegetali, dei derivati del latte e dei sali negli integratori. Il suo assorbimento è determinato dalla compresenza di fattori che lo influenzano in modi diversi. Ad esempio, l'acido ascorbico riduce il Fe^{3+} a Fe^{2+} rendendolo più solubile; al contrario l'acido fitico (inositolo esafosfato, IP6) lega il ferro rendendolo insolubile. Infatti, lo stesso acido ascorbico o vitamina C e alcuni acidi organici (es. citrico, malico, lattico) ne favoriscono l'assorbimento, mentre i fitati (v. calcio), i polifenoli contenuti nella frutta, nel caffè, nel tè e nelle spezie e le proteine della soia lo inibiscono.

Una dieta corretta permette di assumere dai 10 ai 14 mg del minerale, una quantità congrua per un buono stato di salute.

Perdite in ferro, dell'ordine di 15-20 mg al mese, si possono verificare nelle donne durante il periodo mestruale, mentre un totale di circa 1 mg al giorno è perduto attraverso le urine e il sudore. La difficoltà di reintegrare tali perdite è dovuta al suo scarso assorbimento nell'intestino e dipende molto dalla natura dei composti in cui esso è presente nella dieta. Nelle diete europee questo tipo di assorbimento è limitato all'ordine del 10%.

La carenza di ferro porta all'anemia, un livello patologicamente basso di globuli rossi o emoglobina, che comporta, come detto, una riduzione dello sviluppo cognitivo nei bambini, problemi riproduttivi e ridotta capacità lavorativa.

I tentativi per risolvere il problema della carenza di ferro ricorrendo a cibi fortificati e supplementati hanno purtroppo avuto finora scarso successo; le iniezioni sono poco tollerate e possono portare a infezioni gravi. La fortificazione richiede a sua volta ferro biodisponibile e quindi più reattivo, con effetti controproducenti nel gusto, nel colore e nella conservazione degli alimenti.

5.2.2.2 Rame

Il rame, in tracce, si trova in tutte le cellule viventi sotto forma di ioni rameici (Cu^{2+}) o rameosi (Cu^{1+}) ed è essenziale, in quanto è un cofattore per molti enzimi che svolgono un ruolo critico nell'ossidazione cellulare.

Lo si trova in una varietà di cibi, a livello di 0,1-0,5 mg per 100 g. Il fegato di molti animali e la soia lo contengono in concentrazioni più alte, mentre è poco presente nel latte.

Gli adulti in Italia ne assumono attraverso la dieta circa 3-5 mg al giorno.

I neonati nutriti esclusivamente con latte vaccino possono andare incontro a una carenza di rame, con conseguente rischio di anemia e osteoporosi.

D'altra parte, il rame in alte dosi può risultare tossico; sotto forma di solfito può stimolare il riflesso del vomito con danni a fegato e reni. Bere acqua proveniente da tubi con piombature in rame può causare intossicazioni e problemi gastrointestinali;

la stessa situazione si può verificare se vengono usati contenitori in rame per conservare i sottaceti.

5.2.2.3 Zinco

Tra i minerali in tracce presenti nel corpo umano lo zinco è secondo solo al ferro a differenza di questo però lo si trova in un solo stato di ossidazione. È un componente essenziale presente nel sito attivo di un gran numero di enzimi, alla cui funzione catalitica partecipa direttamente come tale o come co-catalizzatore. È presente in tutta una serie di alimenti di origine animale quali i crostacei (le ostriche sono in assoluto l'alimento più ricco di questo minerale), la carne di bue o il fegato o i reni, in cui è peraltro più biodisponibile rispetto a cibi di origine vegetale. Infatti, cereali integrali e legumi, pur avendo un contenuto alto o medio di zinco, contengono anche alte quantità di fitati, che agiscono da inibitori dell'assorbimento. Anche le uova possono essere considerate una buona fonte di zinco.

Il sistema immunitario è particolarmente sensibile alla sua carenza, che può portare ad anemia e disturbi gastrointestinali, oltre a ritardi nello sviluppo durante la pubertà.

5.2.2.4 Selenio

Il riconoscimento del selenio quale nutriente essenziale risale agli anni '50; fino ad allora, era considerato un elemento tossico. La sua incorporazione nelle piante è influenzata dall'acidità del suolo e dalla presenza di ferro e di alluminio. Per questa ragione il contenuto di questo minerale nella dieta umana dipende dall'ambiente.

Il contenuto di selenio nell'organismo è di 30-60 mg, per un terzo presenti nello scheletro.

Le noci del Brasile sono ricche fonti alimentari: una sola è sufficiente a soddisfare il fabbisogno giornaliero di selenio. Quantità rilevanti di selenio si trovano anche nelle frattaglie e nei crostacei. In Inghilterra il 20% del selenio alimentare è assunto tramite i cereali e il 40% da pollame e pesce.

Secondo alcuni studi, l'assunzione prolungata di più di 3 mg al giorno può causare sintomi da avvelenamento. È stato ipotizzato che il selenio possa contribuire a proteggere dal cancro alla prostata, ma i risultati più recenti dello studio SELECT, condotto su 34000 soggetti, sembrano smentire questi benefici.

5.2.2.5 Iodio

Lo iodio (secondo l'etimologia greca "colorato in viola") è un non-metallo solido appartenente al gruppo degli alogeni, assieme a fluoro, cloro e bromo. È coinvolto nelle attività enzimatiche delle aloperossidasi, enzimi responsabili di molti processi di alogenazione di substrati organici presenti nel corpo umano. Il suo ruolo più importante è però a livello dei due ormoni tiroidei, la tiroxina e la triiodotironina, dei quali è componente. Il rilascio di questi due ormoni da parte della ghiandola tiroidea regola l'attività metabolica e promuove la crescita e lo sviluppo.

Viene in genere assunto sotto forma di anione ioduro o iodato ed è rapidamente assorbito nell'intestino. Le fonti naturali includono alimenti marini, alghe marine e, in misura minore, frutta, verdure e carne. Per molte popolazioni la fonte primaria è

lo iodio aggiunto al sale di cucina o ai cibi confezionati. In basse concentrazioni, esso può essere assunto dall'aria in prossimità del mare.

La manifestazione visibile della sua carenza è il gozzo, un eccessivo ingrossamento della ghiandola tiroidea. L'assunzione di iodio molto bassa durante lo stadio critico della crescita può causare cretinismo e altre forme di ritardo mentale grave. Effetti collaterali sono la riduzione della fertilità, il rischio di aborti spontanei e l'aumento della mortalità infantile.

Il modo più efficace per eliminare la carenza di iodio è, come detto, l'uso in cucina di sale iodato. È infatti sufficiente integrare il sale, che è utilizzato in tutto il mondo in dosi quotidiane da 5 a 10 g, con 25-50 ppm (parti per milione), per avere un apporto di iodio pari a 150-250 microgrammi al giorno.

In Giappone, dove si ha un grande consumo di alghe marine, il problema non si pone.

Per approfondimento, si consiglia di consultare il sito www.sinu.it/larn/introduzione.asp.

5.3 Ortaggi e frutta

Ricche di vitamine, minerali e fibra, ma relativamente povere di calorie e di sodio, frutta e verdura sono alla base di una dieta corretta ed equilibrata, come indicano anche esplicitamente le linee guida per una sana alimentazione italiana (INRAN, 2003). Nella piramide alimentare italiana, ortaggi e frutta sono localizzati al primo gradino e, pertanto, rappresentano gli alimenti per i quali si raccomandano le quantità di consumo maggiori.

Ortaggi e frutta sono composti prevalentemente da acqua, che può rappresentare fino al 96% del peso totale (ad esempio nell'anguria) e si caratterizzano, infatti, per la bassa densità energetica (cioè per la bassa quantità di calorie contenuta in un grammo di alimento), oltre che per l'apporto importante di micronutrienti (vitamine, minerali, fibre solubili e insolubili). Il basso tenore calorico contribuisce a raggiungere una soddisfacente sensazione di ripienezza e di sazietà durante il pasto, senza eccedere nell'apporto energetico. Tale proprietà riguarda soprattutto gli ortaggi, poiché la frutta contiene anche una discreta quota di zuccheri semplici (glucosio e fruttosio). Alla bassa densità energetica contribuisce anche la fibra, sia solubile che insolubile, costituita da polisaccaridi non digeribili, che fornisce solo la quota trascurabile di energia che deriva dall'assorbimento degli acidi grassi a catena corta prodotti dalla fermentazione batterica a livello del grosso intestino, la minima quantità di grassi (inferiori o uguali allo 0,3%) e l'assenza di colesterolo. In questo senso, la frutta a guscio rappresenta un'eccezione: noci, nocciole, mandorle, arachidi, pistacchi come alcuni frutti esotici hanno un tenore lipidico piuttosto elevato. Minima e di scarso valore biologico è invece la quota di proteine, inferiore o uguale all'1,5% del peso.

L'apporto di ortaggi e frutta con la dieta è importante anche in quanto fonti di fitocomposti di varia natura, presenti in concentrazioni piccolissime, ma di grande interesse dal punto di vista biologico. Clorofilla, carotenoidi, antocianine, quercetina, isotiocianati, flavonoidi, allilsolfuro, licopene sono solo alcuni di questi, che svol-

Qual è la porzione consigliata di ortaggi e frutta?

Una razione o una QB (Quantità Benessere) di frutta equivale a circa 150 g, una di succo di frutta equivale a 125 ml, una di ortaggi dovrebbe essere di circa 250 g e di 50 g per l'insalata. Se ne raccomanda il consumo giornaliero di almeno 5 porzioni (3 di frutta e 2 di ortaggi).

gono un'azione protettiva a livello dei tessuti. Si tratta di composti specifici biologicamente attivi che, insieme agli altri macro- e micronutrienti, caratterizzano l'aspetto, la composizione e il valore nutrizionale dei vegetali appartenenti alle più di 40 diverse famiglie botaniche presenti nella dieta occidentale.

Il complesso delle caratteristiche nutrizionali rende il consumo regolare di frutta e verdura una delle strategie maggiormente raccomandate per il mantenimento della salute e del benessere.

Studi epidemiologici di grandi dimensioni, condotti in paesi diversi, con varie abitudini alimentari, hanno infatti dimostrato i benefici del consumo regolare di alimenti di origine vegetale nella protezione da numerose malattie croniche. Tali benefici non sono invece stati confermati per gli integratori a base di minerali, vitamine e antiossidanti presenti nella frutta e negli ortaggi, suggerendo che i composti biologicamente attivi sono efficaci solo se assunti insieme all'alimento completo.

In particolare, l'aumento dei livelli di assunzione di vegetali è stato associato al minore incremento ponderale, alla riduzione dei livelli di *markers* infiammatori (ad esempio la PCR, proteina C-reattiva), al controllo della pressione sanguigna, alla prevenzione del deficit cognitivo. Cinque porzioni al giorno di frutta e ortaggi corrispondono alla maggiore protezione cardiovascolare. Queste osservazioni sono state confermate dai risultati ottenuti fino ad oggi dallo studio EPIC (*European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition*), condotto su più di mezzo milione di soggetti provenienti da 10 paesi europei tra cui l'Italia.

Dall'EPIC è emerso che, in Europa, meno di una persona su 5 assume regolarmente la quantità di frutta e verdura ottimale. Anche in Italia, uno dei paesi d'origine della dieta mediterranea, i consumi di vegetali sono in leggera flessione (indagine Multiscopo del 2003) e solo il 76,7% degli italiani consuma la frutta almeno una volta al giorno. Inoltre, solo il 2% dei bambini esaminati nell'ambito del progetto "Okkio alla salute" del Ministero della Salute rispetta le raccomandazioni internazionali (5 porzioni di frutta e ortaggi al giorno).

I principali colori della frutta e degli ortaggi sono 5 e coincidono con i 5 gruppi principali di vegetali: bianco (aglio, cipolle, cavolfiore, finocchio, funghi, porri, sedano, castagne, mele, pere), ricchi in quercetina, potente antiossidante e per quanto concerne le crucifere in isotiocianati, che interagiscono con i sistemi enzimatici detossificanti; blu/viola (melanzane, radicchio, fichi, frutti di bosco, prugne, uva nera) per la presenza di antociani, antiossidanti e altre sostanze importanti per la visione, la struttura dei capillari sanguigni e la funzione urinaria; giallo/arancio (carota, peperone, zucca, albicocca, arancia, cachi, limone, mandarino, melone, nespola, pesca,

pompelmo), fonti di vitamina C, β -carotene, flavonoidi con azione antiossidante; rosso (barbabietola rossa, pomodoro, ravanello, anguria, arancia rossa, ciliegia, fragola) per il licopene, anch'esso potente antiossidante e per gli antociani; verde (agretti, asparagi, basilico, bieta, broccoli, carciofi, cetrioli, cicoria, indivia, lattuga, prezzemolo, rughetta, spinaci, zucchine, olive, kiwi e uva) con clorofilla e carotenoidi e, per quanto riguarda i vegetali a foglia, acido folico.

5.3.1 I benefici della frutta e degli ortaggi

Grazie alla presenza di fitochimici, tutti gli alimenti che assorbono la luce nello spettro del visibile e sono pertanto colorati (dal giallo dello zafferano al blu-viola della melanzana), hanno proprietà antiossidanti: hanno cioè la capacità di difendersi e difenderci dai danni causati da una eccessiva formazione di radicali liberi. Ogni colore è indicativo della presenza predominante di uno o più fitochimici dotati di meccanismi antiossidanti e azioni protettive diverse. Ecco quindi che uno dei consigli più semplici e di facile attuazione, quando si vuole arricchire la propria dieta con frutta e vegetali, è di combinare alimenti di diverso colore.

L'azione antiossidante dei fitochimici è coadiuvata da quella di vitamine e oligoelementi. Tutte le vitamine possono essere ricavate dai vegetali, ad eccezione della vitamina B12 (presente solo nei cibi di origine animale) e delle vitamine A e D presenti nei vegetali solo sotto forma di pro-vitamine (β -caroteni precursori della vitamina A ed ergosterolo e 7-deidrocolesterolo precursori della vitamina D). Le vitamine o pro-vitamine con attività antiossidante sono la vitamina C, la E e i β -caroteni. Per quanto riguarda gli oligoelementi, tutti i frutti e i vegetali sono ricchi di manganese; alcuni (ad esempio la patata) possono diventare una buona fonte anche di selenio se coltivati in terreni che ne contengono in quantità adeguata. Manganese e selenio sono indispensabili per l'attività di alcuni enzimi (definiti per questo metallo-enzimi) in grado di neutralizzare i radicali liberi. Nei pazienti sottoposti a trapianto d'organo o emodializzati cronici, i sistemi antiossidanti sono compromessi proprio in seguito alla cronica deficienza di selenio causata dalla malattia o dai trattamenti terapeutici.

È ormai riconosciuto che l'attività antiossidante di alcuni fitochimici e delle vitamine svolge un ruolo fondamentale nella protezione dalle malattie cardiovascolari. Questi composti, infatti, si incorporano nelle lipoproteine a bassa densità (LDL), impedendo l'ossidazione dei lipidi in esse contenuti, un processo che è unanimemente riconosciuto come responsabile del danno vascolare all'origine della patologia arteriosclerotica, dell'instabilità delle placche e della trombosi.

Ma le proprietà benefiche dei fitochimici non si limitano all'attività antiossidante. Alcuni (ad esempio i composti solforati presenti nell'aglio) hanno la capacità di modulare l'aggregazione piastrinica inibendo la sintesi del trombossano, un composto dotato di potente attività pro aggregante-vasocostrittrice, e di ridurre l'assorbimento e la sintesi di colesterolo. Altri controllano lo sviluppo di reazioni infiammatorie sistemiche, un fattore critico nelle malattie cardiovascolari, garantendo l'azione benefica a livello cardiovascolare. In aggiunta all'attività antiossidante, molti fitochimici sono in grado di penetrare nella cellula e agire a livello del nucleo inducendo la

neosintesi di proteine necessarie ad altre importanti funzioni. Così, il licopene è importante per la sintesi di proteine impegnate nella connessione e nella comunicazione cellula-cellula, nell'aumentare le difese contro il rischio di cancro alla prostata e nel rallentare la progressione del tumore mammario. La luteina, invece, si accumula nella retina dove previene la degenerazione maculare, la più comune causa di cecità nell'anziano.

La protezione vascolare è anche favorita dall'azione ipocolesterolemizzante delle fibre, in particolare delle pectine contenute in grande quantità nella frutta. I meccanismi di questa attività sono riconducibili all'aumentata escrezione fecale di acidi biliari (prodotti del metabolismo del colesterolo), di acidi grassi e del colesterolo stesso. Questo aspetto rafforza, per via naturale, l'efficacia della frutta e degli ortaggi che sostituiscono nella dieta cibi contenenti grassi e colesterolo.

L'alto contenuto di fibre e di minerali, quali potassio e magnesio, negli alimenti di origine vegetale si ripercuote positivamente anche sui valori della pressione sanguigna con effetti più evidenti nei soggetti ipertesi. Alcune delle vitamine più abbondanti presenti negli alimenti vegetali (C, E, acido folico e β -carotene) migliorano anche le capacità di difesa del sistema immunitario, soprattutto negli anziani. In particolare, grazie a queste vitamine viene potenziata l'attività di una classe di linfociti, i *natural killer*, chiamati così in quanto sono in grado di distruggere ogni elemento cellulare riconosciuto come estraneo e di riconoscere e combattere le cellule tumorali.

Gli isotiocianati presenti nelle liliacee (aglio, scalogno, cipolla) e nelle crucifere (cavolini di Bruxelles, broccoli, cavoli e crescione) sono invece importanti attivatori di enzimi impegnati nella detossificazione epatica, mentre i flavonoidi di alcuni alimenti vegetali possono esercitare l'effetto opposto. La naringenina del succo di pompelmo, ad esempio, inibisce la biotrasformazione epatica di alcuni farmaci (ad esempio del farmaco antiipertensivo nifedipina) o della caffeina. Attenzione quindi ai farmaci assunti a colazione e, se non vogliamo rinunciare alla spremuta di pompelmo, non esageriamo nemmeno con il caffè.

Una maggiore assunzione di fibre e minerali come il potassio e il magnesio attraverso una dieta ricca di frutta e verdura, rappresenta anche un utile mezzo non farmacologico per il controllo della pressione arteriosa. Tra gli alimenti vegetali con attività ipotensiva, il più studiato è ancora una volta l'aglio che potrebbe esercitare questo effetto attraverso l'aumento di adenosina e ossido nitrico, due molecole con attività vasodilatante.

Infine, non bisogna dimenticare l'attività antibatterica e antivirale di alcune piante, resa possibile da fitochimici dotati di una vera e propria attività antibiotica e sintetizzati dalla pianta per difendersi da microrganismi patogeni. È nota, ad esempio, l'efficacia del succo di mirtillo rosso per il trattamento e la prevenzione delle infezioni urinarie nella donna o l'attività antimicrobica dell'aglio nei confronti dell'*elicobacter pylori*, il batterio associato alla comparsa di ulcere gastriche e a un maggior rischio di cancro allo stomaco.

Fra gli antimicrobici naturali vanno ricordati il timolo, presente in timo (*Thymus serpyllum*), origano (*Origanum vulgare*), salvia (*Salvia officinalis*) e l'eugenolo, che è il componente principale dei chiodi di garofano e del pepe (*Piper nigrum*) della Giamaica.

La dieta vegetariana

Si parla sempre più spesso dei benefici della dieta vegetariana (che esclude le carni) o vegana (che prevede l'eliminazione oltre che di carne e pesce anche di latte e uova), in contrasto con gli effetti negativi del consumo di una dieta onnivora (e non equilibrata) tipica del mondo occidentale.

In generale i vegetariani seguono uno stile alimentare migliore dal punto di vista nutrizionale e uno stile di vita "più salutistico", con più attività fisica, maggiore attenzione alla composizione dei pasti, il cui consumo è più regolare con livelli di assunzione di fibra più elevati.

I benefici della dieta vegetariana, suggeriti dagli studi osservazionali, non sono stati però confermati da quelli di intervento. Infatti, sottoponendo a una dieta vegetariana soggetti inizialmente a dieta onnivora, non sono state osservate variazioni importanti in termini salutistici. Pertanto, i benefici della dieta vegetariana o vegana osservati in generale sulla riduzione degli eventi cardiovascolari, sono stati associati più allo stile di vita tipico dei vegetariani, che nel suo complesso è diverso da quello dei soggetti onnivori, che alla composizione della dieta in quanto tale. Tuttavia, l'adesione alla dieta vegetariana o addirittura vegana espone al rischio di alcune carenze nutrizionali. Essa comporta infatti un'assunzione ridotta o quasi nulla di proteine nobili, che possono essere rimpiazzate solo parzialmente dalle proteine vegetali, anche se ottenute combinando legumi e cereali integrali. L'assenza di proteine animali compromette anche l'assorbimento di vitamine del gruppo B e di ferro, la cui disponibilità è ridotta con gli alimenti di origine vegetale.

Anche l'apporto di grassi polinsaturi n-3 EPA e DHA, tanto importanti per la salute e contenuti in concentrazioni elevate solo nei pesci, può essere basso per chi segue una dieta che escluda anche gli animali acquatici.

Le proprietà antiossidanti del rosmarino (*Rosmarinus officinalis*) e della salvia sono dovute all'acido carnosico, presente nella pianta fresca e all'origine di una serie di reazioni di ossidazione a cascata con formazione di carnosolo e rosmanolo, che sono di per sé antiossidanti e a loro volta precursori di altre specie in grado di catturare radicali.

Estratti di rosmarino sono già utilizzati in prodotti a base di carne, dato che uniscono una benefica attività antiossidante alla principale funzione aromatizzante.

5.3.2 La frutta

5.3.2.1 Aromi di frutta e vegetali

L'aroma dei frutti è dovuto soprattutto alla presenza di esteri, composti organici derivanti dalla reazione di una molecola di acido carbossilico con una molecola di alcol e con la contemporanea perdita di una molecola di acqua. Ad esempio, una

nota aromatica caratteristica delle mele è data dall'acetato di etile (estere etilico dell'acido acetico), nelle pere dall'acetato di esile (estere dell'acido acetico con esanolo, l'alcol a 6 atomi di carbonio).

Nelle ciliegie l'aroma è principalmente dovuto a un'aldeide aromatica, la benzaldeide, che è presente anche nelle mandorle, a un alcol terpenico (linalolo) e a un derivato fenolico (eugenolo).

L'aroma tipico delle pesche mature è invece legato a esteri ciclici di acidi carbossilici, i cosiddetti lattoni, che si ritrovano anche nel cocco. Nei meloni, d'estate, sono stati individuati più di 200 esteri diversi che contribuiscono al loro aroma.

L'aroma della frutta dipende da molti fattori, non ultimo dalla varietà della specie di piante coltivate (cultivar). In uno studio approfondito 28 diverse varietà di albicocche sono state suddivise in 4 gruppi, in funzione delle concentrazioni relative di 33 componenti volatili: gruppo I, ad alto contenuto in composti terpenici, con aroma di cedro; gruppo II, con alta proporzione di lattoni e gusto di pesca; gruppo III, ad alto contenuto di esteri e basso contenuto di terpeni, con gusto fruttato; gruppo IV, ad alto contenuti di esteri.

Anche l'aroma dei pomodori è fortemente influenzato dalla varietà, che va scelta in funzione della preparazione che si desidera ottenere, e può essere fruttato, floreale, fresco o dolce.

Oltre alla varietà, giocano un ruolo importante anche le condizioni di crescita, i nutrienti e i minerali del suolo (il *terroir*), così come la temperatura. Per esempio, il contenuto di oli volatili presenti nel basilico è diverso a seconda della temperatura di crescita; a 25°C la quantità di oli volatili, quali il linalolo, l'eugenolo e il 1,8-cineolo, è più alta che a 15°C.

Anche le condizioni di conservazione dei prodotti dopo il raccolto hanno un impatto importante sulle qualità gustative dei prodotti. Ad esempio, i pomodori perdono il loro aroma se vengono tenuti a temperature più basse rispetto alla temperatura ambiente e in ambienti con bassi livelli di ossigeno.

5.3.2.2 Maturazione della frutta

La maturazione della frutta comporta molti eventi, che si verificano contemporaneamente: la diminuzione dell'amido e dell'acidità, l'aumento degli zuccheri, i cambiamenti di colore, l'aumento degli aromi, il cambiamento della struttura-consistenza.

In molti casi queste modificazioni sono la conseguenza di processi enzimatici; durante le fasi della maturazione i frutti producono l'etilene, una semplice molecola gassosa costituita da due atomi di carbonio, uniti fra di loro da un doppio legame e legati a due atomi di idrogeno. Esso può essere aggiunto dall'esterno per accelerare la maturazione dei frutti acerbi ed è particolarmente indicato per banane, pomodori, pere e avocado. Vi sono però dei frutti, quali l'anasas, i meloni, le bacche in genere, le ciliegie, i frutti del cedro, che non rispondono all'azione dell'etilene e che, una volta raccolti, non aumentano il loro tenore zuccherino, né diventano più dolci col passare del tempo. Essi devono perciò essere staccati dalla pianta al giusto momento di maturazione.

Gli antiossidanti sono tutte quelle sostanze che impediscono o rallentano la velocità delle reazioni di auto-ossidazione di composti organici e inorganici. Centinaia di composti, sia naturali che sintetici, hanno proprietà antiossidanti, ma ovviamente non tutti possono essere utilizzati come additivi in campo alimentare. Il loro primo scopo è la conservazione dell'alimento.

Inizialmente, il concetto di ossidazione dei cibi si identificava con la loro combinazione diretta con l'ossigeno, ma successivamente esso ha acquistato un significato molto più generale. Per ossidazione si intende un processo che comporta la perdita di elettroni, mentre la riduzione è il processo inverso, cioè l'acquisizione di elettroni. Antiossidanti che rientrano in questa definizione includono *scavenger* (spazzini, catturatori) di radicali liberi, di ossigeno singoletto, inattivatori di perossidi, sostanze in grado di chelare ioni metallici, inibitori di enzimi pro-ossidativi.

Un esempio facilmente verificabile di ossidazione in campo alimentare è dato dall'irrancidimento del burro, degli oli e degli acidi grassi in generale, per azione dell'ossigeno dell'aria. Il processo di ossidazione porta alla perdita delle caratteristiche organolettiche originali; basta però l'aggiunta di piccole quantità di antiossidante per consentire la conservazione, anche per lungo tempo, delle proprietà di partenza.

A parte l'ossigeno atmosferico e i comuni ossidanti chimici, sono da considerare, fra gli ossidanti, i famosi "radicali liberi", composti chimicamente molto reattivi, che derivano formalmente dalla perdita di un atomo di idrogeno in un legame C-H da parte di un composto organico e conseguente presenza di un solo elettrone spaiato sull'atomo di carbonio. A causa di questo elettrone spaiato, i radicali sono specie molto instabili, che reagiscono immediatamente con tutto ciò che trovano nelle vicinanze. La loro importanza in biologia e medicina può essere facilmente compresa se si considera che essi reagiscono molto facilmente con le molecole e le macromolecole organiche dei vari sistemi biologici, alterando in certi casi funzioni biochimiche essenziali (stress ossidativi).

I radicali liberi sono prodotti in piccole quantità come sottoprodotti cellulari in condizioni fisiologiche, quando le cellule stesse producono l'energia necessaria per assolvere le loro funzioni metaboliche. La loro quantità aumenta rapidamente in seguito a radiazioni ionizzanti, per effetto della luce o della metabolizzazione di farmaci e sostanze tossiche.

Una volta formati, danno luogo a un processo a catena; la reazione con un'altra molecola neutra genera un nuovo radicale (la cosiddetta propagazione della catena) e il processo continua finché si arresta per accoppiamento di due radicali (terminazione della catena).

La tipica azione di un antiossidante è quella di *radical scavenging* (cattura di radicali): in questo processo, l'antiossidante si trasforma a sua volta in radicale, il quale però, essendo particolarmente stabile, non dà inizio a una nuova reazione radicalica a catena.

Anche la conversione biochimica dell'ossigeno in acqua genera specie radicaliche particolarmente reattive capaci di attaccare, ad esempio, i fosfogliceridi, componenti della membrana cellulare derivanti da acidi grassi insaturi e i lipidi in generale. I prodotti che ne derivano sono i corrispondenti idroperossidi e i loro prodotti di decomposizione, tutti altamente tossici, quali le idrossialdeidi insature o le dialdeidi. Queste ultime, responsabili dell'odore emanato dai grassi rancidi, sono a loro volta molto tossiche, a causa dell'elevata reattività nei confronti delle proteine che sono presenti nelle membrane cellulari.

In natura esistono vari sistemi antiossidanti che difendono i lipidi dalla distruzione ossidativa; fra questi, il più importante è la vitamina E (α -tocoferolo), una vitamina liposolubile (solubile nei grassi) in grado di interrompere la reazione di propagazione a catena da parte dei radicali, dato che cattura i radicali perossilipidici e produce un radicale tocoferossile più stabile. I tocoferoli sono molto diffusi nei tessuti delle piante; infatti, gli oli di semi rappresentano la fonte principale di tocoferoli naturali. Vi sono anche numerosi antiossidanti di sintesi, che sono strutturalmente progettati per simulare il comportamento della vitamina E. Fra essi possiamo ricordare il propil- e il decil-gallato, il 2,6-di-t-butil-p-idrossitoluene, il t-butil-4-idrossianisolo, il t-butil-idrochinone e l'ascorbil-palmitato.

L'indice del potere antiossidante di un qualsiasi composto viene espresso facendo riferimento a un antiossidante standard, il Trolox, un equivalente idrosolubile della vitamina E.

I tocotrienoli, meno comuni dei tocoferoli, sono presenti negli oli di palma, di crusca di riso e di germe di grano, così come nei cereali e nei legumi.

A differenza dei tocoferoli, l'acido ascorbico (vitamina C), che si trova nella frutta e nei vegetali, è un antiossidante solubile in acqua. Esso esercita il suo effetto antiossidante attraverso tutta una serie di meccanismi, incluse varie modalità di *quenching* di ossigeno, la riduzione dei radicali liberi e la rigenerazione di ossidanti primari. L'effetto dell'acido ascorbico sulla stabilità dei lipidi è dovuto in primo luogo alle sue interazioni sinergiche con altri ossidanti quali l' α -tocoferolo, l'acido citrico e i derivati fenolici. È proprio grazie alla concomitante presenza di acido ascorbico che la vitamina E si rigenera sulla superficie della membrana cellulare. Assieme alla vitamina E, è la vitamina C a fare la parte del leone nel mercato degli antiossidanti; essa è contenuta nella frutta del genere *Citrus* ed è essenziale per la sintesi del collagene. Viene chiamata acido ascorbico perché combatte lo scorbuto.

L'acido citrico è un acido organico presente in frutti come il cedro, il limone, il ribes, il mirtillo, la sorba e anche nel tabacco, sotto forma di sale di potassio e calcio. Lo si trova anche in molte bevande dissetanti di gusto acidulo e in prodotti di

pasticcERIA. A causa delle sue proprietà antiossidanti trova anche impiego in numerosi prodotti alimentari, dal latte in polvere o concentrato e zuccherato ai pesci, ai pre-confezionati a base di carne, alla frutta e agli ortaggi.

Anche l'acido tartarico è molto diffuso in natura, sia sotto forma libera che sotto forma di sali, soprattutto nel succo d'uva, ma anche nel tamarindo e nelle sorbe. Il suo sale acido di potassio precipita durante la fermentazione del mosto a causa dell'aumento della concentrazione dell'etanolo, nel quale esso è poco solubile, e si ritrova come deposito sul fondo delle botti e delle bottiglie (il cosiddetto tartaro o cremor di tartaro). Viene usato nelle bevande analcoliche, nei prodotti da forno, nei dessert preparati con gelatine.

L'acido fosforico trova un impiego simile nelle bevande, alle quali conferisce anche un aroma particolare. Come tale o sottoforma di sali si ritrova in molti formaggi freschi, ad eccezione della mozzarella, e in alimenti come il prosciutto cotto.

Altri antiossidanti sono stati scoperti recentemente, come la capsantina, il principale pigmento rosso della paprika, i triterpenoidi contenuti nell'avena, quali le avenacine e gli avenacosidi A e B. Questi svolgono un ruolo particolarmente importante dato che impediscono l'ossidazione del colesterolo LDL, il "colesterolo cattivo", che porterebbe alla forma ossidata, quella che danneggia le arterie.

Numerose piante aromatiche hanno un'attività antiossidante simile a quella della vitamina E, gli estratti del rosmarino, lo zenzero, la salvia e i chiodi di garofano per citarne solo alcuni, con salvia e rosmarino in posizioni predominanti.

Interessanti proprietà nutrizionali sono esercitate anche da tirosolo e idrossitirosolo, composti fenolici presenti nei vini bianchi e anche nell'olio di oliva (Dudley et al., 2008). Infatti, l'olio extravergine d'oliva unisce alla componente lipidica, prevalentemente costituita da acido oleico, la presenza di una serie di composti ad attività antiossidante, rappresentati principalmente da agliconi dell'oleuropeina e del ligstroside e da diversi derivati, i cui prodotti terminali sono l'idrossitirosolo e il tirosolo. Le concentrazioni nell'olio di tali composti, che dipendono dal clima, dall'area geografica, dalla latitudine e dal grado di maturità dell'oliva, variano da 50 a 800 mg/kg, con valori medi negli oli in commercio pari a 180 mg/kg. I fenoli e soprattutto gli ortodifenoli, come l'idrossitirosolo, l'oleuropeina e i derivati, contribuiscono in modo importante alla stabilità dell'olio all'ossidazione.

Poiché il consumo di olio d'oliva nell'area mediterranea, calcolato sulla base della scomparsa di prodotto dal mercato, è di circa 30-50 g pro capite al giorno, e il contenuto di polifenoli è di circa 180 mg/kg di prodotto, si stima che l'assunzione giornaliera complessiva di polifenoli possa arrivare ai 6 mg/die. Quali e quanti di questi composti siano biodisponibili e quindi responsabili dell'attività antiossidante è difficile da definire. Tuttavia, sapendo che l'attività antiossidante dipende dal numero di -OH reattivi, sono stati esclusi i monofenoli che, avendo un solo ossidrilico, sono praticamente privi di attività antiossidante ed è stato stimato che, consumando regolarmente l'olio d'oliva, si assumono 2 mg al giorno di idrossitirosolo-equivalenti (Vissers et al., 2004).

Gli antiossidanti sintetici sono stati introdotti nell'industria alimentare negli anni quaranta, quando si scoprì l'idrossianisolo butilato (BHA) e l'efficacia antiossidante di molti esteri dell'acido gallico. Il loro uso ai nostri giorni è tuttavia limitato a causa del sospetto che abbiano potenziali effetti cancerogeni.

6.1 Carotenoidi

I carotenoidi rappresentano uno dei gruppi di pigmenti più diffusi in natura; ne sono stati identificati più di seicento. Dal punto di vista chimico essi sono una classe di idrocarburi costituiti da otto unità isoprenoidi, che nella maggior parte dei casi derivano da una catena polienica di 40 atomi di carbonio, contenente fino a 15 doppi legami coniugati, che può presentare gruppi terminali ciclici e gruppi funzionali contenenti ossigeno.

Sulla base della loro struttura chimica essi possono essere classificati in due grandi famiglie: gli idrocarburi comunemente noti come caroteni e le xantofille, che sono i derivati ossigenati di questi idrocarburi.

Tra i diversi carotenoidi, circa 50 fanno parte della dieta umana e di questi solo 10 vengono assorbiti e sono quindi presenti nel plasma umano. Le proprietà fisiologiche attribuite a questi composti sono associate alla loro capacità di agire da antiossidanti, cioè alla capacità di agire da spazzini (*scavenger*) di radicali liberi e alla capacità di essere trasformati in apocarotenoidi (prodotti della scissione ossidativa dei carotenoidi) come i retinoli, che comprendono tutti i derivati naturali e sintetici della vitamina A (*trans* retinolo).

L'alternanza di legami singoli e doppi nello scheletro polienico consente ai carotenoidi di assorbire l'eccesso di energia e questo può spiegare le loro proprietà antiossidanti in vivo. I colori di questi pigmenti sono il rosso brillante, il rosa, l'arancio e il giallo. La loro composizione è simile nelle foglie di tutte le specie, con la luteina che costituisce circa il 45% del totale, il β -carotene (25-30%), la violaxantina (15%) e la neoxantina (10%).

I carotenoidi della dieta umana oltre che nelle foglie sono presenti nei vegetali, nei fiori e nei frutti (Tabella 6.1).

La biodisponibilità dei carotenoidi è influenzata da molti fattori dietetici e fisiologici, che comprendono il tipo di legame molecolare, la quantità consumata durante il pasto, la matrice in cui essi sono incorporati, il profilo genetico del consumatore.

Essendo liposolubili, il loro assorbimento dall'intestino è facilitato da diete ricche di grassi, anche se la quantità di lipidi necessaria è modesta. Gli isomeri *cis* dei carotenoidi sono più biodisponibili di quelli *trans*.

Anche la preparazione ne condiziona la biodisponibilità nell'uomo. Come indicato in altra parte del testo, quella del licopene contenuto nei pomodori, dopo trasformazione ad esempio per la preparazione della salsa, è doppia rispetto a quella del licopene nel succo di pomodoro tal quale; in seguito al riscaldamento e in combinazione con il suo rilascio dalle cellule lisate durante il processo termico, il licopene isomerizza dalla forma *trans* nella forma *cis*. Lo stesso accade per il β -carotene che, con le carote cotte e nella forma *trans*, viene assorbito maggiormente che con le carote crude.

La causa principale della degradazione dei carotenoidi durante la conservazione e la produzione dei cibi, è l'ossidazione sia per via enzimatica che non, a causa del loro alto grado di insaturazione. L'insorgenza e l'entità di questa ossidazione negli alimenti dipende, oltre che dalla presenza di ossigeno, da altri fattori quali i metalli, la presenza eventuale di altri antiossidanti, l'esposizione alla luce, lo stato fisico, il

Tabella 6.1 Livelli di carotenoidi ($\mu\text{g}/100\text{ g}$) in alcuni vegetali

Fonte	Totale	β -carotene	α -carotene	Luteina	Zeaxantina	Licopene
Albicocca	2196	1766	37	101	31	-
Broccoli	2533	919	-	1614	-	-
Zucca amara	967	84	-	-	-	-
Zucca	186	50	-	-	-	-
Cavolo	226	26	-	-	-	-
Peperone	719	157	-	-	-	-
Carota	9460-15870	4650-9020	3060-4890	360-56	-	-
Peperoncino	2410	1020	-	-	-	-
Lattuga	8480	1290	40	2950	-	-
Arancia	211	14	-	64	50	-
Papaia	3440	59-220	-	38	21	2070
Pompelmo	3500	2340	-	-	-	2770
Spinacio	17300	3250	900	9540	350	-
Mais dolce	1978	59	60	522	437	-
Pomodoro	30900	40-2200	-	10-200	-	2000-5000
Zucca gialla	2120	1180	-	-	-	-

metodo di produzione, il materiale impiegato per il confezionamento e la modalità di conservazione.

Ai carotenoidi si attribuiscono tutta una serie di benefici per il nostro stato di salute (Namitha e Negi, 2010). Circa 50 di essi contengono un β -ionone come gruppo terminale e presentano un'attività di provitamina A. Successivamente all'ingestione, essi sono idrolizzati dagli enzimi intestinali per dare retinale e possono perciò essere introdotti nei cibi, anche in quelli fortificati, per contrastare la carenza di vitamina A. Esercitano anche un'attività di fotoprotezione e vengono infatti usati nella terapia di patologie caratterizzate da fotosensibilità, come i danni della retina ad opera di radicali liberi. I carotenoidi sono infatti considerati i più efficaci catturatori di radicali liberi, quali l'acqua ossigenata, l'ossigeno singoletto, l'ossido d'azoto, l'anione superossido.

Le fonti più ricche di β -carotene sono i frutti di colore giallo, arancio e rosso e i vegetali come le carote, gli spinaci, la lattuga, i pomodori, le patate dolci, le angurie, i broccoli.

Studi rigorosi hanno dimostrato l'esistenza di una correlazione inversa fra livelli di β -carotene nel sangue e il diabete di tipo 2. Tuttavia, un dosaggio suprafisiologico di questo composto, a lungo termine, può essere dannoso. È stata pertanto suggerita una finestra terapeutica per i carotenoidi della dieta, che potrebbe essere influenzata dalla genetica individuale e dallo stile di vita.

Le xantofille sono abbondanti nei frutti gialli e arancio (pesche, mango, papaia, prugne e aranci) e nei vegetali verdi (broccoli, fagiolini, cavolini di Bruxelles, cavoli, spinaci e lattuga). Il licopene, in particolare, si ritrova in concentrazioni elevate nei pomodori.

6.1.1 Il pomodoro

Non si può immaginare la cucina mediterranea e quella italiana in particolare senza pomodoro che, oltre a essere ricco di vitamine e sali minerali, si sposa felicemente alla pasta, alla carne, al pesce e a tanti altri alimenti. Nel pomodoro sono presenti anche antiossidanti idrosolubili e liposolubili in grado di proteggere dall'attacco di radicali liberi: vitamina C e vitamina E, presenti all'interno dei semi, caroteni, luteina e alcuni composti polifenolici in concentrazioni molto ridotte. Molti di questi sono presenti anche in altri vegetali, ma è il licopene (un carotenoide, idrocarburo lineare contenente 11 doppi legami), responsabile del colore rosso del pomodoro, a fare la differenza, come mostrato in numerosi studi clinici.

Per sfruttare al massimo i benefici del licopene è meglio consumare pomodori cotti in un sugo a base di olio piuttosto che pomodori freschi; i lipidi, infatti, facilitano l'assorbimento tissutale del licopene, che di per sé è poco solubile in acqua (idrofobo), aumentandone la biodisponibilità. Va anche ricordato che l'olio di oliva contiene a sua volta antiossidanti quali l'idrossitirosolo, il tirosolo, l'acido cinnamico. Nei sistemi cotti a base di olio di oliva e pomodoro (salse, ragù), la reazione di Maillard e lo scambio di composti fenolici, flavonoidi e carotenoidi, tra l'olio di oliva extravergine e il pomodoro aumentano l'attività antiossidante e la biodisponibilità dei carotenoidi (liposolubili). Inoltre, l'idrolisi e la ripartizione degli antiossidanti fenolici tra l'olio di oliva e la fase acquosa durante la cottura, determina la protezione dei carotenoidi (licopene) del pomodoro e la perdita del sapore amaro dell'olio di oliva. Infine, l'idrossitirosolo libero può essere estratto nella fase acquosa e quindi mantenere la sua integrità strutturale anche dopo 6-8 ore di cottura. Mentre si formano nuovi composti volatili nella miscela pomodoro-olio, al contempo i componenti volatili dell'olio di oliva aggiunto prima della cottura sono protetti dall'ossidazione nel sugo.

Una dieta ricca di pomodori e derivati ricchi di licopene è stata associata a una diminuzione del rischio di sviluppare tumori, soprattutto della prostata e dello stomaco, e malattie cardiovascolari. Il consumo di pomodoro, come tale o in succo, e di licopene come integratore, riduce i livelli di LDL ossidate, potenzialmente aterogene.

6.2 Polifenoli

Anche i composti fenolici sono antiossidanti naturali, presenti soprattutto nel regno vegetale. La loro attività antiossidante deriva dalla singolare struttura ed è dovuta alla grande capacità di cedere idrogeno a molti altri composti.

Tra i polifenoli sono particolarmente diffusi negli alimenti di origine vegetale e dotati di elevata attività biologica, i flavonoidi, che sono suddivisi in sottoclassi (Tabella 6.2). L'interesse del mondo scientifico per questi composti è aumentato progressivamente, poiché alla loro presenza nella frutta e nella verdura vengono associati gli effetti positivi per la salute del consumo di vegetali.

I flavonoidi si trovano nel mondo vegetale prevalentemente sotto forma di glicosidi, ad eccezione dei flavanoli catechine e proantocianidine. La loro struttura si mantiene intatta anche dopo la cottura e, in seguito all'ingestione, fino all'intestino tenue. Il

Tabella 6.2 Principali flavonoidi di origine alimentare. Da: Linus Pauling Institute (<http://lpi.oregonstate.edu>)

Sottoclassi	Flavonoidi	Fonti alimentari
Antocianidine	cianidina, delphinidina, malvidina, pelargonidina, peonidina, petunidina	Frutti di bosco, uva nera, vino rosso
Flavanoli	Monomeri (catechine: catechina, epicatechina, epigallocatechina, ecc.) Dimeri e polimeri (teaflavine, tearubigine, proantocianidine)	Catechine: tè (soprattutto verde), cioccolato, uva, frutti di bosco, mele Teaflavine, tearubigine: tè (soprattutto nero e oolong) Proantocianidine: cioccolato, mele, frutti di bosco, uva nera, vino rosso
Flavanoni	esperetina, naringenina	Agrumi (frutti e succhi): arance, pompelmi, limoni
Flavonoli	quercetina, kempferolo, miricetina	Ampiamente diffusi: cipolle dorate, scalogni, aglio, broccoli, mele, frutti di bosco, tè
Flavoni	apigenina, luteolina	Prezzemolo, timo, sedano, peperoncino
Isoflavoni	daidzeina, genisteina, gliciteina	Soia e derivati, legumi

loro assorbimento a livello intestinale e il loro metabolismo sono determinati dalla struttura chimica e dal microbiota, ovvero dalla microflora batterica intestinale.

La biodisponibilità, generalmente bassa a causa della rapida eliminazione, è diversa per le varie molecole: maggiore per gli isoflavoni e minore per i flavanoli e le antocianine.

L'effetto di stabilizzazione, dovuto alla risonanza del radicale fenossilico, ne diminuisce la reattività, rallentando in questo modo la reazione di ossidazione.

La riduzione del rischio coronarico in risposta ai livelli di assunzione di flavonoidi ha trovato conferma in studi epidemiologici americani ed europei, che hanno evidenziato l'importanza di fonti come il tè, le mele, le cipolle e il cioccolato fondente. Come abbiamo già detto più volte, alle molecole antiossidanti è stato attribuito un profilo di attività anti-neoplastica e anti invecchiamento dato che proteggono le cellule dall'attacco dei radicali liberi; possono infatti ostacolare l'azione di composti pro-cancerogeni e contribuiscono a rallentare la proliferazione delle cellule il cui DNA è stato modificato.

6.2.1 Caffè

Il caffè è fra le bevande più consumate al mondo; si valuta che se ne bevano circa 500 miliardi di tazze all'anno. È il secondo prodotto in ordine di importanza nel commercio mondiale, subito dopo il petrolio, con un valore annuale di 10 miliardi di dollari nei soli Stati Uniti. Brasile e Colombia sono i maggiori produttori mondiali con il 39% dell'intero mercato (Butt e Sultan, 2011). L'Italia registra mediamente un

consumo di caffè di 6 kg/annui a persona (fonte: International Coffee Organization). Il caffè è un ottimo stimolante, dato che è ricco in fitocomposti, fra i quali primeggia la caffeina: una tazza di caffè espresso o una di caffè solubile istantaneo ne contengono circa 80-100 mg. Sebbene il componente più noto del caffè sia la caffeina, vi sono altri componenti importanti, dal punto di vista della salute: l'acido clorogenico, l'acido caffeico e l'idrossiidrochinone, che agiscono da antiossidanti proteggendo il nostro organismo dall'azione dei radicali liberi.

La pianta del caffè fa parte della famiglia delle *Rubiaceae*, è perenne e cresce fino ad altitudini di circa 1800 m. Delle 70 specie conosciute, le più importanti sono la *Coffea arabica* e la *Coffea canephora* (robusta), caratterizzate da un gusto diverso e da un diverso contenuto di caffeina. La prima copre il 75-80% del mercato mondiale e contiene quantità più elevate di tocoferoli e una minore concentrazione di caffeina rispetto alla robusta, che ha un gusto meno ricercato. I chicchi, dopo la raccolta, vengono seccati e tostati: questo procedimento comporta delle modificazioni chimico-fisiche dell'aroma e delle proprietà antiossidanti.

Il componente attivo più efficace è certamente la caffeina (1,3,7-trimetilxantina), una polvere bianca cristallina dal gusto amaro, presente in concentrazioni comprese fra lo 0,65 e il 2,3%, assieme ai suoi metaboliti che includono le dimetilxantine paraxantina, teobromina e teofillina. Questi alcaloidi sono considerati stimolanti del sistema nervoso centrale e migliorano le funzionalità cognitive. La quantità massima giornaliera consigliata di caffeina è di 400 mg nell'adulto (circa 5 tazzine di espresso) e 300 mg per le donne in gravidanza. Un consumo eccessivo e regolare infatti può provocare assuefazione, ansia, irritabilità. La caffeina inoltre interagisce con alcuni xenobiotici, in particolare con gli ormoni assunti per curare problemi di menopausa.

Il caffè è in realtà una delle fonti dietetiche più abbondanti in antiossidanti naturali, i più potenti dei quali sono gli acidi clorogenici. Tra questi il più abbondante è l'acido 5-caffeoilchinico, spesso chiamato acido clorogenico in rappresentanza di tutta la categoria. Presenti in grandi quantità prima della torrefazione del chicco, possono essere ridotti fino al 90% dai processi di lavorazione, dalla temperatura, dalla macinazione. Ne restano comunque concentrazioni importanti e 100 ml di caffè contengono circa 250 mg di acidi clorogenici.

Grazie al contenuto in acidi clorogenici, al consumo moderato di caffè sono stati associati effetti preventivi nei riguardi di patologie oggi molto diffuse, come il diabete di tipo 2 e il morbo di Parkinson.

Nel primo caso è stato proposto che l'acido clorogenico e gli altri antiossidanti polifenolici svolgano un'azione protettiva, inibendo l'assorbimento del glucosio a livello intestinale e aumentando il consumo energetico. Questi effetti sono indipendenti dalla presenza di caffeina e sono stati osservati anche con il caffè decaffeinato. Sul fronte delle malattie degenerative, invece, sembra essere maggiormente coinvolta la caffeina, che potrebbe intervenire sulla tossicità dopaminergica, responsabile dei danni subiti dai neuroni della substantia nigra che regola gli impulsi all'attività motoria.

Le frazioni lipidiche del caffè (contenenti *cafestolo* e *kahweolo*) hanno dimostrato, in modelli sperimentali, proprietà anticarcinogene mediante la stimolazione di enzimi detossificanti. Alcuni ricercatori, tuttavia, hanno ipotizzato che possano aumentare i livelli plasmatici di colesterolo.

Un buon caffè espresso

La base di partenza è un caffè contenente la quantità ottimale di aromi, che deve essere tostato alla giusta temperatura e per il tempo appropriato per sviluppare tutti gli aromi. A questo proposito vale la pena di ricordare che nel caffè verde sono state identificate circa 300 sostanze volatili; a seguito del processo di tostatura se ne aggiungono altre 600. Quindi, il processo di estrazione, con il suo stadio finale di percolazione, deve essere eseguito seguendo principi scientifici.

Una macchina per la preparazione del caffè espresso deve contenere una porzione del caffè macinato in modo da formare un tortino compatto che consenta all'infuso di gocciolare mentre il residuo fisso resta ben separato. La macchina deve anche scaldare l'acqua a circa 90 gradi centigradi e garantire una pressione di circa nove atmosfere.

6.2.2 Tè

In uso da più di 4000 anni in Asia, il tè è la seconda bevanda più consumata al mondo dopo l'acqua. Molto ricco di flavonoidi, il tè contribuisce in modo rilevante all'apporto giornaliero di antiossidanti con la dieta, non solo nei paesi asiatici, ma anche in Gran Bretagna, dove il suo consumo può raggiungere le sei tazze al giorno.

Tra i vari tipi di tè si distinguono generalmente il tè nero e il tè verde, che differiscono sostanzialmente per il modo in cui vengono trattate le foglie. Entrambi i tipi di tè, infatti, provengono dalla *Camellia sinensis*, un arbusto originariamente coltivato in Cina e in Giappone. Una tazza di tè nero contiene 200 mg di questi composti, rappresentati da molecole più complesse rispetto alle epicatechine del tè verde e che si generano nel corso dei processi ossidativi che hanno luogo durante la manifattura delle foglie. Il tè nero, infatti, subisce una serie di reazioni biochimiche, durante la torsione, la fermentazione e l'essiccamento delle foglie, che comportano la polimerizzazione dei componenti originali e la formazione di tearubigine e teaflavine. La capacità di questi composti di chelare ferro e rame e di formare complessi è alla base del loro effetto antiossidante.

Nel tè verde invece si trovano prevalentemente catechine, poiché è preparato trattando le foglie in maniera meno drastica del tè nero, facendole fermentare per poco tempo e, quindi, riducendo l'ossidazione. Per questo, l'infusione delle foglie di tè verde dà una bevanda più chiara.

Il tè verde è la più ricca tra le fonti di catechine (ne contiene il 30%): 200 millilitri di infuso, anche se si tratta di un prodotto industriale, contengono circa 200 milligrammi di catechine (più antiossidanti di un bicchiere di vino rosso).

Nonostante la diversa composizione in polifenoli, l'assunzione di tè nero e di tè verde comporta un potenziale antiossidante plasmatico simile, che fa seguito all'assorbimento dei flavonoidi nel tratto superiore dell'intestino. Tre tazze di tè al giorno per due settimane (equivalenti a 2 g di tè per tazza) possono aumentare le concentrazioni ematiche di tali composti del 25%. Alcuni studi sperimentali hanno dimostrato

Tè verde: il grande rimedio?

La medicina tradizionale cinese e giapponese hanno tenuto in grande considerazione, per migliaia di anni, il tè verde per i suoi benefici effetti sulla salute e sulla durata della vita. Vi sono ora evidenze crescenti che confermano le proprietà benefiche di questa bevanda e cominciano a chiarirsi i meccanismi biochimici che stanno alla loro base. Studi epidemiologici evidenziano che nei paesi ad alto consumo di tè vi è una minore incidenza di tumori; studi sperimentali hanno mostrato che questa bevanda può proteggere contro lo sviluppo di tumori solidi. Vi sono anche indicazioni che riguardano effetti protettivi in casi di leucemie, disturbi cardiaci, artrite e diabete. La sola controindicazione riguarda le donne in gravidanza, nelle quali un alto consumo di tè è stato associato a un'umentata incidenza di difetti congeniti come la spina bifida.

che l'aggiunta di latte al tè ne annulla gli effetti positivi: è stato proposto che le caseine formino complessi con l'epigallocatechina gallato e prevengano la sua interazione con l'enzima nitrossido sintasi, l'enzima che sintetizza il monossido di azoto o NO, responsabile del rilassamento dei vasi sanguigni. Tale dato non è stato però confermato in Gran Bretagna, dove il consumo di latte con il tè è molto diffuso.

Il principale effetto salutistico del tè è la cardioprotezione, supportata da evidenze scientifiche solide, con la ridotta incidenza di cardiopatie e di mortalità per malattie cardiovascolari e il controllo dei fattori di rischio ad esse associati. In particolare, l'assunzione di tre tazze di tè al giorno (circa 240 ml per tazza) è risultata efficace nel ridurre l'incidenza di infarto del miocardio di circa l'11%. I principali meccanismi potenzialmente responsabili di questi effetti sono il miglioramento della funzione endoteliale e una leggera ma significativa riduzione della pressione arteriosa. I benefici dei flavonoidi del tè sono di tipo dose-dipendente e sembrano essere più evidenti nei pazienti con una coronaropatia conclamata.

Da una metanalisi condotta su 9 studi, per un totale di circa 200000 soggetti in sei paesi (Stati Uniti, Giappone, Australia, Cina, Finlandia e Olanda) è emerso che il consumo quotidiano di tè può ridurre anche il rischio di ictus ischemico fatale e non fatale (Arab et al., 2009). Secondo gli autori, l'efficacia nella riduzione del danno post-ischemico, andrebbe attribuita almeno in parte alla teanina, un amminoacido contenuto in dosi elevate nel tè oltre ai polifenoli.

Per quanto riguarda le lipoproteine, oltre all'effetto di riduzione dell'ossidazione delle LDL, i flavonoidi del tè eserciterebbero anche un effetto di riduzione della colesterolemia, dimostrato in soggetti moderatamente ipercolesterolemici a dieta controllata con 5 tazze di tè al giorno.

Il tè non è solo una fonte di antiossidanti, ma è anche una bevanda complessa dal punto di vista chimico. Oltre alla caffeina, contiene infatti quantità significative di vitamina C, B1, B2, acido pantotenico, acido nicotinico, acido folico, carotene. Un suo consumo regolare contribuisce a soddisfare anche il nostro fabbisogno di manganese e di potassio.

6.2.3 Cioccolato

Il cioccolato nel mondo occidentale è fonte di piacere e, allo stesso tempo, di sensi di colpa. Il burro di cacao, il suo componente più importante, è composto da una miscela di acidi grassi saturi e insaturi (trigliceridi), le cui proporzioni relative dipendono dalla zona di origine del cacao. Alcuni dei trigliceridi insaturi hanno un basso punto di fusione e rendono il cioccolato parzialmente liquido. Quando si aggiunge del latte, il livello di trigliceridi insaturi cresce ulteriormente e per questa ragione il cioccolato al latte è più tenero di quello scuro (il cioccolato fondente). Questa miscela ricca di grassi è responsabile, secondo alcuni, dei brufoli e del mal di testa, mentre per altri rappresenta un genere di conforto e un antidepressivo. Si parla anche di sindrome di astinenza da cioccolato.

In tempi recenti, ai miti culturali si è affiancata tutta una serie di evidenze scientifiche a favore del cioccolato. Infatti, anche il cioccolato contiene potenti antiossidanti: un quadrato di cioccolato (40 grammi) apporta più di 900 mg di polifenoli se fondente e meno della metà se al latte (il cioccolato bianco è privo di questi composti); una tazza di cioccolata calda può contenere più di 200 mg di polifenoli. Anche i polifenoli-flavonoidi del cioccolato sono biodisponibili, migliorano la funzionalità dell'endotelio e impediscono l'ossidazione delle lipoproteine a bassa densità (LDL), responsabili dei grassi "cattivi", quelli che contribuiscono all'ostruzione delle arterie coronarie e causano le patologie correlate.

Tra i flavonoidi di interesse cardiovascolare contenuti nel cioccolato, va ricordata l'epicatechina. È stato infatti dimostrato recentemente che il consumo di cioccolato fondente ne aumenta i livelli plasmatici: tale effetto è notevolmente ridotto se il cioccolato è consumato con il latte o se il latte è incorporato nel cioccolato, poiché può interferire con i meccanismi di assorbimento degli antiossidanti. L'effetto inibitore del latte potrebbe essere dovuto alla formazione di legami secondari tra i flavonoidi del cioccolato e le proteine del latte (Serafini et al., 2003).

Il senso di benessere che si prova mangiando la cioccolata è probabilmente dovuto alla presenza di feniletilammina (PEA), una piccola molecola che appartiene alla famiglia delle cosiddette ammine biogene o neurotrasmettitori simpaticomimetici (come, ad esempio, l'adrenalina, le anfetamine). Essa facilita la liberazione di altre ammine biogene quali la dopamina e la noradrenalina e ha quindi un'attività psicotropicamente stimolante. Viene metabolizzata dal fegato molto rapidamente.

La composizione dei trigliceridi del burro di cacao da cui il cioccolato è prodotto (stearato 30-37%, palmitato 24-31% e oleato 33-39%) fa sì che esso sia solido. Quando è introdotto nella bocca il cioccolato assorbe calore e fonde, assicurando una sensazione di piacere, dovuta probabilmente al rilascio, da parte del cervello, di β -endorfina, un peptide con attività oppioide.

Oltre alla lecitina, che agisce da emulsionante abbassando la viscosità, e allo zucchero amorfo (50% del totale), nel cioccolato sono presenti circa trecento composti chimici, inclusi gli stimolanti come le metilxantine (caffeina e teobromina) in piccole ma significative quantità. Altre sostanze con proprietà farmacologiche presenti nel cioccolato sono l'istamina, la serotonina, il triptofano e la tiramina. Molte di queste sostanze hanno attività psicotropa ed è quindi plausibile che l'"at-

Storia del cioccolato

Cacahuatl era il nome dato dagli antichi Maya alla pianta dell'America centrale, i cui semi, una volta tostati, frantumati e ridotti in polvere, venivano fatti bollire in acqua per dare una bevanda dal gusto molto aspro e pungente vista la presenza di pepe, peperoncino e zenzero. Una volta introdotta in Europa dai navigatori reduci dall'America, essa subì una sostanziale modifica nel gusto e le forti spezie della ricetta originale furono sostituite da massicce quantità di zucchero. L'origine etimologica del nome cioccolato, *chocolat* in francese, *chocolate* in spagnolo e inglese, deriva dal termine azteco *xocolatl*.

Durante il periodo storico che va dalle antiche civiltà centroamericane all'epoca coloniale e fino ai primi decenni dell'era moderna, sono stati individuati tre usi principali del cacao e del cioccolato: come energetico per pazienti deboli ed emaciati, come stimolante del sistema nervoso in caso di affaticamento e apatia e come eupeptico e regolatore dell'attività intestinale.

Ai conquistatori europei fu subito chiaro come le preparazioni a base di semi di cacao tostati e macinati avessero soprattutto un effetto energizzante e ricostituente sia sull'organismo che sul tono dell'umore. Tale proprietà era ampiamente sfruttata fin dall'antichità: infatti, con i fiori del cacao venivano preparati i bagni ristoratori per i guerrieri, la bevanda preparata con i semi veniva offerta alle personalità più importanti e quindi più impegnate, per garantire loro l'energia e la determinazione necessarie per affrontare la fatica delle responsabilità. Anche i soldati inglesi di stanza in Giamaica riuscivano a superare lunghi periodi di tempo cibandosi esclusivamente di pasta di cacao zuccherata sciolta in acqua, così come le donne indigene, anche durante la gravidanza, riuscivano a conservare forza ed energia, pur limitando il consumo di cibi solidi.

Come gli abitanti delle colonie del Centro America, gli Spagnoli, gli Inglesi e i Francesi attribuivano tutti i benefici del cacao alla sua composizione complessa. Infatti, in Europa nel XVII secolo era considerato efficace come ricostituente nel trattamento dell'anemia, della tubercolosi e della febbre, come farmaco per i disturbi gastrointestinali e renali e nella cura delle malattie cardiocircolatorie. Fu per lungo tempo, tra il XVII e il XVIII secolo, una bevanda per pochi e, assieme al caffè, un simbolo dello stile di vita degli aristocratici, molto amata dai religiosi, dato che ne era consentito l'uso anche nei giorni di digiuno.

L'attenzione agli effetti terapeutici del cioccolato subisce una battuta d'arresto nella prima metà del secolo scorso, quando se ne evidenziano soprattutto l'apporto energetico e l'impatto psicologico.

tività farmacologica” del cioccolato sia il risultato di una complessa serie di interazioni di cui non è semplice decifrare i dettagli. La crisi di astinenza da cioccolato potrebbe essere collegata alla presenza nel cervello di lipidi (endocannabinoidi) che attivano recettori specifici.

La polvere di cacao e il cioccolato provengono dai baccelli dell’albero del cacao, il *Teobroma cacao* (il nome significa “cibo degli dei”), che vengono raccolti e aperti con mazze di legno. Si recuperano i semi che, una volta vagliati per eliminare elementi estranei, sono sottoposti a un processo di fermentazione e sono successivamente seccati e arrostiti (la durata dell’arrostitimento dipende dall’uso finale che si intende fare, cacao o cioccolato). A questo punto, i semi acquistano il loro caratteristico aroma e gusto, dovuti alle molteplici sostanze presenti. Dopo rimozione dei frammenti dei gusci in corrente d’aria, i chicchi vengono macinati per dare un liquido color cioccolato, noto come “massa”. Questa contiene il 55-58% di burro di cacao, che solidifica per raffreddamento e costituisce la base di tutti i cioccolati e degli altri prodotti da cacao. Se si vuole ottenere la polvere di cacao, si estrae il burro di cacao e si ottiene un residuo solido con un tenore minimo di burro di cacao del 20%, che viene successivamente polverizzato. La percentuale di grassi vegetali permessa nel cioccolato ha creato grandi dispute a livello dell’Unione Europea finché nel 1996 si è stabilito che ciascuno Stato membro può decidere in modo autonomo, fatto salvo che la percentuale di grassi vegetali diversi dal burro di cacao non superi il 5%. Per il cioccolato da bere si aggiungono zucchero e aromi naturali.

Il processo di produzione del cioccolato passa attraverso diversi stadi: quello finale chiamato temperaggio o *tempering* comporta il miscelamento e il raffreddamento del cioccolato allo stato liquido in condizioni di temperatura strettamente controllate, per far sì che il grasso cristallizzi nella sua forma più stabile, delle sei possibili, chiamata fase V. È questa la fase critica, quella in cui il cioccolato acquista la sua levigatezza, le note aromatiche e la consistenza desiderate; questo è il momento in cui il cioccolataio mostra tutta la sua arte. Volendo entrare in alcuni dettagli operativi riguardanti il *tempering*, va sottolineata la particolare criticità del processo di raffreddamento sotto agitazione del cioccolato fuso. Questo innesca la formazione di nuclei di cristalli della forma polimorfica desiderata, che successivamente si estende all’intero processo di cristallizzazione attraverso la massa. In particolare, il cioccolato viene riscaldato a 43-46°C, temperatura alla quale i cristalli di grasso sono fusi; si raffredda a 24-29°C sotto agitazione e si scalda di nuovo a 30-31°C prima dei passaggi successivi. Le condizioni di temperaggio variano a seconda della provenienza dei semi di cacao usati e della percentuale del burro di cacao presente. Il cioccolato temperato viene poi lentamente raffreddato, prima a 18°C, poi a 7°C, prima di essere impacchettato per proteggerlo dall’umidità, dall’ossigeno e dalla luce. Il cioccolato dovrebbe poi essere conservato a una temperatura di 18-20°C e a un’umidità relativa inferiore al 50%, evitando il contatto con la luce. Per avere la consistenza ottimale, le particelle dovrebbero avere al massimo una grandezza di 15-30 millimicron.

Mentre gli americani preferiscono il cioccolato nero, con gusto di fumo, ricavato dai semi del Sud America, gli Europei preferiscono il cioccolato più semplice (“piano”) con un maggiore tenore di cacao.

Se il cioccolato è conservato in condizioni non appropriate, si formano delle sgradevoli macchie grigiastre sulla sua superficie (fiori). Questo fenomeno è stato recentemente studiato da ricercatori svedesi e canadesi attraverso la microscopia elettronica, per capire come la microstruttura del cioccolato influenzi la loro formazione (Rousseau e Smith, 2008). Essi hanno trovato che questi “fiori di grasso” si formano quando il prodotto è esposto a piccole fluttuazioni della temperatura dell’ordine di 2°C, che fanno fondere i cristalli di cacao. Quando questi ricristallizzano, formano strutture appartenenti alla fase VI, che si presentano come aghi, che disperdono la luce dando queste macchie grigiastre. Questo fenomeno diventa più evidente se la superficie del cioccolato presenta imperfezioni, che facilitano la formazione di questi aghi. Nella cioccolata ripiena, il riempimento migra verso l’esterno accelerando la formazione dei “fiori”. Vi sono poi i fiori di zucchero, che si formano quando l’acqua viene a contatto con il cioccolato sciogliendo lo zucchero in esso presente. Dopo evaporazione dell’acqua lo zucchero disciolto ricristallizza dando un sottile film biancastro, sgradevole al palato.

6.2.4 Mele

Nella dieta occidentale le mele costituiscono una fonte importante di polifenoli, ben disponibili per l’assorbimento in circolo dopo l’ingestione, perché presenti in forma libera. Si stima che negli Stati Uniti il 22% dei composti fenolici assunti con la frutta vengano dalle mele, ma anche in Finlandia circa il 95% dei 4 mg al giorno di flavonoidi assunti con la dieta è rappresentato dalla quercetina, fornita in buona parte (64%) dalle mele oltre che dalle cipolle. La maggior parte dei composti antiossidanti si trova nella buccia della mela, che contiene da 2 a 6 volte più composti fenolici e circa 2-3 volte più flavonoidi rispetto alla polpa. Alcune ricerche hanno dimostrato che le mele senza la buccia sono meno efficaci nell’inibizione della crescita delle cellule tumorali rispetto alle mele con la buccia. Le concentrazioni dei composti fitochimici, tra i quali i polifenoli, possono dipendere da fattori diversi come il tipo di cultivar, la maturazione e la conservazione dei frutti, le metodiche di lavorazione.

L’effetto antiossidante della mela (100 g di mele hanno una capacità antiossidante equivalente a quella di circa 1500 mg di vitamina C) è dovuto alla presenza di diversi tipi di quercetina (che si trova esclusivamente nella buccia), oltre a catechina, epicatechina, procianidina, acido cumarico, acido clorogenico, acido gallico e la florizina. La quercetina agisce come sequestratore di radicali liberi, in particolare nei confronti delle specie reattive dell’ossigeno (ROS), come l’acqua ossigenata e l’anione superossido, spesso associate a malattie croniche di tipo cardiovascolare e tumori. La sua particolare attività antiossidante potrebbe essere dovuta al fatto che strutturalmente essa è un catecolo, cioè presenta due ossidrilici vicini nell’anello benzenico, consentendo una maggiore attività di *scavenger* di radicali rispetto ad altri antiossidanti. Studi nell’uomo hanno dato risultati non univoci circa l’effetto della quercetina nello stress ossidativo e come antiaggregante piastrinico.

I benefici del consumo di mele nella prevenzione di malattie cronico-degenerative sono stati confermati dai risultati di importanti studi osservazionali, che hanno di-

mostrato l'esistenza di un'associazione tra il consumo regolare di questi frutti e la riduzione del rischio di sviluppare diabete di tipo 2, patologie cardiovascolari e il miglioramento della funzionalità polmonare.

6.2.5 Ciliegie

Le ciliegie appartengono al genere *Prunus* della famiglia delle *Rosaceae*, che comprende centinaia di varietà che crescono nei climi temperati. Sono considerate un cibo nutriente, a basso contenuto calorico e ricco di componenti bioattive e di importanti nutrienti tra i quali ricordiamo le fibre, la vitamina C, le antocianine, la quercetina e i carotenoidi.

Il maggior produttore mondiale è la Turchia, seguita da Stati Uniti e Iran. La produzione mondiale annuale ammonta a più di 50000 tonnellate di ciliegie dolci e di 10000 tonnellate di ciliegie aspre (amarene): le prime vengono soprattutto mangiate fresche, mentre le altre sono usate in cucina e per preparare dolci.

Le ciliegie dolci rappresentano un alimento ricco dal punto di vista nutrizionale, con un potenziale nel controllo della glicemia e nella prevenzione di neoplasie, disturbi cardiovascolari, diabete e altre affezioni su base infiammatoria, in considerazione della loro capacità di inibire l'attività degli enzimi COX (cicloossigenasi) (McCune et al., 2011).

Le antocianine sono i principali antiossidanti presenti nelle ciliegie, che sono infatti i frutti con la più alta quantità di antiossidanti, seguite dai mirtilli, e il loro contenuto cresce esponenzialmente con la maturazione. Studi sperimentali hanno dimostrato che le procianidine potenziano e migliorano i deficit neuronali e comportamentali legati all'età.

Le ciliegie dolci contengono anche quercetina e fibre (2,1 grammi per cento grammi di frutto), che contribuiscono alle loro qualità salutari attraverso il controllo della glicemia, la riduzione del livello di colesterolo e del senso di sazietà.

Sono anche una buona fonte di potassio nella dieta, con circa 260 mg di potassio per porzione di ciliegie. Nell'ultimo decennio si è osservato che un'adeguata assunzione di potassio (4000 mg/die), abbinata a una riduzione nell'assunzione di sodio e alcol, migliora il controllo della pressione sanguigna e riduce il rischio di infarto.

Tra i composti a struttura polifenolica, gli idrossicinnamati sono quelli maggiormente presenti nelle ciliegie (circa il 40%); oltre ad essere potenti antiossidanti, essi inibiscono l'ossidazione delle lipoproteine a bassa densità (LDL) e bloccano la formazione di sostanze mutagene quali le nitrosammine.

Le ciliegie sono infine indicate per il controllo del diabete, in considerazione del loro indice glicemico (22) che è generalmente più basso di altri frutti quali le albicocche (57), l'uva (46), le pesche (42), i mirtilli (40) o le prugne (39).

*Le tue nascoste bellezze
sono un giardino di melograni
di frutti squisiti
con piante di cipro,
nardo e zafferano,
cannella e cinnamomo,
ogni specie di piante d'incenso,
mirra e aloe
e tutti i profumi più rari*

Cantico dei Cantici, Antico Testamento

La cultura dei “semplici” (varietà vegetali con proprietà medicamentose) risale alle origini della civiltà, al culto della Grande Madre Gea, espressione della natura, in virtù delle loro proprietà terapeutiche. Fra l’altro, essa è stata largamente recepita in tutta la sua importanza dalla scuola medica Salernitana e questa disciplina ha costituito uno dei capitoli fondamentali del già citato *Regimen Sanitatis Salernitanum*. Questo testo ha rappresentato per ben quattro secoli e per tutta l’Europa, una *summa* del pensiero medioevale per vivere in modo sano e in buona salute.

Nel momento in cui ci nutriamo, mettiamo in funzione tutti i cinque sensi, non solo la vista, il gusto e l’odorato, ma anche l’udito e il tatto. Fondamentale è anche la consistenza del cibo o meglio la sua consistenza-struttura (in inglese *texture*). Alina S. Szczesniak è la scienziata americana, di origine polacca, più conosciuta per i suoi contributi allo studio della consistenza-struttura dei cibi. Questa ricercatrice ha sviluppato un metodo, che è ora standard, per quantificare e mettere nella sequenza corretta tutte le proprietà di *texture* percepite dal momento in cui il cibo entra nella bocca fino a quando l’ultima particella è inumidita. Alina Szczesniak definisce tutto ciò in modo succinto come la manifestazione sensibile delle proprietà strutturali dei cibi, scoperte attraverso i sensi della visione, il tatto e la percezione del movimento.

In questo contesto, anche la definizione di aroma altro non è che la combinazione complessa di sensazioni olfattive, gustative e neuronali percepite durante la degustazione. Gli aromi possono essere influenzati da effetti tattili, termici, dolorosi e/o

cinestetici (sensazioni provocate da movimenti) e dalle attese derivanti dalla presentazione visuale dei prodotti. Poiché l'aroma è un'esperienza sensoriale composita, è difficile correlare il concetto di aroma con le componenti chimiche dei cibi (Barham et al., 2010). Vengono chiamati periodi sensibili quei particolari periodi di tempo o età durante i quali un soggetto matura e acquisisce un'estrema sensibilità neuronale per l'immagazzinamento di esperienze sensoriali e di informazioni concettuali. È infatti ben noto che vi sono numerosi periodi sensibili per i diversi aspetti e all'interno di ciascuna delle modalità sensoriali. In confronto ai periodi sensibili per il senso della vista e dell'udito, i potenziali periodi sensibili per gli stimoli del gusto, quali l'apprendimento dell'aroma, sono stati molto meno studiati. Vi sono evidenze che indicano che esperienze molto premature con aromi e cibi, in particolare esperienze di aromi e cibo nell'età prenatale, prima postnatale o nell'infanzia, inducono un'impronta gustativa (*imprinting*) che si manifesta in preferenze per certi aromi e certi cibi nelle età successive (Rohlf's Dominguez, 2011). Recentemente, Mennella e collaboratori (2011) hanno descritto il primo esempio riportato in letteratura sul periodo sensibile per l'apprendimento e l'accettazione del gusto molto aspro e amaro di preparati proteici idrosilati, PHF (*Protein Hydrosylated Formulas*). L'idrosilato, rispetto alle proteine intatte, contiene dei polipeptidi di dimensioni inferiori, più digeribili e tollerabili. Essi hanno mostrato che tutti i neonati inizialmente rifiutano i PHF e sono disposti ad accettarli fra 1,5 e 3,5 mesi di età, ma non oltre, se sono alimentati con questo tipo di formula per un mese. L'esposizione così precoce nella prima infanzia stabilisce un comportamento alimentare a lunga distanza, che si basa sull'accettazione di cibi dal gusto aspro o amaro, quali i vegetali, il cui consumo può prevenire malattie in età più avanzata.

Molti ingredienti allo stato naturale hanno un loro aroma, basta pensare alle fragole o alle mele, tuttavia molti aromi non esisterebbero se non vi fossero tutta una serie di reazioni chimiche che avvengono durante la preparazione dei cibi. Alcune di queste hanno luogo ancora prima della cottura; il primo stadio nella preparazione degli ingredienti freschi spesso prevede la loro rottura in piccoli pezzi (ad esempio, la preparazione della *brunoise*); in molti casi, le pareti cellulari sono compromesse, si liberano degli enzimi che danno inizio a reazioni che alterano l'aroma.

Così, il gusto pungente di molte piante della famiglia delle Crucifere (Brassicacee), quali mostarda, rafano e wasabi, si manifesta quando il danno tissutale e cellulare provoca liberazione di glucosinolati. Questi vengono idrolizzati a isocianati dall'enzima mirosinasi.

Un processo simile avviene in alcune specie del genere *Allium* quali cipolle, cipollotti e aglio, in cui l'aroma caratteristico si genera quando i tessuti della pianta sono danneggiati, liberando l'enzima allinasi. Questo enzima scinde, a sua volta, gli amminoacidi solforati a base di cisteina, di per sé inodori, generando ammoniacca, piruvato e composti solforati volatili, responsabili dell'effetto di pungenza e della stimolazione delle secrezioni lacrimali nel momento in cui si tagliano questi alimenti. Questo processo non avviene o avviene in misura molto più ridotta se l'enzima è denaturato o attraverso il riscaldamento o per acidificazione, abbassando il pH al di sotto di 3.

Un altro modo per produrre aromi nei cibi è quello di ricorrere a reazioni di idrolisi. Molte molecole importanti dal punto di vista nutrizionale sono dei polimeri

quali amidi e proteine, che sono di per sé poco solubili e poco volatili e perciò con poco gusto o scarso aroma. Tutto cambia quando carboidrati o proteine vengono idrolizzati. Un esempio classico è rappresentato dall'idrolisi enzimatica dell'amido ad opera di lieviti, che porta alla formazione di etanolo e anidride carbonica.

Le proteine, a loro volta, possono essere idrolizzate per dare oligopeptidi (peptidi più corti) o singoli amminoacidi. In generale, gli amminoacidi idrofobici hanno un gusto amaro, mentre quelli idrofilici hanno un gusto neutro o dolce. L'acido glutammico, o gli oligopeptidi che lo contengono, danno il gusto dell'umami.

Un secondo processo enzimatico che può degradare la struttura molecolare di molti alimenti è rappresentato dall'ossidazione. A differenza dell'idrolisi, in quasi tutti i casi, l'ossidazione porta ad aromi non desiderabili e deve essere evitata durante la conservazione e la preparazione dei cibi, in particolare dei grassi.

Va infine ricordato che la presenza di componenti aromatiche nei cibi non è sufficiente per descrivere la percezione dell'aroma del cibo *in toto*. Infatti, l'aroma percepito mentre degustiamo un alimento proviene da un complesso processo, dipendente dal tempo di rilascio dalla matrice del cibo di componenti volatili e non volatili. Questo processo ha caratteristiche diverse per ogni cibo specifico; in altri termini, l'interazione dei componenti aromatici con la matrice ha un grande impatto sulla variazione dell'aroma nei cibi. Dato che la maggior parte degli aromi volatili sono non polari, basterà una piccola concentrazione di matrice acquosa nel cibo per farli risaltare. I composti non polari non si sciolgono in acqua, quindi la quota volatile rimane elevata e facilmente percepibile.

Al contrario, in una matrice oleosa sarà necessaria una concentrazione molto più alta di aromi volatili, affinché questi vengano percepiti con la stessa intensità. I composti non polari si sciolgono nelle matrici oleose e quindi la quota residua, volatile e facilmente percepibile, è ridotta.

Tutti conosciamo per esperienza personale che vi sono aromi che si sviluppano quando cuociamo i cibi. Infatti, fra le reazioni più importanti che determinano creazione di aromi, vi sono quelle attivate dal calore. Tra queste, la reazione di Maillard e quella di Strecker sono largamente responsabili non solo degli aromi caratteristici della carne cotta, ma anche degli aromi del pane, del caffè, del cioccolato, dei dolci e così via. Tutti questi aromi sono prodotti per via chimica e come tali sono "non naturali", al contrario di quanto comunemente si pensa. Quando i cibi vengono riscaldati, gli zuccheri riducenti e altri composti carbonilici in essi presenti reagiscono con gli amminoacidi (o altri gruppi amminici includendo peptidi e proteine) per dare una serie complessa di reazioni che producono prodotti volatili e composti ad alto peso molecolare, compresi pigmenti e polimeri eterogenei. Il ricercatore che per primo ha studiato questi processi è stato il francese Louis Maillard nel 1912. La reazione di Maillard spesso avviene in parallelo con altre reazioni, quali la reazione di Strecker e la caramellizzazione degli zuccheri; tutte queste reazioni concorrono a determinare gli aromi, l'imbrunimento e gli aspetti nutrizionali dei cibi durante la cottura. I parametri più importanti che influenzano la generazione degli aromi volatili sono le diverse, possibili combinazioni di: temperatura, tempo, umidità, pH, tipi di ammine e composti carbonilici precursori.

Alcuni aromi identificati nella reazione di Maillard

La composizione degli aromi creati nella reazione di Maillard è di solito molto complessa, ma in alcuni casi sono stati identificati quelli che danno un contributo determinante ad alcuni cibi. Per esempio, un derivato solforato, il 2-furanilmetantiolo, è responsabile dell'aroma del caffè appena tostato, mentre la 2-acetil piridina è l'aroma chiave della crosta di pane e dei popcorn. Nel caso degli aromi della carne sono stati identificati molti composti eterociclici a seconda del tipo di carne e delle condizioni di cottura.

La conclusione che si può trarre da tutto ciò è che la chimica della cucina è molto complessa ed è difficile prevedere nel dettaglio quali aromi si possano sviluppare nella realtà pratica di un processo di cottura del cibo. Anche se possiamo individuare alcuni dei principi generali, non saremo mai in grado di padroneggiare il gusto dei cibi sulla sola base della chimica degli ingredienti; questa è una delle ragioni per cui gli chef continuano ad assaggiare i cibi durante tutto il processo di cottura.

7.1 Le erbe aromatiche

L'aroma e il profumo delle erbe aromatiche sono bene esemplificati dagli oli essenziali, frazioni volatili di odore caratteristico, costituiti da una miscela complessa di terpeni, fenoli, alcoli, aldeidi, idrocarburi aromatici, composti solforati e azotati.

La famiglia delle erbe aromatiche è molto vasta ed esse trovano largo impiego anche in profumeria e cosmesi; ci limiteremo a trattare brevemente solo quelle che trovano maggiore impiego nella preparazione degli alimenti. Di esse possono essere utilizzate foglie, bulbi, stimmi, radici e anche i semi; ne bastano in genere piccole quantità per la pratica culinaria, dato che in genere i componenti attivi possono essere presenti solo in tracce in quanto hanno una bassa soglia di odorabilità, variabile con la sensibilità soggettiva.

Le proprietà aromatizzanti di queste erbe sono largamente influenzate dalla forma sotto cui sono utilizzate, dalle modalità di impiego, dal momento in cui vengono aggiunte ai cibi e dalle tecniche di cottura.

7.1.1 Finocchio

Il finocchio (*Foeniculum vulgare*) è una grande erba spontanea della regione mediterranea, largamente coltivata in particolare in Egitto e Turchia ed è facilmente identificabile per l'odore caratteristico di anice, il sapore dolciastro e la forma delle foglie. È molto ricco in anetolo (che è più dolce dello zucchero da tavola) e in sali minerali, vitamina C, furanocumarine e fibre. Per queste ragioni è tradizionalmente usato per il trattamento di disturbi digestivi e dell'aerofagia.

Oli essenziali e oleoresine

Si indicano con questo nome le componenti volatili delle piante per distinguerle dalle oleoresine. Gli oli essenziali hanno comunque punti di ebollizione piuttosto elevati e per evitare che vengano danneggiati, vengono in genere isolati per distillazione in corrente di vapore, una tecnica che consente di operare a temperature più basse e successivo raffreddamento.

Si presentano in genere come oli incolori o poco colorati e dal punto di vista chimico sono miscele di sesquiterpeni e di terpeni, cioè multipli di unità isopreniche.

Le oleoresine, a differenza degli oli essenziali, vengono estratte dalle piante con solventi organici quali l'etanolo, l'acetone, l'esano, l'acetato di etile o l'anidride carbonica in condizioni supercritiche (cioè a bassa temperatura e alta pressione); in queste condizioni, l'anidride carbonica è allo stato liquido e non nell'abituale stato gassoso. Le oleoresine presentano una consistenza variabile, fino ad apparire semisolide e sono una miscela di componenti volatili e non. Fra queste ultime figurano molti aromi come la piperina del pepe nero, i capsacinoidi del pimento (capsico), la clorofilla, i carotenoidi, cere, mono-, di- e tri-gliceridi e i curcuminoidi, che sono pigmenti naturali.

7.1.2 Prezzemolo

Il prezzemolo (*Petroselinum crispum*) trova generalmente impiego per le sue foglie, che contengono idrocarburi aromatici tra cui il limonene, il mircene e l' α -pinene, oltre a flavoni e furanocumarine. Contiene elevate quantità di vitamine A e C. Nella tradizione è utilizzato come diuretico, in grado di provocare la comparsa di mestruazioni ed è abortivo ad alte concentrazioni per la presenza di apiolo.

7.1.3 Basilico

Il basilico (*Ocimum basilicum*) è una pianta originaria dell'Asia, molto coltivata nella regione mediterranea e nelle isole indiane. È ricco di idrocarburi terpenici quali il metileugenolo, l'estragolo, il linalolo, fonte di oli essenziali ed è di largo impiego anche nel campo alimentare. Il contenuto di oli volatili è diverso a seconda della temperatura a cui si fa crescere la pianta. Piante fatte crescere a temperature più alte (25°C piuttosto che 15°C) hanno un contenuto più alto in oli volatili, eugenolo, linalolo e 1,8-cineolo.

Le foglie sono largamente usate per il trattamento sistematico dei problemi digestivi e in cucina per aromatizzare insalate e pomodori.

7.1.4 Maggiorana

La maggiorana (*Origanum majorana*) è anch'essa ampiamente diffusa nell'area mediterranea e coltivata soprattutto in Egitto; è utilizzata per alleviare i disturbi digestivi, ma trova impiego anche nel trattamento delle affezioni bronchiali. Le sommità floreali e le foglie essiccate vengono spesso usate in alternativa all'origano per conferire un maggior gusto agli alimenti.

7.1.5 Origano

L'origano (*Origanum vulgare*), originario del bacino mediterraneo, soprattutto presente in Grecia, è molto ricco in timolo e carvacrolo. Come fitomedicamento ha impiego simile a quello della maggiorana.

7.1.6 Rosmarino

Il rosmarino (*Rosmarinus officinalis*) si trova principalmente in Marocco, Tunisia e Spagna e le diverse specie differiscono sostanzialmente nelle percentuali di idrocarburi aromatici a seconda del paese di origine. Esso contiene flavonoidi e acidi triterpenici e l'olio essenziale da esso ricavato è ricco di canfora, cineolo e α -pinene. Le sommità fiorite hanno proprietà di colagogo (stimolano la secrezione della bile). Il rosmarino è una fonte tradizionale di antiossidanti naturali; i fenoli in esso presenti proteggono i cibi in cui è usato come spezia da fenomeni di ossidazione.

7.1.7 Salvia

La salvia (*Salvia officinalis*), coltivata in tutte le regioni del Mediterraneo, ha foglie grigie-verdastre, lanceolate, rugose e pubescenti e presenta piccoli fiori blu-violacei. È ricca in flavonoidi, terpeni e fenoli acidi. È utilizzata come anti-spasmodico e le sue proprietà antiossidanti, dovute ai terpeni, sono sfruttate nella preparazione dei cibi.

7.1.8 Timo

Il timo (*Thymus vulgaris*) è un arbusto a steli legnosi con foglie lanceolate o lineari, molto diffuso ovunque nel Mediterraneo e soprattutto nelle regioni meridionali della Francia. Contiene timolo e carvacrolo, fenoli con proprietà antiossidanti, flavoni, triterpeni e acidi fenolici che hanno azione spasmolitica. Trova anche impiego per l'igiene della bocca e nel trattamento sintomatico della tosse. L'olio essenziale da esso ricavato è largamente usato in aromaterapia.

7.1.9 Alloro

Anche l'alloro (*Laurus nobilis*) è ubiquitario. Il suo olio essenziale contiene il cineolo come costituente predominante, oltre a sesquiterpeni e alcaloidi isochinolinici. Analogamente alla salvia, è usato per il trattamento sintomatico di disturbi digestivi.

7.1.10 Menta

La menta (*Mentha piperita*) è una pianta vivace diffusa in Europa, Asia e nelle Americhe e con una tassonomia (criterio di classificazione) particolarmente complessa, data la grande varietà di ibridi. Le sue foglie contengono composti, che vanno dai triterpeni, ai carotenoidi, flavonoidi, fenoli, flavoni e flavonoli. Il costituente maggioritario del suo olio essenziale è ovviamente il mentolo, accompagnato dal mentone. Come accade d'altra parte anche per le altre erbe aromatiche, le loro proporzioni relative variano in funzione delle condizioni di coltivazione, le variazioni climatiche, l'epoca della raccolta.

Il mentolo è utilizzato da più di un secolo come decongestionante nasale e trova largo impiego nelle tisane. Il mentolo è anche largamente usato nell'industria dei profumi, in quella dei liquori e dei dolci.

La menta secca è utilizzata in Germania per curare spasmi intestinali.

7.1.11 Dragoncello

Il dragoncello (*Artemisia dracunculoides*) è tradizionalmente usato per il condimento degli alimenti. È una pianta erbacea, il cui olio essenziale contiene estragolo, ocimeni, limonene e le sue parti aeree vengono utilizzate per il trattamento sintomatico di disturbi digestivi.

7.1.12 Melissa

La melissa (*Melissa officinalis*) è un arbusto con foglie che emanano un odore di limone quando vengono sfregate. L'olio essenziale da essa ricavato è ricco di aldeidi, in particolare citrale, citronellale e di diverse decine di composti terpenici. Ha attività spasmolitica e viene anche usata per facilitare il sonno e nel trattamento sintomatico di stati neurotossici.

7.1.13 Santoreggia

Anche la santoreggia (*Satureia montana*) è tradizionalmente usata per il trattamento di disturbi digestivi e di affezioni respiratorie. Essa ha la peculiarità di svolgere anche un'azione antisettica per piccole piaghe e per l'igiene della bocca.

7.1.14 Crescione

Il crescione (*Nasturtium officinalis*) è una pianta erbacea con proprietà medicinali, con effetti depurativi, diuretici e antibatterici; le sue foglie sono commestibili e utilizzate in insalate.

7.1.15 Rafano

Il rafano (*Armoracia rusticana*), originario dell'Asia, è ricco in sinigrina, un composto dall'aroma pungente.

7.1.16 Cumino

Il cumino (*Cuminum cyminum*) proviene anch'esso da una piccola pianta annuale asiatica e il suo aroma particolare è dato dalla cuminaldeide, che richiama strutturalmente la benzaldeide (essenza delle mandorle amare).

7.1.17 Coriandolo

Le foglie e i semi del coriandolo (*Coriandrum sativus*) contengono un composto, il dodecenale, che ha un'attività contro la salmonella doppia rispetto all'antibiotico gentamicina. Esso potrebbe essere usato in casi di resistenza a certe classi di antibiotici e agisce lisando le membrane delle cellule batteriche in modo simile a un detergente.

7.1.18 Spinaci

Gli spinaci (*Spinacia oleracea*) condividono con altri vegetali (lattuga, bietole rosse, prezzemolo) una particolare ricchezza in nitrati, che potrebbe contribuire a definirne un profilo salutistico (cardioprotezione, attività antiulcera) di particolare interesse; tutto ciò, molto probabilmente, grazie a batteri presenti nella cavità orale. Studi condotti nel ratto, utilizzando diete ricche in nitrati, hanno messo in luce un ispessimento dello strato di muco presente sulla superficie mucosa dello stomaco, che risulta così protetta dall'erosione causata dall'acido cloridrico presente nei succhi gastrici, riducendo il rischio di ulcere. I batteri della bocca svolgono un ruolo vitale nel processo. I nitrati presenti nel cibo sono assorbiti nell'intestino ed entrano nel circolo sanguigno. Da qui essi passano nella saliva (circolo entero-salivare dei nitrati), dove vengono ridotti a nitriti da parte dei batteri orali. La saliva, che viene deglutita in continuazione (circa 1,5 litri al giorno), porta alla formazione di ossidi di azoto, fra cui l'ossido nitrico (NO), nell'ambiente acido dello stomaco. L'ossido nitrico è un'importante "molecola segnale", dotata di spiccata atti-

Chemestesi

La chemestesi è un termine utilizzato per esprimere una sensazione gustativa che non coinvolge l'attivazione dei recettori del gusto e dell'olfatto ma che, in seguito a stimoli fisici, interessa recettori diversi.

Essa può essere definita come l'attivazione chimica di recettori per via fisica. Attraverso il trigemino viene trasmessa al cervello un'informazione relativa a stimoli pungenti, "brucianti" e potenzialmente dolorosi. Nell'uomo esiste una rete di connessioni nervose che origina negli epiteli della cavità nasale-orale e che terminano nei rami del nervo trigemino. I segnali trasmessi attraverso queste connessioni nervose sono responsabili della nostra percezione del senso di pungenza dei cibi e per questa ragione la chemestesi è talvolta definita come "il senso del trigemino". Ne è un esempio la sensazione di calore indotta dal peperoncino o la sensazione di fresco nel caso del mentolo.

vità farmacologica che, aumentando il flusso del sangue nello stomaco, favorisce la formazione del muco. È importante sottolineare che i benefici di una dieta ricca in nitrati si applicano anche alla protezione cardiovascolare; è stato infatti dimostrato, sia nell'uomo che nel ratto, che l'assunzione di succo di bietole rosse si accompagna a un calo dei valori della pressione sistemica e a una ridotta attività protrombotica delle piastrine. L'uso di un collutorio antibatterico riduce la microflora batterica della bocca e impedisce la formazione dell'ossido nitrico per cui viene meno sia l'attività di gastroprotezione che la capacità di controllo della pressione sanguigna.

Tra il 60 e l' 80% dei nitrati consumati nella dieta dei Paesi occidentali provengono, oltre che dagli spinaci, che ne sono particolarmente ricchi, anche da prezzemolo e bietole rosse.

7.2 Le spezie

Le spezie, in sinergia con le erbe aromatiche, sono entrate a fare parte integrante della famiglia degli aromi per migliorare le percezioni olfattive o mascherare odori sgradevoli e per questa ragione è opportuno conoscerne i componenti e le proprietà principali.

La distinzione fra spezie ed erbe aromatiche non è molto netta, dato che entrambe fanno riferimento sia all'aspetto aromatico, che a quello nutrizionale. Con erbe si intendono in genere le parti della pianta prive di tessuti legnosi, mentre le spezie in genere si riferiscono a tessuti quali semi (es. noce moscata), germogli (chiodi di garofano), radici (ginger o zenzero), cortecce d'albero (cinnamomo).

Oggi coltiviamo e usiamo le spezie per arricchire i cibi con aromi, profumi e anche colori particolari derivati dagli oli essenziali e da altri composti organici.

Questi composti vengono sintetizzati dalle piante, da una parte come meccanismo di difesa per respingere i mammiferi che potrebbero nutrirsi, dall'altra come meccanismo di attrazione per gli uccelli che, cibandosene, favoriscono la dispersione dei semi garantendo la sopravvivenza della pianta.

Utilizzate da sempre, soprattutto per insaporire o per conservare i cibi, le spezie possiedono interessanti proprietà digestive conosciute fino dall'antichità. Il primo uso documentato di spezie per le loro proprietà benefiche è quello del timo nella civiltà Sumerica nel 5000 avanti Cristo. Un precursore del curry incominciò ad essere utilizzato in India nel 2000 avanti Cristo, mentre coriandolo, finocchio, cumino, aglio e timo comparvero in Egitto 500 anni dopo. Le spezie erano presenti anche nella civiltà greca e in quella romana, ma il loro uso estensivo fu dovuto soprattutto a Carlo Magno e trovò una ancor maggiore diffusione dopo i viaggi di Marco Polo e la colonizzazione di Africa, Asia e America.

È però solo in anni più recenti che le spezie hanno attratto l'interesse dei consumatori e delle industrie alimentari quali cibi funzionali, dato che, oltre alle loro qualità nutrizionali, sono anche in grado di migliorare la salute e di contribuire alla prevenzione (profilassi) di processi patologici (Viuda-Martos et al., 2011). Solo negli ultimi decenni sono stati studiati i meccanismi d'azione con cui le spezie agiscono, permettendo così di mettere in luce la loro capacità di indurre un aumento della secrezione degli acidi biliari a livello epatico, migliorando la digestione e l'assorbimento dei grassi, e di stimolare significativamente l'attività di una serie di enzimi come la lipasi pancreatica, l'amilasi e alcune proteasi. In seguito a un pasto arricchito con le spezie, quindi, la digestione è in genere sensibilmente più rapida e il tempo di transito del cibo nel tratto gastrointestinale è ridotto.

Inoltre le spezie, essendo prive di valore energetico, non solo insaporiscono alimenti e bevande senza aumentarne l'apporto calorico, ma promuovono anche la termogenesi corporea e aumentano il senso di sazietà. Alcuni di questi composti, in particolare (come il pepe nero, lo zenzero e la capsaicina del peperoncino), potrebbero contribuire al mantenimento del bilancio energetico e alla prevenzione del sovrappeso. Altri componenti delle spezie, secondo dati recenti, svolgono poi effetti biologici potenzialmente interessanti (di natura antiossidante, per esempio): il loro uso, quindi, può riservare interessanti sorprese nell'ottica della relazione tra alimenti e salute.

Alcune spezie sono definite "calde" in quanto stimolanti delle estremità nervose del trigemino; senza la loro pungenza, parecchi cibi perderebbero molto del loro interesse. La sensazione della pungenza orale è molto diversa dal senso del gusto. La prima ha infatti un avvio lento ed è molto persistente nel tempo; al contrario, il senso del gusto raggiunge la massima intensità in pochi secondi dall'introduzione del cibo nella bocca. In molti casi, gli effetti a lungo termine della pungenza rendono al tempo stesso il cibo più gradevole e conferiscono una maggiore sensazione di sazietà.

Come è facilmente intuibile, la chemestesi è tradizionalmente associata all'uso delle spezie del genere *Capsicum* (comprendenti 22 specie spontanee, 5 coltivate e oltre 300 varietà).

7.2.1 Peperoncino

Il peperoncino, probabilmente originario di Bolivia e Perù, è la spezia più diffusa e si calcola che, nel mondo, l'area coperta dalle sue coltivazioni occupi una superficie analoga a quella della Svizzera. Il principio attivo responsabile della sua pungenza è la capsaicina, prodotto esclusivamente nella placenta del frutto e il più importante fra i più di venti capsaicinoidi finora caratterizzati.

Il peperone, a differenza del peperoncino, non è pungente; esso contiene il capsaiato che, pur essendo strutturalmente molto simile alla capsaicina, non è piccante (contiene una funzione esterea al posto della funzione ammidica della capsaicina).

Secondo la scala della pungenza, ideata nel 1912 da Scoville, un farmacista dell'Arizona, e confermata sperimentalmente attraverso l'analisi quantitativa del contenuto in principi attivi (analisi condotta per via gascromatografica), il peperone ha infatti un fattore di pungenza di circa 0, il tabasco 300, il peperoncino 8000-3000000, la capsaicina pura 16000000.

È ormai dimostrato che la capsaicina provoca il rilascio della sostanza P da alcuni nocicettori (recettori che segnalano le sensazioni dolorose), desensibilizzando le terminazioni nervose che diventano insensibili al calore eccessivo e agli stimoli chimici e perdono la capacità di rilasciare i mediatori coinvolti nella trasmissione nervosa e nell'infiammazione. Si ottiene così un effetto analgesico che è stato sfruttato per la preparazione di applicazioni per uso topico da impiegare in casi di dolore cronico, come la neuropatia diabetica e i dolori neuromuscolari. Una revisione sistematica della letteratura scientifica che ha considerato sei studi controllati in doppio cieco, condotti per più di quattro settimane, ha permesso di concludere che la somministrazione topica di una soluzione allo 0,075% di capsaicina è efficace nella riduzione del dolore, che è diminuito del 50-60% rispetto al trattamento placebo. Due *trials* clinici, invece, ne hanno valutato l'effetto nella nevralgia post-herpetica, un dolore neuropatico che interessa circa il 40% dei pazienti con più di sessant'anni un mese dopo l'attacco di *herpes zoster*. L'applicazione di capsaicina si è rivelata efficace in alternativa agli antidepressivi triciclici, che rappresentano il trattamento di elezione. Un recentissimo studio randomizzato condotto nella stessa tipologia di pazienti ha confermato l'efficacia della capsaicina, somministrata in forma di cerotto transdermico.

Anche il dolore associato all'osteoartrite sembra essere ridotto, anche se in modo meno significativo, dall'uso topico di capsaicina, soprattutto con l'aggiunta di glicerolo trinitrato che riduce il rischio di irritazione cutanea.

La capsaicina trova impiego anche nell'aumento della funzione vescicale e per ridurre l'incontinenza urinaria, nella riduzione della nausea e del vomito nel decorso postoperatorio; è stata anche studiata nella cura del prurito associato all'insufficienza renale e come gastroprotettore nel trattamento con antinfiammatori non steroidei.

La capsaicina è tra le spezie che hanno un effetto favorevole sulla spesa energetica, sull'ossidazione dei grassi e sul controllo dell'appetito, in associazione con l'aumento dell'attività del sistema nervoso simpatico. Aumentando il flusso ematico a livello gastrointestinale e modulando le sensibilità neuronali, che influenzano la motilità intestinale e il rilascio di ormoni da parte delle cellule inte-

stinali, la capsaicina sarebbe in grado di modulare appetito e sazietà. L'effetto sulla sazietà sembra dovuto a un meccanismo che coinvolge un particolare recettore, denominato TRPV-1. Secondo uno studio recente, il consumo di circa 1 mg di peperoncino ricco in capsaicina nella fase postprandiale, aumenta le concentrazioni di GLP-1 (*Glucagone-Like Peptide-1*) e tende a ridurre i livelli plasmatici di grelina (ormone peptidico coinvolto nell'assunzione del cibo), confermando quanto già osservato con concentrazioni più elevate dell'alcaloide.

L'attivazione dello stesso recettore TRPV-1 sembra inoltre coinvolto nelle proprietà benefiche della capsaicina a livello cardiovascolare: secondo un recente studio, la capsaicina promuoverebbe il rilascio di ossido nitrico e l'abbassamento della pressione arteriosa.

7.2.2 Pepe

Il pepe nero, quello bianco e quello verde sono originari dell'India e provengono da un albero a liana, il *Piper nigrum*. Il pepe nero viene ottenuto dalle bacche acerbe, a differenza del pepe bianco che viene estratto dalle bacche mature. È la spezia più diffusa al mondo e, benché venga utilizzata prevalentemente in campo alimentare per rendere più piccanti i cibi, trova largo impiego nella preparazione di farmaci e di cosmetici, come conservante e come insetticida. Analogamente alle altre spezie, il pepe aumenta la secrezione dell'amilasi salivare, della lipasi pancreatica, dell'amilasi, della tripsina, della chimotripsina e della lipasi intestinale. Le proprietà digestive del pepe sono correlate alla riduzione del tempo di transito del cibo a livello del tratto gastrointestinale, grazie all'effetto sia sugli enzimi digestivi che sulla secrezione biliare.

Il componente pungente attivo è la piperina, che è presente in misura del 5% circa ed è cento volte meno pungente della capsaicina. Al suo aroma contribuiscono i terpeni del pinene, sabinene, limonene. È opportuno conservarlo in contenitore sigillato e al buio per evitare che la piperina, per effetto della luce, si trasformi in una molecola quasi priva di sapore.

La piperina è un alcaloide irritante che non ha né odore né sapore, ma che modifica significativamente l'intensità del gusto e quindi la percezione dei sapori, in particolare dell'amaro e dell'acidità. Come le altre spezie piccanti il pepe, alle dosi comunemente utilizzate, non danneggia la mucosa gastrica; al contrario, in letteratura è stata descritta un'azione protettiva della piperina nei confronti dell'ulcera gastrica indotta sperimentalmente nel ratto e nel topo.

Inoltre, secondo i risultati di studi sperimentali, la piperina interagirebbe con i lipidi di membrana delle cellule intestinali, modificandone la struttura, aumentando la lunghezza dei microvilli (quindi della superficie assorbente) e la permeabilità. Infine, in uno studio recente condotto sui topi, la piperina somministrata a basse dosi mostra un effetto lassativo, mentre ad alte dosi mostra attività antisecretoria e antidiarroica.

Queste osservazioni giustificano il tradizionale utilizzo del pepe nero nella preparazione di miscele di erbe impiegate nel trattamento dei disturbi della motilità intestinale.

Studi in altri modelli animali hanno dimostrato che la piperina aumenta la biodisponibilità di diversi nutrienti e di alcuni farmaci, dei quali inibisce il metabolismo

in modo non specifico e influenza la spesa energetica o termogenesi, soprattutto agendo sul sistema nervoso simpatico, la cui attività è inversamente correlata al grasso corporeo.

Ricerche in vitro hanno dimostrato per la piperina un'attività protettiva contro il danno ossidativo, che è stata solo parzialmente confermata dagli studi in vivo: a basse concentrazioni essa si comporterebbe quindi come trasportatore (e quindi, funzionalmente, da "neutralizzatore") di radicali liberi, mentre a concentrazioni elevate funzionerebbe da generatore dei radicali stessi. Nel ratto, l'aumento delle difese antiossidanti in seguito a somministrazione di piperina si riflette sulla riduzione dell'ossidazione delle lipoproteine LDL, sulla protezione dal danno ossidativo associato al diabete mellito, sull'effetto chemopreventivo e sul controllo dell'ossidazione indotta da una dieta a elevato contenuto di grassi.

Documentata a livello sperimentale è anche l'attività antinfiammatoria della piperina che, in un modello sperimentale basato sull'uso di macrofagi peritoneali, sarebbe in grado di inibire la risposta infiammatoria indotta da lipopolisaccaridi (LPS). Inoltre, in un modello sperimentale di artrite in vivo, la piperina si è dimostrata in grado di inibire l'infiammazione indotta da urato monosodico.

Recentemente è stata infine evidenziata un'attività neuroprotettiva della piperina, che, in un modello sperimentale che riproduce la patologia di Alzheimer nel ratto, ha avuto effetti positivi sulle performance di memoria e ha ridotto significativamente la neurodegenerazione a livello dell'ippocampo, probabilmente in associazione a una riduzione dell'attività dell'enzima acetilcolinesterasi.

7.2.3 Zenzero

I componenti attivi dello zenzero, una spezia proveniente da una pianta tropicale (*Zingiber officinale*), sono il gingerolo e il suo prodotto di disidratazione (schogaolo), anch'essi pungenti sia pure in misura minore della capsaicina e piperina. Dal punto di vista strutturale, questi composti presentano in catena laterale un fenolo sostituito, cioè lo stesso residuo aromatico dell'eugenolo, il componente pungente dei chiodi di garofano. In Asia, lo zenzero viene usato fresco per aromatizzare carni, pesce e bevande.

Sebbene venga coltivato per le sue proprietà medicamentose e culinarie da almeno 2000 anni, i suoi effetti antinfiammatori e antiossidanti sono stati scientificamente confermati solo in tempi recenti.

È stato infatti dimostrato che diversi componenti dello zenzero inibiscono in modo dose-dipendente la produzione di nitrossido, di citochine infiammatorie e di alcuni enzimi che partecipano al metabolismo dell'acido arachidonico, tutti mediatori coinvolti nel processo infiammatorio. Pertanto, lo zenzero è stato utilizzato come antinfiammatorio già a dosi di 1 g al giorno.

Secondo i risultati di ricerche di base, nel fegato, inoltre, ridurrebbe la sintesi del colesterolo stimolandone la conversione ad acidi biliari e aumentandone l'escrezione fecale, ridurrebbe l'aggregazione piastrinica e sarebbe in grado di bloccare i canali del calcio, sviluppando quindi un'attività antipertensiva e vasodilatante.

Ma l'impiego più tradizionale è per la cura di diversi tipi di nausea e malessere, primi tra tutti quelli associati al mal di mare. I marinai che navigavano per lunghi periodi di tempo in alto mare consumavano infatti in passato 1 g di zenzero al giorno, che riduceva drasticamente i sintomi del mal di mare e, in particolare, nausea e vomito. Una recente revisione Cochrane (un database che raccoglie tutte le revisioni sistematiche della letteratura scientifica) ne conferma l'efficacia nel controllo della nausea durante la gravidanza, senza fastidiosi effetti collaterali. Infine, una metanalisi di cinque studi randomizzati ne suggerisce l'utilizzo nella riduzione della nausea e del vomito anche durante il decorso postoperatorio.

7.2.4 Curcuma

Benché utilizzata nella tradizione indiana soprattutto come antinfiammatorio, il principio attivo della curcuma, o turmerico (presente nel rizoma e nella radice della *Curcuma longa*, appartenenti alla famiglia dello zenzero) e cioè la curcumina, sembrerebbe possedere attività diverse. Esso è il pigmento che conferisce il caratteristico colore giallo al curry, una miscela di spezie che comprende anche il coriandolo (*Coriandrum sativum*) e la noce moscata (*Myristica fragrans*). Il curry viene considerato un antibatterico, anche se in realtà arresta la crescita dei batteri anziché distruggerli. È perciò da considerare un batteriostatico piuttosto che un antimicrobico.

La curcuma è responsabile delle proprietà antiossidanti, dal momento che cattura i radicali liberi attraverso le sue funzioni fenoliche.

La curcumina è una polvere giallo-arancio con proprietà fitoterapeutiche molto interessanti. Oltre all'uso in cucina per dare colore ai cibi e come conservante, la curcuma viene infatti impiegata nella medicina tradizionale indiana per trattare diversi disturbi, come la flatulenza, la dissenteria, le ulcere, l'artrite e le infezioni della cute e dell'occhio. La curcumina è stata isolata per la prima volta nel 1815 e già all'inizio del secolo scorso veniva utilizzata per la cura delle malattie biliari, come antibatterico e per ridurre i livelli di glucosio nel sangue. Negli ultimi 10 anni il mondo scientifico si è sempre più interessato alle proprietà di questa spezia, che si è rivelata anche un efficace antiossidante, antivirale, antiproliferativo e antinfiammatorio. Studi in vitro, in particolare, hanno dimostrato la capacità della curcumina di inibire la COX2, la lipossigenasi e la nitrossido sintasi, gli enzimi principali coinvolti nell'infiammazione. Probabilmente, come conseguenza di questa inibizione, la curcumina si mostra in grado di ridurre la secrezione di alcune citochine pro-infiammatorie. L'effetto della curcumina è stato dimostrato in diverse malattie infiammatorie croniche nell'uomo: in soggetti con morbo di Crohn ha permesso la riduzione del trattamento farmacologico, in alcuni casi di colite ulcerosa si è dimostrata efficace nel mantenimento della remissione e, in associazione con la piperina, ha ridotto il livello di perossidazione lipidica in pazienti con pancreatite.

L'osservazione che molti tipi di cancro sono più comuni in occidente che non in India, dove si osserva un alto consumo di curcumina con la dieta, ne ha fatto ipotizzare una potenziale attività antitumorale, confermata da studi in vitro. Per queste proprietà, essa è stata studiata sia come agente chemioterapico che chemio-preventivo in diversi modelli animali di carcinogenesi.

I circa 40 studi clinici, condotti su piccoli numeri di soggetti, hanno indicato in generale che a dosi elevate, fino a 15 g al giorno, assunta per bocca per un periodo di tempo fino a tre mesi, è del tutto sicura.

7.2.5 Cinnamomo o cannella

Il cinnamomo fa parte della famiglia delle Lauracee, che includono le specie della cannella e della canfora. Le cannelle contenute nelle scorze di molte specie del genere *Cinnamomum* (*zeylanicum* o *verum*) sono spezie molto ricercate; tra esse va ricordata la cannella di Ceylon, originaria dell'India, venduta come bastoncini, a pezzi o in polvere.

Essa contiene amido, terpeni policiclici, oli essenziali e composti da derivati fenilpropanici. Il suo aroma speziato proviene da un composto aromatico ben caratterizzato, l'aldeide cinnamica.

La scorza e gli oli essenziali vengono usati a scopo alimentare, mentre il cinnamomo è usato in terapia per il trattamento di problemi digestivi, contro l'astenia e per curare i sintomi del diabete.

Anche la cannella comune è da sempre una delle spezie più utilizzate. Già citata nella Bibbia, in Egitto era elencata tra gli ingredienti delle preparazioni utilizzate per imbalsamare le mummie e nella medicina tradizionale, veniva somministrata come astringente e germicida. È anche uno dei più antichi trattamenti utilizzati per la bronchite cronica. L'aroma e il gusto pungente dell'olio contenuto nella corteccia della cannella vengono sfruttati anche per la preparazione di prodotti per l'odontoiatria, di farmaci e di cosmetici, nonché per condimenti, dolci, bevande e per aromatizzare il tabacco. Ad esempio, un componente dell'olio di cannella, la cinnamaldeide, è utilizzata nei dentifrici per mascherare il sapore del pirofosfato, composto dal sapore sgradevole che inibisce la calcificazione della placca bloccando la conversione del calcio fosfato amorfo in idrossiapatite.

I suoi benefici nei confronti del diabete di tipo 2, dell'infezione da *Helicobacter pylori*, della candidiasi associata all'HIV e della salmonellosi cronica sono stati messi in relazione con le proprietà antiossidanti e antimicrobiche della cannella.

Nei pazienti affetti da diabete di tipo 2 è stata proposta una posologia pari a 2 g/die per ridurre la glicemia a digiuno, i livelli di emoglobina glicata e la pressione arteriosa; questo trattamento migliorerebbe il quadro lipidico, riducendo la trigliceridemia e i livelli di colesterolo LDL. La cannella cassia sembrerebbe più efficace in questo senso della cannella comune.

L'aggiunta di 3 grammi al pasto potrebbe invece ridurre lo svuotamento gastrico, l'insulinemia post-prandiale e aumentare i livelli di GLP-1 (Glucagon-like Peptide 1), un ormone gastrointestinale che stimola la secrezione glucosio-dipendente di insulina.

Esperimenti in vitro hanno dimostrato sia per quella comune che per la cassia un'attività antiossidante, soprattutto se consumata sotto forma di tè, che contribuirebbe all'effetto antidiabetico.

Per quanto riguarda la sicurezza, entrambe sembrano generalmente ben tollerate e prive di effetti indesiderati, anche durante la gravidanza e l'allattamento, alle dosi comunemente utilizzate.

7.2.6 Cardamomo

Il cardamomo proviene dalla pianta perenne *Elettaria subulatum* ed è la terza spezia, in termini di costo, dopo lo zafferano e la vaniglia. Se ne usano i semi, il cui aroma è dovuto a derivati terpenici quali il linalolo e il cineolo. Il nome è di origine araba e significa “per scaldare”, con chiaro riferimento al suo aroma caldo e delicato.

7.2.7 Chiodi di garofano

Sono i boccioli non ancora dischiusi ed essiccati della *Eugenia caryophyllata*, una pianta dell'Indonesia. È fra le spezie più aromatiche, ricca in eugenolo, a cui si devono le qualità antimicrobiche e il suo utilizzo come disinfettante del cavo orale.

7.2.8 Zafferano

È ricavato dagli stimmi del croco (*Crocus sativus*) ed è la spezia più costosa: sono infatti necessari 70000 fiori per produrre 2,5 kg di stimmi rossi che, una volta essiccati, si riducono a 1 kg di polvere.

Il suo colore intenso è dovuto a un carotenoide in esso presente, la crocina, un pigmento che si altera facilmente alla luce. Un altro componente è la picrocrocina, un glucoside amaro instabile, che per idrolisi si scinde in D-glucosio e in safranale, un'aldeide terpenica volatile. Il safranale, che è meno amaro, si forma anche durante l'essiccamento degli stimmi e contribuisce alle qualità dell'aroma, essendo un costituente volatile. La quantità di safranale presente viene determinata, mediante gascromatografia, previa distillazione in corrente di vapore (il valore medio è intorno al 4%), per distinguere lo zafferano dallo zafferanone, molto meno pregiato e per valutarne il potere aromatico.

La ricchezza di antiossidanti dello zafferano non viene alterata dalla cottura.

A causa del suo colore, che richiama il giallo ancora più prezioso dell'oro, conobbe uno straordinario successo nei ricettari del Quattro-Cinquecento e fu immortalato da Pieter Bruegel nelle scodelle di riso giallo del celebre dipinto dedicato alle *Nozze Contadine*. In tempi più recenti, lo chef Gualtiero Marchesi ha proposto il suo “risotto oro e zafferano”, a conferma del significato dell'abbinamento.

7.2.9 Noce moscata

La noce moscata proviene da una pianta originaria delle Molucche (*Myristica fragrans*) e deve il suo aroma alla miristicina, una sostanza presente anche nell'aneto fresco. Alcuni ritengono che questa spezia possa avere proprietà allucinogene, se assunta in grande quantità.

7.2.10 Vaniglia

È una delle spezie più popolari al mondo e proviene anch'essa da una pianta tropicale (*Vanilla planifolia* o *Vanilla fragrans*). Di essa abbiamo già parlato in altra parte del libro.

7.2.11 Antimicrobici naturali

Fra gli antimicrobici naturali vanno ricordati il timolo, presente nel timo (*Thymus serpyllum*), l'origano (*Origanum vulgare*), la salvia (*Salvia officinalis*) e l'eugenolo, che è il componente principale dei chiodi di garofano e del pepe (*Piper nigrum*) della Giamaica.

7.3 Erbe e spezie: proprietà antiossidanti

Le proprietà antiossidanti del rosmarino (*Rosmarinus officinalis*) e della salvia sono dovute all'acido carnosico, presente nella pianta fresca, che rappresenta il substrato di una serie di reazioni di ossidazione a cascata che portano al carnosolo e al rosmannolo. Questi sono di per sé antiossidanti e precursori, a loro volta, di altre specie in grado di catturare radicali (*scavengers*).

Estratti di rosmarino sono utilizzati in prodotti a base di carne, dato che uniscono una benefica attività antiossidante alla principale funzione aromatizzante.

Altri composti presenti nelle spezie sono gli oli essenziali (vedi sopra), i cui terpeni sono responsabili di molte delle loro proprietà funzionali. Essi sono costituiti da più di settanta componenti, alcuni dei quali giungono a rappresentare più dell'85% del totale, ma spesso sono i componenti minori a manifestare le proprietà funzionali.

I composti fenolici sotto forma di fenoli tal quali, flavoni, flavani, flavonoli, antociani e così via, sono responsabili delle proprietà funzionali della maggior parte dei cibi. Essi mostrano infatti proprietà antibatteriche, antinfiammatorie, antivirali, cardioprotettive e inibiscono l'aggregazione piastrinica.

Anche i terpeni posseggono proprietà funzionali multiple, quali antiossidanti, antimicrobici e antivirali. In particolare, sono state dimostrate le attività antimicrobiche degli oli essenziali nei confronti di un largo numero di ceppi batterici, tra cui *Staphylococcus spp.*, *Lactobaccillus spp.* ed *Enterobacteriaceae*. Il principale vantaggio nel loro uso alimentare è che essi sono classificati come composti innocui per la salute, GRAS (*Generally Recognized As Safe*).

Le proprietà antinfiammatorie sono in genere dovute alla presenza di flavonoidi, come la galangina presente nella *Lippia graveolens*.

Anche composti di natura fenolica come i già citati acido carnosico e carnosolo, presenti nella salvia e nel rosmarino, hanno gli stessi effetti.

L'attività aggregante piastrinica è probabilmente dovuta alla presenza di flavonoidi come la quercetina, anche se sono richieste alte dosi.

Come già accennato, la curcumina, principale componente della curcuma, ha non solo proprietà antivirali, ma anche anticancerogene in diversi tipi di cancro quali leucemia, tumore del seno e delle ovaie e neoplasie intestinali. Essa sembra avere effetti favorevoli nei trattamenti del diabete.

Attività anticancerogena è presente nella capsaicina, che abbiamo visto essere il principale componente del pepe e nel carnosolo.

Infine curcumina e capsaicina, in combinazione sinergica, inibiscono l'ossidazione delle LDL.

L'uso dell'aglio (*Allium sativum*) a scopo medicinale risale all'antichità. La Bibbia cita l'aglio in relazione alla fuga degli Ebrei dall'Egitto. Bulbi di aglio sono stati trovati nelle tombe dei faraoni, a Creta e presso altre antiche culture. Ippocrate considerava l'aglio come vitale nel suo armamentario terapeutico. Anche i contadini lo hanno considerato da sempre un rimedio universale, non per nulla era chiamato la “*teriacca dei villani*”. La *teriacca* o *triacca*, nome di origine greca, era un'antica ed eterogenea composizione medicinale, che veniva usata come antidoto contro i morsi dei serpenti velenosi e rimedio per tutta una serie di malattie. L'aglio contiene numerosi, potenti composti bioattivi con proprietà anticancerogene, soprattutto derivati dell'allilsolfuro. In particolare, il diallilsolfuro inibisce lo stress ossidativo causato dal testosterone e ne accelera il metabolismo, con effetti positivi nei primi stadi di tumore della prostata (Rivlin, 2009). Non vi sono, al contrario, indicazioni che suggeriscano effetti benefici dell'aglio nei tumori dello stomaco, del seno, dei polmoni e solo modeste evidenze a favore in casi di tumori del cavo orale, laringe, esofago o reni.

In conclusione, le spezie e le erbe, oltre a impartire gusto e aroma ai cibi che mangiamo, possono anche avere benefici effetti sulla salute, anche se mancano ancora dati conclusivi su quale debba essere l'esatta esposizione ai loro componenti, per giungere a una specifica risposta molecolare che consenta di usarle in modo ottimale.

8.1 La chimica dell'acqua

L'acqua è il componente più abbondante, ma anche il più trascurato degli alimenti. Essa costituisce circa il 60% del corpo umano, la carne cruda ne contiene circa il 75% e la frutta circa il 95%.

Anche se siamo tutti d'accordo sulla necessità di bere acqua (almeno 1,5 litri/die) per sopravvivere, tendiamo a dimenticare che essa è presente in grande quantità anche nei cibi solidi.

La struttura chimica dell'acqua, H_2O , è solo apparentemente semplice. È una sostanza liquida che, per definizione, ha un punto di ebollizione di $100^{\circ}C$ e un punto di fusione di $0^{\circ}C$ alla pressione atmosferica di 760 mm di mercurio. La sua densità è 1 g/cm^3 a $4^{\circ}C$. Il ghiaccio ha una densità inferiore = 0,9168 in seguito a un aumento di volume del 9%. Questo cambiamento di densità ha conseguenze molto significative nell'evoluzione della vita negli ambienti acquosi e l'espansione dell'acqua, quando congela, è parzialmente responsabile dell'effetto distruttivo, provocato dal congelamento, sul tessuto di frutta come le fragole.

La quantità di calore necessaria per innalzare da $14,5$ a $15,5^{\circ}C$ la temperatura di un grammo di acqua distillata è considerata tradizionalmente come unità di misura di calore, la caloria.

Se la si confronta con molecole strutturalmente simili come l'acido solfidrico, H_2S , che ha un punto di fusione di $-90^{\circ}C$ e un punto di ebollizione di $-80^{\circ}C$, si deve concludere che le molecole di acqua allo stato liquido e allo stato solido sono associate le une alle altre, cosicché il loro peso molecolare effettivo è molto più alto. Le forze di associazione tra le molecole d'acqua derivano dal carattere fortemente polare del legame O-H e dalla forma a V della molecola. L'atomo di ossigeno, che ha una parziale carica negativa, si lega a due atomi di idrogeno, con leggera carica positiva, di due altre molecole d'acqua, dando strutture tridimensionali. Allo stato liquido a $0^{\circ}C$ più del 90% dei gruppi O-H (ossidrili) sono coinvolti in questi cosiddetti legami a idrogeno e anche al punto di ebollizione i legami a idrogeno sono ancora l'80%.

L'acqua ha anche un alto calore specifico (capacità di calore) pari a 4,19 kJ/K. Di conseguenza, l'energia necessaria per scaldare l'acqua dalla temperatura ambiente alla temperatura di ebollizione è di circa 31 kJ. Ancora più importante è l'alto calore latente di evaporazione dell'acqua (2,26 MJ/kg). Perciò, l'energia necessaria per far evaporare 100 ml di acqua è di circa 222 kJ, sette volte maggiore del calore necessario per portare la temperatura dell'acqua dal valore ambiente al punto di ebollizione. Questa grande richiesta di calore è uno dei motivi che rendono difficile lo *scaling up* di ricette in cucina, ossia la necessità di riaggiustare le quantità di ingredienti per adattarle, ad esempio, a una produzione su larga scala. Un altro parametro molto significativo dell'acqua, anche in funzione della sua interazione con i cibi, è la sua "attività", *aW* (*activity of water*). Quest'ultima è definita $aW = p/p_0$, dove p è la pressione parziale di vapore sopra il campione (che può essere solido o liquido) e p_0 è la pressione parziale del vapor d'acqua sopra acqua pura alla stessa temperatura. Da ciò deriva che l'attività dell'acqua è uguale a 1 in assenza di soluto, mentre diventa minore di 1 in presenza del soluto e si abbassa in funzione della concentrazione del soluto stesso.

Il primo aspetto che bisogna sottolineare è la mancanza di correlazione tra il contenuto dell'acqua in vari alimenti, elencato nella Tabella 8.1, e l'attività dell'acqua.

In base ai valori di *aW* gli alimenti sono classificati come segue:

- alimenti ad alta umidità, *High Moisture Foods* (HMF): $aW = 1,0-0,9$;
- alimenti a umidità intermedia, *Intermediate Moisture Foods* (IMF): $aW = 0,9-0,6$;
- alimenti a bassa umidità, *Low Moisture Food* (LMF): $aW = 0,6-0,0$.

Per ogni microrganismo vi è un valore ottimale di *aW* e un valore minimo oltre il quale accrescimento e riproduzione vengono meno (Tabella 8.1).

I dati mostrano l'importanza dell'attività dell'acqua per la crescita microbica. I batteri amanti del sale (batteri alofili) sono quelli normalmente associati a habitat marini, le muffe xerofile (amanti dell'arido) e i lieviti osmofili sono particolarmente adatti a habitat con bassa attività di acqua. Le loro cellule contengono alte concentrazioni di soluto e perciò non perdono acqua per osmosi con il loro ambiente. Questi funghi e lieviti danno seri problemi per la conservazione di alcuni cibi normalmente considerati stabili come la frutta secca. Negli alimenti LMF i prodotti sono in genere stabili; viceversa, negli IMF e negli HMF l'attività dell'acqua ne influenza la durata e non è sufficiente la semplice disidratazione per la conservazione dei prodotti. Fra gli alimenti IMF vi sono prodotti tradizionali come il formaggio parmigiano reggiano, gli insaccati, le confetture e i biscotti.

Tabella 8.1 Valori minimi di *aW* per lo sviluppo microbico

Microrganismo	<i>aW</i>
Batteri normali	0,91
Lieviti normali	0,88
Muffe normali	0,80
Batteri alofilici	0,75
Muffe xerofiliche	0,65
Lieviti osmofilici	0,60

Un altro fattore che influenza notevolmente la durata degli alimenti è il confezionamento; questo deve ridurre gli scambi gassosi con l'esterno, in modo che l'alimento non assorba acqua.

La crescita microbica non è il solo fenomeno importante influenzato dall'attività dell'acqua, lo sono anche le velocità delle reazioni, sia enzimatiche che non enzimatiche. Per esempio la velocità di idrolisi enzimatica dei lipidi di un alimento (es. la carne), diventa trascurabile a livelli di a_w inferiori a 0,4. La velocità della reazione di Maillard cresce rapidamente quando l'attività dell'acqua diminuisce a valori di circa 0,8, per diminuire per valori intorno a 0,3.

Da un punto di vista generale, si può parlare di "acqua vicinale", acqua multistrato, acqua intrappolata e acqua libera.

L'acqua vicinale (circa 0,5%) è l'acqua legata ai siti idrofilici dell'alimento attraverso legami a idrogeno e attrazioni elettrostatiche, non congela fino a -40°C e non agisce come solvente. Ha un a_w di circa 0,25.

L'acqua multistrato (circa il 3%) forma altri strati attorno ai siti idrofili, non congela a -40°C e ha limitate qualità come solvente. Ha un a_w di circa 0,8.

L'acqua intrappolata (fino a circa il 96%) ha proprietà simili a quelle di soluzioni saline diluite e solo una modesta diminuzione della temperatura di congelamento.

L'acqua libera (fino al 96%) ha le normali proprietà dell'acqua.

L'interazione delle proteine con l'acqua è stata oggetto di grande attenzione da parte dei biochimici per molti anni. Come abbiamo già illustrato nel capitolo 4, una proteina presenta tre tipi di gruppi superficiali all'esposizione del mezzo acquoso: la catena laterale dell'amminoacido, gruppi con cariche polari come quelli dell'acido glutammico ($-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$), o lisina ($-\text{CH}_2\text{NH}_3^+$), gruppi neutri e gruppi non polari. Naturalmente, i valori di pH hanno grande influenza sulle proprietà delle catene laterali ionizzabili. Come regola generale, solo una piccola quota dei gruppi polari della proteina allo stato nativo sono in grado di legare l'acqua, dato che essi sono "sepolti" nell'interno idrofobico della molecola. Se la denaturazione termica srotola la proteina esponendo altri gruppi polari al legame con molecole d'acqua, si ha un modesto aumento di solubilità, data la natura idrofobica dello scheletro peptidico (dal 30 al 45% circa). Se però la denaturazione porta a fenomeni di aggregazione fra molecole di proteina, si ha una diminuzione nella capacità di legare l'acqua. Nella carne pressata o nelle salsicce, l'aggiunta di sale aumenta la solubilità delle proteine (effetto *salting in*) e le proteine sono in grado di legare molecole di grasso agendo da emulsionanti. Lo stesso accade nel caso dei formaggi, in cui è la caseina a legare i grassi aggiunti.

Gli oli e i grassi sono antagonisti dell'acqua, hanno una struttura così diversa da rifiutarsi di miscelarsi con essa. Quando si uniscono l'acqua (che è polare) con i grassi (che sono apolari), le molecole di acqua formano legami a idrogeno fra di loro e le molecole di lipidi si legano l'una all'altra con legami deboli (legami di van der Waals) e le due sostanze si separano.

I carboidrati, al contrario, sono in genere completamente solubili in acqua: ogni molecola di glucosio, ad esempio, si lega a 3,7 molecole di acqua. La tendenza del glucosio a legarsi all'acqua allo stato liquido, ma non al ghiaccio, è probabilmente il motivo per cui il glucosio ritarda la formazione di ghiaccio nei prodotti da dessert raffreddati.

Tabella 8.2 Soluzioni comuni e loro pH

Liquido	pH
Succo gastrico umano	1,3-3,0
Succo di limone	2,1
Succo d'arancia	3,0
Yogurt	4,5
Caffè	5,0
Latte	6,9
Bianco d'uovo	7,6-9,5
Ammoniaca	11,9

8.1.1 Acqua e acidità: la scala di pH

Nella materia, i legami chimici si formano e si rompono in continuazione e l'acqua non fa eccezione. Sia pure in piccola misura, l'acqua tende a "dissociarsi" dando un gruppo -OH (gruppo ossidrilico con carica negativa) e un idrogeno con carica positiva (H^+ , protone). La misura standard dell'attività del protone in soluzione acquosa è il pH, nome suggerito dal chimico danese S.P.L. Sorenson nel 1909. La scala di pH varia da 0 a 14. Il pH dell'acqua pura neutra, con ugual numero di protoni e di ossidrilici è uguale a 7. Un pH più basso di 7 indica una più alta concentrazione di protoni e perciò una soluzione acida, mentre un pH maggiore di 7 indica una soluzione basica. In Tabella 8.2 sono riportati i valori di pH di alcune soluzioni comuni.

8.2 L'acqua potabile

Per acqua potabile si intende l'acqua che può essere bevuta o impiegata nella preparazione degli alimenti senza danni per la salute. Essa può essere dichiarata idonea all'uso potabile solo quando sono negative le analisi del profilo sia chimico che microbiologico. L'assenza di torbidità, la gradevolezza e le caratteristiche della fonte non rappresentano elementi sufficienti per definire un'acqua sicura.

Gli standard microbiologici, chimici e organolettici per l'acqua potabile sono stati definiti da una direttiva del Parlamento Europeo (98/83/DC) che obbliga gli Stati Membri al monitoraggio continuo della qualità dell'acqua e a fornire le informazioni utili ai consumatori, al fine di proteggerne la salute.

Dal punto di vista fisico, un'acqua potabile deve essere sempre incolore, inodore, insapore (anche se riscaldata), limpida, aerata e fresca e quindi provenire da falde profonde al riparo da inquinamenti superficiali. Dal punto di vista fisico, invece, l'acqua potabile deve avere un residuo fisso (sali disciolti) compreso fra 70 e 500 mg per litro ed essere priva di ammoniaca, nitriti, grandi quantità di nitrati, fosfati, cloruri e metalli pesanti come piombo, mercurio e altri.

Le acque più sicure sono quelle delle sorgenti di montagna e delle falde sotterranee profonde. Dal punto di vista batteriologico, essa può contenere non più di 100 germi per ogni cm^3 e, comunque, nessun germe patogeno. Non sempre sono disponibili in natura acque che rispondano ai requisiti descritti e che quindi possano essere immesse

nelle reti idriche senza dover subire un processo di potabilizzazione. Spesso però si deve ricorrere ad acqua proveniente da laghi, fiumi o dal mare, che richiede un processo di potabilizzazione.

8.3 Le acque minerali

Secondo le norme legislative, si intendono con questo termine “le acque che avendo origine da una falda o giacimento sotterraneo provengono da una o più sorgenti naturali o perforate e che hanno caratteristiche igieniche particolari e proprietà favorevoli alla salute” (criteri stabiliti dal D.L. 25/01/1992 n. 105).

Il riconoscimento di un’acqua minerale viene rilasciato dal Ministero della Sanità, sentito il Consiglio Superiore della Sanità, con apposito decreto in cui si specificano le particolari proprietà dell’acqua e quanto può essere riportato in etichetta. L’utilizzazione di una sorgente deve essere autorizzata dalla Regione.

L’etichetta dell’acqua minerale deve riportare:

- la dicitura “acqua minerale naturale”. È anche obbligatorio precisare se essa è stata totalmente o parzialmente privata di anidride carbonica o se al contrario questa è stata addizionata. È definita “effervescente naturale” se il contenuto in anidride carbonica corrisponde a quello naturalmente presente alla sorgente (maggiore o uguale a 25 ml/l);
- la denominazione di vendita, la località di provenienza e il nome del titolare dell’autorizzazione;
- i risultati delle analisi chimico-fisiche, la data e il laboratorio che le ha effettuate, aggiornate almeno ogni 5 anni;
- il contenuto nominale, cioè il contenuto indicato sull’imballaggio, corrispondente alla quantità di prodotto che si ritiene debba contenere;
- il termine minimo di conservazione e il numero di lotto.

Sono vietate le indicazioni che attribuiscono alle acque proprietà di prevenzione, cura e guarigione di malattie.

Sempre nell’etichetta può essere riportata la classe di appartenenza definita secondo il residuo “fisso”, a 180°C, che si esprime in milligrammi per litro e che permette la classificazione in:

- acqua minimamente mineralizzata (residuo fisso non superiore a 50 mg/l), povera di sali, in particolare di sodio. Stimola la diuresi ed è indicata per chi soffre di ipertensione;
- acqua oligominerale o leggermente mineralizzata (residuo fisso inferiore a 500 mg/l) favorisce la diuresi, contiene poco sodio ed è indicata nei casi di ipertensione e per prevenire la calcolosi renale;
- acqua mediominerale (residuo fisso tra 500 e 1500 mg/l), indicata per chi fa sport, soprattutto nei periodi estivi.

In base al contenuto di un particolare minerale, può essere riportata una delle seguenti diciture: contenente bicarbonato, solfata, clorurata, calcica, magnesiaca, ferruginosa, acidula, sodica, indicata per diete povere in sodio. Sono anche previste indicazioni terapeutiche, se comprovate da esami farmacologici e menzionate nel decreto di riconoscimento: “può avere effetti diuretici”, “può avere effetti lassativi”,

“indicata per l'alimentazione dei neonati”, “può favorire le funzioni epatobiliari” e così via.

Non è facile orientarsi nella scelta delle numerose acque minerali presenti in commercio; sono infatti quarantotto i parametri periodicamente misurati nelle analisi. Si stima che esse rappresentino il 75% dell'acqua bevuta nelle grandi città.

Qualora all'acqua minerale vengano aggiunti sali minerali, essa deve essere dichiarata come acqua minerale artificiale.

8.4 Le bevande analcoliche

Vi è poi tutta una serie di bevande con caratteristiche molto differenti l'una dall'altra, che sono costituite prevalentemente da acqua, contribuendo così al mantenimento del giusto grado di idratazione, ma che apportano anche altri nutrienti.

8.4.1 I succhi e i nettari di frutta

I succhi di frutta sono composti al 100% da puro succo di frutta, e contengono quindi quasi tutte le sostanze nutritive dei frutti dai quali sono preparati, tranne le fibre: le vitamine, i sali minerali, gli oligoelementi e gli zuccheri (ad es. fruttosio). Pertanto, il consumo di succhi di frutta aiuta a coprire il fabbisogno non solo di acqua, ma anche di vegetali e di micronutrienti in essi presenti. Il contenuto di zucchero di un succo di frutta varia tra 5 e 15 g per 100 ml.

I nettari di frutta, invece, sono costituiti da succhi di frutta (25-50%) con l'aggiunta di acqua e di zuccheri o dolcificanti non calorici.

Nel considerare l'introduzione delle bevande a base di frutta, nell'ambito di una dieta equilibrata, bisogna considerare anche il tenore di zuccheri e il valore energetico.

8.4.2 Il latte

Anche il latte apporta acqua, ma anche molti nutrienti essenziali, come le proteine, il calcio, il potassio, il fosforo, le vitamine A, D, B12, la riboflavina e la niacina, oltre al lattosio. L'apporto energetico con il latte è variabile in base al contenuto di grassi. Maggiore con il latte intero e minore con quello parzialmente scremato o scremato.

8.4.3 Gli infusi

Preparati con acqua e erbe o parti diverse di vegetali, gli infusi possono essere consumati freddi o caldi. Il tè e il caffè sono le bevande calde maggiormente diffuse in tutto il mondo e, soprattutto a livelli di consumo elevati, contribuiscono a coprire il

fabbisogno idrico. Gli infusi, tuttavia, apportano anche altri componenti minori come la caffeina (tè e caffè) e un'ampia gamma di fitocomposti.

8.4.4 Bibite analcoliche, sport drinks ed energy drinks

Bevande tipo cola, tè freddo, limonata e acqua tonica sono le bibite analcoliche più comuni. Gassate o meno, sono costituite per il 90-99% da acqua e contengono aromi, ingredienti vari e dolcificanti di vario tipo. La presenza di zuccheri a elevato potere dolcificante, di succedanei degli zuccheri o di edulcoranti ipocalorici ne determina il valore energetico.

Finalizzati a ristabilire l'equilibrio idrico e salino durante lo sforzo fisico, gli sport drink apportano piccole quantità di zuccheri e elettroliti come il sodio e il potassio. Sono indicati quando l'attività fisica è intensa e di lunga durata.

Infine, sempre più diffuse sono le bevande energetiche (i cosiddetti energy drinks), cioè bevande stimolanti prevalentemente a base di caffeina e Guaranà con taurina. Il tenore di caffeina è molto variabile, ma i prodotti commercializzati in Italia (diversamente da quelli distribuiti negli Stati Uniti) apportano mediamente, per lattina, cioè per porzione, una dose di questo alcaloide non superiore a quella contenuta in una tazza di caffè espresso (80 mg). Per questo tipo di bevande con un contenuto di caffeina superiore ai 150 mg/L, la direttiva 2002/67/CE impone che sia indicato in etichetta "Tenore elevato di caffeina".

8.5 Idratazione e salute

L'acqua, la sostanza che più caratterizza la vita, è essenziale per il nostro organismo, che contiene liquidi per oltre il 60% del nostro peso. Nel neonato, il volume di acqua raggiunge il 75% del peso. La sua essenzialità è dovuta alla capacità di mantenere in soluzione i precursori e i prodotti del nostro metabolismo, di permetterne il trasporto nell'organismo e di assorbire il calore (per il suo elevato calore specifico, circa doppio rispetto ad altri liquidi come l'etanolo o gli oli), cioè l'energia termica liberata dalle reazioni metaboliche. Ancora, l'acqua è essenziale per mantenere il volume del sangue, per trasportare i nutrienti e per allontanare le scorie metaboliche, per via epatica o renale.

Si stima che, per mantenere un buon grado d'idratazione, che è indispensabile per uno stato di benessere ottimale, sia necessario introdurre da 2 a 3 litri di liquidi al giorno, pari alla quantità eliminata giornalmente dall'organismo, essenzialmente attraverso la termoregolazione e con le urine. Circa l'80% di questa quantità deriva dalle bevande, di tutti i tipi: il resto dalla componente acquosa dei cibi solidi (Tabella 8.3).

L'organismo umano assorbe acqua efficientemente da tutti i cibi e le bevande: nei soggetti sedentari, il volume idrico apportato dagli alimenti solidi corrisponde a circa il 20% del fabbisogno complessivo, anche se tale quota dipende largamente dalla composizione della dieta. Mangiare cibi solidi, inoltre, stimola il bisogno di bere: infatti, circa il 75% dei liquidi viene assunto ai pasti.

Tabella 8.3 Percentuale di acqua negli alimenti

Alimento	Percentuale di acqua per 100 g
Latte magro	91
Frutta fresca e ortaggi	85-90
Pesce	75-80
Patate	76
Carne magra	75
Uova	74
Prosciutto crudo magro	61
Mozzarella	60
Pane fresco	32
Parmigiano	29
Datteri-fichi secchi	18
Burro	15
Legumi secchi	12
Arachidi-noci secche	5
Olio di oliva e di semi	0

Se l'apporto di liquidi è insufficiente, o la loro dispersione nell'ambiente aumenta, l'organismo può entrare in una condizione di disidratazione. Nei bambini molto piccoli, negli anziani, nelle persone che operano in ambienti di lavoro o in climi particolarmente caldi, o alle prese con un'attività fisica intensa, l'equilibrio idrico è poi particolarmente precario. In particolare, vi è ormai consenso sul fatto che una perdita di liquidi pari o superiore al 2% del peso corporeo sia pericolosa per l'organismo e si associ ad affaticamento, alla riduzione della performance fisica, a difficoltà di concentrazione e dell'attenzione. Bastano 13 ore senza integrazione di liquidi con l'acqua o con cibi che ne sono ricchi per perdere l'1% e 24 ore per perdere il 2% del volume corporeo.

Ma anche stati di disidratazione meno gravi si associano a condizioni patologiche, o comunque non fisiologiche. Per esempio, l'urolitiasi è facilitata da un insufficiente apporto di liquidi, le infezioni delle vie urinarie sono decisamente più frequenti (fino a 5 volte) tra le persone che bevono poco, la stipsi interessa più spesso i soggetti con minore assunzione di liquidi.

Anche le patologie cardiovascolari tendono ad essere più frequenti nei casi di ridotta idratazione cronica che si associa, ad esempio, a un aumento dell'ematocrito, che è un fattore di rischio per il trombo-embolismo venoso, gli eventi coronarici acuti, l'ictus cerebrale ischemico.

Inoltre, un minore apporto di liquidi si assocerebbe a una maggiore frequenza di patologie dentali, probabilmente per la perdita dell'effetto detergente di un'adeguata salivazione.

Anche la normale fisiologia dell'organismo è condizionata dal grado di idratazione. La dispersione di liquidi, infatti, può aumentare molto quando l'attività fisica svolta è particolarmente intensa e la temperatura è elevata, in relazione alla sudorazione, che può passare dai 100 ml all'ora durante un'attività moderata in un ambiente fresco, fino a 3 litri all'ora per un esercizio vigoroso svolto in un ambiente molto

caldo. Al crescere della perdita di fluidi, il danno funzionale aumenta: una disidratazione pari al 3,5% del peso corporeo, secondo uno studio recente condotto su ciclisti professionisti, può ridurre la performance anche del 20-30%.

La disidratazione influenza negativamente anche l'attività cognitiva e, se associata a una perdita di fluidi pari o superiore al 2% del peso corporeo, può comportare una significativa riduzione della memoria, dell'attenzione, della capacità di effettuare calcoli matematici.

I meccanismi della sete, che hanno il compito di compensare l'eliminazione di acqua, si distinguono in intra- ed extracellulari, a seconda che riguardino l'interno della cellula o gli spazi esterni ad essa. Quando l'organismo perde esclusivamente acqua, la concentrazione di soluti aumenta nella cellula, richiamando parte dell'acqua contenuta nello spazio extracellulare: questo passaggio viene segnalato al cervello che manda messaggi di tipo ormonale per indurre a bere. Ma il cervello, che è in grado di rilevare variazioni anche minime delle concentrazioni di soluti nel sangue (la cosiddetta osmolarità), che si verificano quando il volume totale diminuisce o aumenta, induce anche i reni a concentrare ulteriormente le urine, riducendo il volume di eliminazione. Tuttavia, in alcuni casi particolari, come nei bambini e negli anziani, tale sensazione può essere attenuata, ritardando l'attivazione dell'assunzione di liquidi.

9.1 Etanolo

9.1.1 Un componente fondamentale delle bevande alcoliche

L'etanolo è una piccola molecola farmacologicamente attiva largamente prodotta in natura, utilizzata dall'uomo da tempo immemorabile e presente in una grande quantità di bevande di largo consumo. L'assunzione incontrollata di alcol contribuisce a un quadro di morbidità, mortalità e costi sociali molto rilevante.

L'uso di bevande alcoliche è largamente documentato nel mondo babilonese, egiziano, greco e romano sia come ingrediente fondamentale delle cerimonie religiose che come fattore di socializzazione, alimento o utilizzato nella pratica medica. I rischi legati all'uso incontrollato delle bevande alcoliche sono stati ben evidenziati sia nel mondo occidentale che orientale; nella prima metà del Novecento (1920) negli USA, i problemi legati al consumo incontrollato di alcol hanno fatto sì che venissero promulgate leggi molto restrittive, il cosiddetto "proibizionismo", abolito solo nel 1933. Oggi, in quasi tutte le società e fasce sociali, si insiste con particolare attenzione sul concetto di "uso moderato" cui sembrerebbero essere associati significativi vantaggi nutrizionali e salutistici.

L'assunzione di bevande alcoliche inizia precocemente nei paesi occidentali (intorno ai 15 anni) e percentuali elevate (65-80%) della popolazione adulta, indipendentemente dal sesso, fanno uso di bevande alcoliche. Tale uso può essere saltuario o abbastanza regolare durante i pasti; in alcuni casi, si associa a problemi quali l'assenza da scuola o dal lavoro, l'amnesia da alcol e, nei casi più drammatici, è causa di incidenti di guida. L'assunzione ripetuta e compulsiva di bevande alcoliche si configura come abuso o dipendenza e interessa sia uomini che donne. I costi sociali riferibili ai "forti bevitori" sono rilevanti sia in termini economici che di vite umane; negli USA circa 100000 persone/anno muoiono per problemi legati all'alcol, di cui 20000 per incidenti stradali.

Il contenuto, calcolato come volume/volume, di alcol nelle bevande è molto variabile e può andare da 4-6% per la birra, 12-15% per il vino e 40-50% per i distillati. Un bicchiere "standard" di vino (circa 100-120 ml) o un bicchierino di distillato

Il consumatore responsabile di bevande alcoliche

Il raggiungimento di un ben definito tasso di alcolemia varia a seconda dei soggetti, a parità di esposizione all'alcol; ciò può dipendere da molte variabili, quali il peso corporeo, il sesso, la capacità di assorbimento gastrointestinale, ecc. A seguito dell'assunzione di bevande alcoliche, il tasso alcolemico aumenta gradatamente e raggiunge il suo picco entro un'ora; un soggetto in buono stato di salute tende a eliminare l'alcol con una cinetica temporale pari a circa 0,1-0,15 g/l per ora. Un consumo che possiamo considerare "nella norma" al ristorante, può prevedere un flute di spumante e un bicchiere di vino rosso (100 ml cad.), un bicchierino di superalcolici (30 ml); tutti e tre contengono all'incirca la stessa quantità di alcol. Il consumo tende ad aumentare in modo significativo durante occasioni particolari come un ricevimento o anche semplicemente una cena a casa di amici, dove si tende invariabilmente a un consumo maggiore.

Qualche consiglio per chi si deve mettere al volante

Per chi deve guidare il consiglio è: niente alcol!

Nei paesi dell'Unione Europea, il tasso alcolemico tollerato (espresso in g/l) è, in generale, pari a 0,5, in Inghilterra 0,8, in Svezia, Finlandia, Polonia 0,2, in Ungheria e Romania 0.

Un tasso alcolemico fra 0,5 e 0,8 comporta multe e sanzioni a carico dei punti sulla patente, oltre lo 0,8 può comportare una denuncia penale, ritiro della patente, multe nell'ordine di migliaia di euro.

Se possibile, verificare il proprio tasso alcolemico, ritardare il più possibile il momento in cui ci si mette al volante, ricorrere a un taxi oppure, come tradizione nei paesi scandinavi, chi ha la responsabilità della guida non beve alcolici.

A digiuno, un soggetto di sesso femminile, di peso corporeo variabile fra 45-75 kg, può tollerare un bicchiere di vino (100 ml) o di birra (250 ml) o un superalcolico (30 ml). Un soggetto di sesso maschile, di peso variabile fra 70-90 kg, può tollerare, in genere, due bicchieri di vino o simili, senza superare la soglia alcolemica di 0,5 g/l.

Il consumo responsabile deve permettere di poter combinare piacere conviviale e misura, di poter gustare in tutta tranquillità un grande Barolo o un Porto Vintage senza mettere a repentaglio la propria sicurezza e quella degli altri.

Un consumo eccessivo altera le reazioni fisiologiche e la capacità di coordinamento; in poche ore si può passare da uno stato di apparente piacevolezza-leggera euforia alla tragedia. In Italia, così come in Francia ci sono 20000-25000 vite all'anno da salvare!

(circa 30 ml, grappa, whisky) contengono circa 14 grammi di alcol e, in molti casi, il bevitore arriva ad assumere svariate decine di grammi di alcol. L'alcol arriva rapidamente al polmone via il torrente circolatorio e può essere facilmente misurato nell'aria espirata. Il rapporto di etanolemia (concentrazione di etanolo nel sangue) e aria alveolare è relativamente costante e questo permette di risalire facilmente ai livelli ematici a partire dall'analisi dell'aria espirata. La soglia legale di etanolemia non supera il valore di 50 mg di etanolo per 100 ml di sangue (0,5 g/l), che equivalgono a circa 22 µg di etanolo/100 ml di aria espirata. La concentrazione di etanolo nel sangue (concentrazione alcolemica, etanolemia) viene indicata in g/l, in modo da determinare il superamento dei limiti fissati dal codice della strada attualmente pari a 0,5 g/l (vedi Box 9.1). Un bicchiere di vino o una lattina di birra contengono circa 15 grammi di alcol pari a un'etanolemia di circa 30 mg/100 ml di sangue.

9.1.2 Il destino dell'alcol nel nostro organismo

L'etanolo è rapidamente assorbito a livello del tratto gastrointestinale e i livelli massimi si raggiungono circa 30 minuti dopo l'assunzione a stomaco vuoto; la presenza del cibo nello stomaco ne ritarda l'assorbimento. L'alcol è metabolizzato a livello gastrico e soprattutto epatico dall'enzima alcol-deidrogenasi (ADH); il prodotto che si forma è l'acetaldeide che è a sua volta metabolizzata ad opera dell'enzima aldeide-deidrogenasi (ALDH) ad acido acetico. I sistemi enzimatici deputati al metabolismo epatico dell'etanolo tendono a saturarsi già a valori di etanolemia relativamente bassi, prolungando quindi i tempi necessari per un completo metabolismo.

Un enzima della famiglia del citocromo P450, il CYP2E1, contribuisce al metabolismo dell'etanolo e ciò si verifica soprattutto nel forte bevitore o alcolista cronico, dal momento che si tratta di un enzima inducibile. Viene quindi aumentata la *clearance* ("pulizia" dell'organismo, eliminazione) di tutti quei composti che fungono da substrato per il CYP2E1 e sono attivate alcune tossine tra cui il tetracloruro di carbonio (CCl₄) contribuendo, in tal modo, alla tossicità epatica dell'etanolo. Quest'ultimo aspetto è molto complesso e certamente un ruolo importante nei danni causati a molti organi dall'elevata assunzione di alcol è ascrivibile allo stato di generale malnutrizione che caratterizza l'alcolista.

9.2 Effetti dell'etanolo

9.2.1 Etanolo e sistema nervoso

Nella comune percezione, le bevande alcoliche sono considerate degli eccitanti, ma l'etanolo è un composto con un'attività depressiva sul sistema nervoso centrale (SNC). L'assunzione di moderate quantità di etanolo (15-30 g al giorno) ha un'attività ansiolitica e predispone a una certa disinibizione comportamentale. Consumi più elevati (decine di grammi al giorno) si associano a una sintomatologia che già presenta i segni dell'intossicazione e che variano a seconda dei singoli casi: euforia incontrollata, cambi

di umore ingiustificati, violenza. In condizioni di grave intossicazione subentra uno stato di grave depressione del SNC in cui è presente uno stato di anestesia generale e la morte avviene generalmente a seguito di paralisi respiratoria. L'alcol interferisce con i meccanismi di regolazione nervosa della funzionalità cerebrale e modifica l'attività di varie proteine responsabili dell'eccitabilità neuronale. Molti di questi effetti si manifestano a carico di recettori, indipendentemente dalla loro classe, come ad esempio i recettori per il GABA (acido γ -aminobutirrico), la dopamina, i recettori per gli oppioidi, la serotonina. L'elevato consumo di bevande alcoliche si accompagna a perdita della memoria (il *blackout* alcolico), ma già 2-3 bicchieri di superalcolici causano disturbi del sonno, che nel forte consumatore possono portare ad apnea notturna. Postumi caratteristici di un'abbondante libagione sono il mal di testa "del giorno dopo" (*hangover*), sete, nausea, difficoltà di concentrazione. In casi gravi può manifestarsi un deficit cognitivo permanente, la demenza alcolica.

9.2.2 Etanolo e sistema cardiovascolare

Un'assunzione elevata di bevande alcoliche (più di 50 g di etanolo al giorno) aumenta il rischio di patologie cardiovascolari, dall'infarto allo stroke emorragico. Gli effetti dell'etanolo sul sistema cardiovascolare (SCV) sono molteplici e non è sempre facile identificare con esattezza meccanismi e cause. Esistono infatti numerosi studi, anche recentissimi (vedi Sun et al., 2011) a conferma del cosiddetto "paradosso francese", un'osservazione derivante da una molteplicità di studi epidemiologici secondo la quale l'assunzione quotidiana di moderate quantità (1-2 bicchieri "standard", pari a 20-30 g di etanolo) di vino (in genere rosso) è associata a un significativo calo del rischio coronarico. La curva che illustra l'esistenza di una correlazione tra l'andamento della mortalità per cause CV vs l'assunzione di vino ha il tipico andamento a J. L'aumento del consumo di bevande alcoliche ne annulla gli effetti benefici e all'aumentare del consumo si associa una perdita di protezione e un significativo aumento del rischio CV.

I dati di cui oggi disponiamo provengono da numerosi studi che interessano complessivamente centinaia di migliaia di soggetti diversi per sesso, nazionalità, fasce sociali, età, usi e costumi; le conclusioni sono invariabilmente univoche a conferma che l'assunzione di basse (1-20 g al giorno) o moderate (20-40 g al giorno) quantità di etanolo è associata ad un calo dell'incidenza di eventi CV, angina pectoris, infarto del miocardio, patologie vascolari periferiche (Schuckit, 2010).

L'etanolo causa un aumento dei livelli plasmatici di lipoproteine HDL, le lipoproteine "buone" in grado di legare il colesterolo presente nel sangue che, in tal modo, è nuovamente veicolato al fegato dove viene eliminato. Calano quindi i livelli tissutali di colesterolo, in particolare il suo accumulo nelle pareti vascolari, diminuendo il rischio di infarto. Se consideriamo gli effetti del solo etanolo, possiamo concludere che l'assunzione di qualsivoglia bevanda che contiene alcol può conferire un certo grado di cardioprotezione. In questo contesto il vino (rosso) sembra differenziarsi da altre bevande (es. birra, superalcolici) in quanto ricco di altre sostanze fitochimiche (es. flavonoidi) biologicamente attive, il cui contributo, singolarmente

o in sinergia, rende conto degli effetti salutistici. Tali sostanze fanno del vino una bevanda dalla complessità nutrizionale unica, la cui variegata composizione rende complesso lo studio e l'interpretazione dei dati sperimentali.

L'alcol e il vino interferiscono con i meccanismi della coagulazione diminuendo il rischio trombotico. Un calo del fibrinogeno e una diminuzione dell'aggregabilità piastrinica sono fattori che giocano a favore della cardioprotezione.

L'elevato consumo di bevande alcoliche è associato a un aumento della pressione sistemica, un classico fattore di rischio nelle patologie CV. Coerentemente con l'andamento a J della relazione che lega l'assunzione dell'etanolo alla mortalità per cause CV, un consumo regolare superiore a 30-40 g di alcol al giorno causa un aumento pressorio di 2-3 mmHg sia a carico della pressione diastolica che sistolica. È chiaro che i soggetti ipertesi con una storia familiare di rischio CV (infarto, stroke) dovrebbero astenersi dall'uso di bevande alcoliche.

9.2.3 Etanolo e sistema gastrointestinale

L'assunzione di etanolo è spesso la causa di disfunzioni esofagee, la più comune delle quali è il reflusso gastroesofageo. L'assunzione di bevande alcoliche può causare alterazioni della mucosa gastrica con conseguente gastrite. Tali effetti sono già presenti dopo assunzione di bevande a moderato contenuto di alcol (vino, birra), ma sono ben più significativi dopo assunzione di superalcolici in cui il contenuto in etanolo supera in genere il 40%. In tal caso, l'elevata concentrazione dell'alcol causa effetti tossici diretti sull'integrità della parete gastrica. Dolore e senso di bruciore si manifestano anche solo dopo assunzione occasionale di superalcolici e spesso è necessario ricorrere ad antiacidi per un controllo ottimale della sintomatologia. L'assunzione di alcol non sembra associata al manifestarsi dell'ulcera gastrica, la cui incidenza non aumenta nell'alcolista; l'alcol può aggravare la sintomatologia dell'ulcera così come il quadro clinico e, in presenza di *Helicobacter pylori*, contribuire a ritardare le cicatrizzazioni della mucosa.

Il forte bevitore rappresenta un soggetto a rischio di danni al pancreas; la pancreatite alcolica può manifestarsi con dolori improvvisi, nausea, vomito. Il rischio di sviluppare la malattia è minore nei soggetti astemi rispetto ai consumatori anche di modeste quantità di bevande alcoliche (1-20 g/die). La suscettibilità al danno pancreatico è individuale ed esiste una relazione inversa tra quantità consumata e tempo di latenza.

9.2.4 Le bevande alcoliche e il fegato

L'etanolo produce molteplici effetti deleteri a carico del fegato, con infiltrazione grassa (steatosi epatica), epatite, cirrosi. La steatosi è un evento precoce che può manifestarsi anche in soggetti normali che assumono quantità moderate di alcol. L'elevata esposizione all'alcol può anche dare origine a un'inflammatione del fegato (epatite alcolica) e/o cicatrizzazione (cirrosi alcolica). In quest'ultimo caso, la necrosi del tessuto epatico e un quadro di infiammazione cronica fanno sì che il tessuto epa-

tico normale sia progressivamente rimpiazzato da un tessuto fibrotico. Ne deriva un quadro di insufficienza epatica in cui il fegato non è più in grado di svolgere le sue funzioni fisiologiche di sintesi e metabolismo.

9.3 Alcol a dosi moderate e benefici cardiovascolari

È indubbio che l'eccessivo consumo di alcol sia responsabile di gravi danni, a livello sia fisico sia sociale. Tuttavia, sempre più evidenze scientifiche, sia epidemiologiche che sperimentali, indicano che il consumo moderato di alcol abbia effetti favorevoli, soprattutto sulla riduzione del rischio di patologie su base aterosclerotica.

I livelli di consumo definiti come “moderati” corrispondono a non più di uno-due drink al giorno per le donne e due-tre drink al giorno per gli uomini.

Studi condotti su diverse popolazioni molto numerose, soprattutto nordamericane o nordeuropee, e basati sulla valutazione di questionari di frequenza dei consumi alimentari, hanno permesso di identificare una correlazione tra i livelli di assunzione di alcol (indipendentemente dalle fonti, vino, birra, superalcolici) e la salute cardiovascolare. In generale, per chi consuma 1-2 drink al giorno (se donna) o 2-3 drink (se uomo) sono state rilevate una morbilità e una mortalità per malattie cardiovascolari significativamente ridotte rispetto agli astemi. Anche il rischio di mortalità per tutte le cause è risultato ridotto per gli uomini e per le donne che consumano rispettivamente 1 o 2 dosi di alcol al giorno (una dose = 125 ml di vino oppure 330 ml di birra, oppure 40 ml di superalcolico) rispetto ai non bevitori. In particolare, le curve di correlazione tra livelli di assunzione di alcol e salute cardiovascolare hanno una forma definita a “U” o a “J”: il rischio, ridotto per i consumatori moderati di alcol, aumenta rapidamente, e in modo dose-dipendente, per i forti bevitori.

I risultati di uno studio condotto su più di 21000 medici americani (*Physician's Health Study*) seguiti per 11 anni ha dimostrato che chi consuma 2 o più drink al giorno ha un rischio di angina e d'infarto del miocardio più o meno dimezzato rispetto a chi consuma meno di 1 drink al giorno. L'effetto protettivo dell'alcol sul rischio d'infarto è stato confermato dal più recente studio caso-controllo *Interheart*. Studi più recenti hanno documentato un effetto favorevole del consumo di dosi moderate di alcol anche sul rischio di eventi cerebrovascolari di natura ischemica. Anche in questo caso la relazione assume una conformazione a “J”, con un rischio più basso per i bevitori moderati rispetto agli astemi, e molto più alto per i forti consumatori (Ronksley et al., 2011).

Dal momento che gli eventi cardiovascolari rappresentano la principale causa di morte nella società occidentale, la riduzione del rischio associata al consumo di dosi moderate di alcol si traduce in un effetto favorevole anche sulla mortalità per tutte le cause.

9.4 Binge drinking e drunkoressia: le pessime abitudini

Negli ultimi 10-15 anni l'assunzione compulsiva di bevande alcoliche (il *binge drinking*) è diventata una tendenza sempre più diffusa fra i giovani e non solo. In un in-

tervallo temporale limitato (2-3 ore) vengono assunti elevati quantitativi di alcolici (1-2 bottiglie di vino, in genere di qualità scadente) e soprattutto superalcolici (anche una bottiglia di vodka) solo per “sballarsi” o ubriacarsi. Spesso questo avviene senza mangiare nulla e rappresenta una moda deprecabile soprattutto fra i 18-25enni, indipendentemente dal sesso. Un errato spirito di emulazione porta anche gli adolescenti a seguire queste abitudini allarmanti e i dati statistici, ma soprattutto i dati dei ricoveri ospedalieri, ci mostrano che l'età del primo bicchiere (12-13 anni) tende ad abbassarsi pericolosamente.

Le calorie assunte con le bevande alcoliche sono significative ma spesso trascurate nel conteggio delle calorie giornaliere. Tutti gli alcolici, essendo ricchi di zuccheri, sono particolarmente calorici e 1 g d'alcol contiene circa 7 Kcal mentre 1 g di zuccheri circa 4 Kcal; un bicchiere di vino, una birra o un bicchierino di superalcolici contribuiscono per circa 100 Kcal. Dopo un'abbondante libagione il conto calorico sale velocemente alle stelle. Per questo molte giovani particolarmente attente alla linea, hanno escogitato un mix allucinante, drinking-anoressia (*drunkoressia*), in cui l'alimentazione viene drasticamente ridotta se non sospesa del tutto per più giorni per potersi poi scatenare nel *binge drinking* senza problemi per la linea. I danni possono essere drammatici, in particolare al fegato che ha la funzione di metabolizzare l'alcol.

9.5 Il vino

9.5.1 La chimica del vino

Il vino è una miscela complessa; acqua ed etanolo ne sono i componenti chiave, assieme ad acidi, zuccheri, fenoli, sali, composti aromatici, anidride carbonica, anidride solforosa e molte altre sostanze in piccola quantità. Tra i fenoli del vino sono particolarmente importanti gli antociani e i tannini, poiché sono i responsabili principali del colore, della struttura e del bouquet dei vini rossi. Gli antociani sono i componenti più significativi, responsabili del colore rosso-porpora dei vini rossi giovani. Queste sostanze sono instabili e intervengono in molteplici reazioni, durante la fermentazione e l'invecchiamento-affinamento, che producono pigmenti più complessi, derivanti dall'interazione fra antociani e tannini, specialmente i flavanoli.

Nella definizione complessiva del profilo di un vino, i relativi contributi di ciascun componente dipendono in maniera significativa da fattori come il clima in cui crescono i grappoli e dal tipo di suolo dove si estende l'apparato radicale delle vigne, definito dal termine francese *terroir*. È anche importante la nostra capacità di percepire l'insieme degli aromi che rendono il vino piacevole da bere e a cui contribuiscono i composti chimici in esso presenti.

L'alcol è il vero cuore, permette al vino di conservarsi nel tempo e, se ben armonizzato con le altre componenti, può rappresentare un vero e proprio catalizzatore e veicolo di tutte le sensazioni olfattive del vino, contribuendo all'aroma. Esso è presente sotto forma di etanolo, che è prodotto dalla fermentazione dello zucchero dell'uva ad opera di lieviti. È presente anche una piccola percentuale (60-100 mg/l) di metanolo originata dai semi. Gli acidi e gli zuccheri si combinano per dare i principali aromi

del vino e attivare la secrezione salivare. L'acido tartarico è presente in percentuali variabili, che vanno da due a sette grammi per litro e proviene dall'uva stessa e dalla fermentazione. Le uve contengono alti livelli di zuccheri, che vengono convertiti in alcol, ma possono rimanere zuccheri residui non fermentati, il cui contenuto varia da due grammi per litro nei vini secchi fino a 45 g/l e oltre per i vini dolci.

Sono presenti anche sali come il cloruro e il solfato di potassio, anch'essi in quantità variabili, che contribuiscono poco alla definizione dell'aroma a differenza di acidi, alcol e zuccheri.

All'aroma contribuiscono anche i composti fenolici, che si distinguono in due vaste categorie, i pigmenti (antociani) e i tannini. I pigmenti gialli (flavonoli) e quelli rossi (antociani) contribuiscono al colore del vino. I tannini, invece, sono composti organici presenti nella buccia e nei semi dell'uva; danno un contributo significativo all'aroma e sono responsabili della sensazione di astringenza tipica dei vini rossi. I tannini del vino sono molecole molto reattive; quelli di piccole dimensioni (monomeri e oligomeri) sono più amari che astringenti, mentre le molecole di maggiori dimensioni (polimeri) sono molto astringenti e poco amare. Quando si produce il vino rosso, i grappoli vengono pigiati e il mosto resta in contatto con le bucce per lunghi periodi, fino a trenta giorni, consentendo ai tannini di sciogliersi nel mosto. Con il vino bianco, il tempo di contatto si riduce a poche ore e perciò la loro percentuale è molto minore. Durante il processo di invecchiamento del vino rosso, i tannini si combinano con le antocianine stabilizzando il colore, diminuendo l'astringenza ed evitando in questo modo un gusto eccessivamente amaro. Durante la fermentazione, il vino si arricchisce di composti aromatici, quali alcoli, acidi grassi, aldeidi ed esteri. Per esempio, il feniletanolo conferisce un aroma di rosa, la piperidina un aroma di pepe e il diacetile un aroma di burro. L'anidride carbonica, che è prodotta in quantità variabili durante la fermentazione, favorisce il rilascio degli aromi stessi. Essa accentua anche l'acidità del vino e contribuisce a creare una sensazione di freschezza in seguito alla chemestesi (la sensazione gustativa indotta per via chimica, senza l'attivazione dei recettori del gusto e dell'olfatto). A basse quantità il fenomeno non è percepito, ma quando si arriva a 1000 mg per litro, la CO₂ forma bollicine di dimensioni variabili e si ha un vino frizzante. Il numero di bollicine di CO₂ aumenta mantenendo il vino in bottiglie chiuse dopo aver aggiunto altro lievito (metodo *champenoise*).

Nel vino, come in altre bevande fermentate quali la birra, sono presenti degli esteri, che contribuiscono anch'essi alla definizione dell'aroma. Considerati individualmente, sono spesso al di sotto della soglia di percezione dell'aroma e collettivamente la loro concentrazione non supera i 100 mg/l. Tuttavia, se considerati come gruppo, questi composti sono fra i principali componenti del vino, dopo l'acqua (~87,0%), l'etanolo (~13,0%), e sono la fonte primaria degli aromi fruttati. Essi hanno una struttura molto variata sia per quanto riguarda la funzione carbossilica che per il residuo estereo; gli esteri etilici C4-C10 di acidi organici, esteri etilici di acidi grassi lineari a lunga catena o ramificati e acetati di alcoli superiori sono principalmente, anche se non esclusivamente, responsabili dell'aroma fruttato. La produzione media degli esteri e le loro proporzioni relative, dipendono molto dal ceppo del lievito impiegato durante la fermentazione, oltre che dalla varietà dell'uva, dalla temperatura, dalla presenza di ossigeno e/o azoto. Se la fermentazione ha luogo a

15°C si hanno concentrazioni più elevate di aromi freschi e fruttati, mentre a 25°C prevalgono aromi floreali. La fermentazione malo-lattica determina significative modificazioni nella composizione degli aromi; nella successiva fase di maturazione, la loro evoluzione si fa più lenta e si ha una graduale idrolisi degli esteri più volatili e aumentano gli esteri degli acidi dicarbossilici.

In considerazione dei numerosi fattori che contribuiscono all'aroma e al bouquet del vino, vi è spesso il pericolo che questo delicato equilibrio venga meno durante l'invecchiamento e la conservazione. Per preservare la qualità di un vino si aggiunge dell'anidride solforosa (SO₂), che ha proprietà antimicrobiche e antiossidanti. SO₂ interferisce con molte importanti reazioni di ossidazione; per esempio, reagisce con l'acqua ossigenata e l'acetaldeide, che sono la causa delle reazioni di condensazione e si lega anche direttamente alle antocianine, inibendo la produzione di prodotti polimerici.

Il vino viene spesso fatto invecchiare in botti di quercia. In Francia si utilizza il legno della *Quercus robur* o della *Quercus petrae*, lo stesso avviene in Spagna, mentre negli Stati Uniti per la preparazione delle botti si usa il legno della *Quercus alba*.

È ben noto che l'invecchiamento dei vini nelle botti ne migliora la qualità e le caratteristiche organolettiche. Dopo la maturazione in botti di quercia, i vini si arricchiscono in sostanze aromatiche, il colore diventa più stabile e migliorano le sensazioni che si percepiscono in bocca. I cambiamenti del colore e la maggiore complessità del bouquet sono dovuti in parte alla micro-ossigenazione naturale che ha luogo durante l'invecchiamento nelle botti. La permeazione naturale dell'ossigeno attraverso la parete delle doghe di botti nuove francesi è tra 1,66 e 2,5 ml/mese ed è minore nelle botti costruite con legno americano. Anche l'età delle botti influenza la velocità di diffusione dell'ossigeno, poiché col tempo la maggior parte dei pori del legno vengono ostruiti dai depositi del vino. Inoltre, con l'invecchiamento, sulla superficie interna a contatto con il vino possono proliferare microrganismi indesiderati, come i *Brettanomyces*, che possono produrre quantità significative di etilfenoli, caratterizzati da sgradevoli aromi di medicinale. Per queste ragioni vi è un crescente interesse a sviluppare metodiche alternative per semplificare i processi d'invecchiamento, assicurando allo stesso tempo il rilascio dal legno dei composti volatili aromatici e la stabilizzazione del colore attraverso un lento assorbimento di ossigeno. Questi risultati vengono raggiunti attraverso la micro-ossigenazione, un processo che introduce intenzionalmente nei vini quantità ben controllate di ossigeno (Gomez-Plaza e Cano-Lopez, 2011). Questa tecnica migliora la salute dei lieviti durante la fermentazione alcolica e le caratteristiche organolettiche del vino, riducendo gli sgradevoli odori dovuti alla presenza di composti solforati.

Alcuni ricercatori spagnoli hanno fatto invecchiare del vino Rioja in una serie di botti, prelevando, nel tempo, una serie di campioni (Cadañá et al., 2003). Come atteso, i vini provenienti dalle botti nella cui costruzione erano stati utilizzati legni di provenienza spagnola e francese erano simili, ma marcatamente diversi dal vino conservato in botti americane. Durante l'invecchiamento si aveva la neoformazione di un composto particolare, il β -metil- γ -ottalattone, che non era presente nel vino all'inizio. Gli isomeri *cis* e *trans* di questo composto hanno proprietà sensoriali molto diverse; il primo trasmette una sensazione di legno appena tagliato, il secondo di cocco. I vini invecchiati in botti di legno americano contengono una diversa

quantità di isomero *cis* rispetto alle botti costruite con legno francese o spagnolo e questo aspetto può assumere un valore diagnostico.

Vi sono poi i problemi derivanti dai tappi. I tappi di sughero, se infestati da muffe e microrganismi, trasformano il triclorofenolo (TCP) in 2,4,6-tricloroanisolo (TCA). Ne basta una quantità minima per rendere il vino imbevibile e si ritiene che questo fenomeno interessi tra il 2 e il 5% dei vini imbottigliati utilizzando questo sistema di chiusura. Un effetto simile è dovuto ad altri contaminanti come il 2,3,4,6-tetracloroanisolo (TeCA) e il 2,4,6-tribromoanisolo; ne bastano meno di 5 nanogrammi per litro per conferire il temutissimo “sentore di tappo”.

Per evitare di avere vini così gravemente difettosi, si può ricorrere a tappi di plastica, ma anche questi hanno degli inconvenienti. Essi sono meno efficienti di quelli di sughero e consentono l'ingresso di una maggiore quantità di ossigeno all'interno della bottiglia. I vini sono molto sensibili all'ossigeno e in seguito all'ossidazione dei componenti solforati perdono rapidamente gli aromi fruttati ad essi dovuti. Di conseguenza, se la bottiglia ha un tappo di plastica, è necessario aggiungere una maggiore quantità di anidride solforosa.

Vi sono infine i tappi a corona, che danno una chiusura ancora più efficiente di quelli di sughero, ma proprio per questo non sono indicati per vini rossi di corpo pieno, dato che creano all'interno della bottiglia un microambiente predisposto alla riduzione dei composti solforati volatili.

Mentre l'ossigenazione controllata, cioè l'esposizione deliberata di vino all'ossigeno, come abbiamo visto, ha un impatto positivo sulla qualità del vino, non altrettanto si può dire per l'ossidazione, intesa come eccessiva esposizione all'ossigeno stesso. L'influenza dell'ossigeno sullo sviluppo organolettico dei vini durante la maturazione è nota da più di 130 anni, grazie agli studi di Louis Pasteur. L'ossigeno molecolare è poco reattivo, dato che è sotto forma di radicale e, perciò, allo stato fondamentale di tripletto. Se però esso acquista un elettrone da ioni di metalli di transizione, si trasforma in una specie altamente reattiva, il radicale superossido. Questo reagisce con le specie fenoliche presenti nel vino, trasformandosi in acqua ossigenata e dando luogo a chinoni. L'acqua ossigenata estrae un secondo elettrone generando un idrossi radicale, una specie molto instabile che reagisce immediatamente con tutte le sostanze presenti in soluzione. Essa ossida l'etanolo ad acetaldeide e trasforma gli acidi organici in chetoacidi. Si formano anche altri prodotti quali glicerina, zuccheri, chetoni e aldeidi.

L'acido malico dà origine all'acido piruvico, mentre l'acido tartarico si frammenta in numerose piccole aldeidi. I chinoni a loro volta reagiscono con fenoli ricchi in elettroni, quali i flavanoli, per dare strutture fenoliche polimeriche, cioè tannini con pesi molecolari maggiori. I diversi vini presentano differenze marcate nella loro rispettive capacità di consumare ossigeno; in generale, i composti fenolici sono i maggiori consumatori di ossigeno (60%), assieme all'etanolo (20%) e all'anidride solforosa (20%).

L'accostamento fra cibi e vino è certamente di carattere psicologico anche se non mancano solide basi chimiche. Ad esempio, l'abbinamento di certi formaggi al vino rosso è giustificato dal fatto che le proteine in essi contenute ne influenzano l'astringenza dovuta ai tannini, dato che li fanno precipitare rendendoli insolubili.

I vini “barricati”, cioè invecchiati in piccoli fusti di rovere della capacità di 225 litri, in cui il rapporto tra il volume di liquido e la superficie di esposizione al legno è ottimale, hanno un aroma caratteristico, che proviene dalla trasformazione della lignina in vanillina ed eugenolo. Per preparare il *vin brulé*, in genere, si aggiunge la cannella o i chiodi di garofano. La prima è ricca di aldeide cinnamica (da cui il nome, cinnamomo), strutturalmente simile alla vanillina, mentre nei chiodi di garofano sono presenti grandi quantità di eugenolo (Gibb, 2005).

9.5.2 Vino e benessere

Il legame fra vino e salute o, più genericamente, benessere è antico e già nel mondo greco medici famosi come Ippocrate e Galeno consigliavano il vino come supporto terapeutico, antisettico e diuretico. Louis Pasteur, il padre della moderna microbiologia a cui dobbiamo la comprensione dei processi fermentativi che sono alla base della formazione della birra e del vino, riteneva quest'ultimo una bevanda salubre e igienicamente sicura. Queste sue affermazioni, basate su solide basi sperimentali, confermavano le intuizioni di altri scienziati, ad esempio Paracelso, che definiva il vino “cibo, medicina e veleno, tutto dipende dalla dose”.

Il dibattito e l'attuale ricerca sull'importanza del vino come bevanda alcolica e alimento, con una spiccata tipicità rispetto ad altre bevande alcoliche (birra, superalcolici), in grado di garantire un apporto nutrizionale favorevole e, in particolare, una significativa protezione nei confronti della mortalità da tutte le cause (*all cause mortality*) è recente; infatti, può senza dubbio essere fatto risalire ai primi anni '90 e alle osservazioni di Renaud e de Logeril (1992), che ipotizzarono l'esistenza del “paradosso francese”. Secondo questi ricercatori, i dati dello studio MONICA (*MONItoring trends and determinants In Cardiovascular disease*), un'indagine epidemiologica su larga scala condotta a livello internazionale, indicavano che, a fronte di una dieta ricca in grassi saturi e a livelli plasmatici di colesterolo analoghi a quelli registrati negli USA e nel Regno Unito, la mortalità per eventi coronarici (*Coronary Heart Disease*, CHD) era statisticamente più bassa in Francia; questo dato sembrava essere correlato al consumo di vino. L'assunzione di vino quale regolare complemento della dieta quotidiana, un'usanza caratteristica dei paesi mediterranei, avrebbe quindi potuto fornire un'efficace protezione nei confronti degli effetti pro-aterogeni di un'alimentazione ricca in grassi di origine animale. L'ipotesi del “paradosso francese” e, in particolare, il contesto in cui venne enunciato (una popolare trasmissione televisiva con audience molto elevata) ha creato i presupposti per programmare tutta una serie di studi epidemiologici e osservazionali tesi a verificarne la validità. Va comunque ricordato che già alla fine degli anni '70 erano stati pubblicati sulla prestigiosa rivista *Lancet* (St Leger et al., 1979) i risultati di uno studio condotto in 18 paesi industrializzati in cui veniva analizzata la mortalità per cause cardiovascolari nel contesto di variabili quali la situazione economica, lo stato di copertura socio-sanitaria e la dieta. L'analisi statistica indicava l'esistenza di una significativa correlazione negativa tra consumo di bevande alcoliche e incidenza di CHD, quasi totalmente ascrivibile al consumo di vino.

La risonanza del “paradosso francese” e le inevitabili controversie che ha generato, hanno funzionato da catalizzatore per tutta una serie di nuove ricerche non solo di tipo epidemiologico ma anche sperimentale e clinico volte ad approfondire l’ipotesi di Renaud e a indagarne la plausibilità biologica (*Lyon Diet Heart Study*, *INTER-HEART Study*, *Copenhagen City Heart Study*, *Rotterdam Study*). Tra conferme, puntualizzazioni e acquisizione di nuove evidenze sperimentali, le nostre conoscenze sul tema “Vino e Salute” si sono approfondite e organizzate in modo più sistematico. Nel 2001 l’influente American Heart Association (AHA), in un editoriale intitolato *Wine and Your Heart* concludeva che “[...] *there is little current justification to recommend alcohol (or wine specifically) as a cardioprotective strategy*”¹. Nel 2006 la Commissione Nutrizione della AHA ha superato la sua proverbiale cautela sull’argomento bevande alcoliche-vino-salute inserendo un paragrafo specifico di raccomandazioni per le bevande alcoliche il cui consumo deve essere moderato (“[...] *no more than 2 drinks per day for men and 1 drink per day for women and ideally should be consumed with meals*”²). Questi orientamenti dietetici sono stati confermati nel 2010 nelle linee guida dell’US Department of Agriculture: “[...] *Alcohol consumption may have beneficial effects when consumed in moderation. Strong evidence from observational studies has shown that moderate alcohol consumption is associated with a lower risk of cardiovascular disease. Moderate alcohol consumption also is associated with reduced risk of all-cause mortality among middle-aged and older adults and may help to keep cognitive function intact with age*”³. Ciò non va interpretato come un incentivo ad assumere bevande alcoliche per gli astemi, che dovrebbero rimanere tali. A questo proposito, le suddette linee guida sono molto chiare: “[...] *However, it is not recommended that anyone begin drinking or drink more frequently on the basis of potential health benefits*”⁴. Per completezza e correttezza di informazione va sottolineato che gli orientamenti dietetici relativi ai vantaggi apportati da un consumo moderato di vino ai pasti, sono comunque inseriti all’interno di un capitolo dal titolo: “*Foods and Food; components to reduce*” con uno specifico Box “*Keyword Recommendation*” che recita: “[...] *If alcohol is consumed, it should be consumed in moderation—up to one drink per day for women and two drinks per day for men—and only by adults of legal drinking age*”⁵.

¹ Al momento, la raccomandazione del consumo di alcol (e del vino, nello specifico) come strategia di cardioprotezione trova scarse giustificazioni.

² Non più di 2 drink al giorno per gli uomini e 1 drink al giorno per le donne e, auspicabilmente, durante i pasti.

³ L’alcol può produrre effetti benefici se assunto con moderazione. È stato provato da studi osservazionali che un consumo moderato di bevande alcoliche si associa a un rischio ridotto di sviluppare patologie cardiovascolari e a un rischio ridotto di mortalità da tutte le cause in soggetti di mezza età e di età avanzata e si presume aiuti a mantenere intatte le funzioni cognitive con il passare degli anni.

⁴ Tuttavia, iniziare ad assumere bevande alcoliche o aumentarne la frequenza di assunzione sulla base di potenziali benefici in termini di salute non è pratica raccomandabile.

⁵ In caso di consumo di bevande alcoliche, l’assunzione deve avvenire con moderazione – fino a un drink al giorno per le donne e due drink al giorno per gli uomini – e solo da parte di adulti che abbiano superato l’età legale di vendita di alcolici.

È stato osservato che il consumo di vino, soprattutto nei paesi anglosassoni, è attribuibile a una fascia di consumatori più abbienti, con un livello di educazione più elevato e attenti a uno stile di vita salutare, equilibrato, con un'adeguata attività fisica. L'effetto protettivo del vino sembra generalizzato e andare oltre i benefici ascrivibili a un corretto stile di vita. Il consumo moderato di vino (rosso) esercita una significativa protezione nei confronti di episodi vascolari cerebrali (stroke) così come di malattie vascolari periferiche (arteriopatie).

Come descritto nel paragrafo dedicato alla farmaco-tossicologia dell'alcol (etanolo), il consumo eccessivo causa gravi alterazioni della funzionalità cerebrale, deficit cognitivi, demenza. Sono descritti due tipi di demenza: la patologia di Alzheimer e la demenza vascolare. Il consumo moderato di vino è associato a una significativa riduzione del rischio di ammalarsi di Alzheimer o di andare incontro a un declino cognitivo o demenza con il passare degli anni. È recentissima (settembre 2011) la pubblicazione di uno studio condotto su 14000 infermiere (*Nurses' Health Study*, vedi Sun et al., 2011) i cui risultati suggeriscono che il consumo moderato di bevande alcoliche può contribuire a mantenere attive e longeve le funzioni cognitive.

L'esistenza di un possibile legame fra consumo moderato di bevande alcoliche e l'incidenza di tumori (prostata, colon) è stato oggetto di diversi studi, con risultati non ancora definitivi. Il *Nurses' Health Study* ha esaminato circa 60000 donne fra i 30 e i 55 anni e ha evidenziato un moderato aumento (7%) dell'incidenza di tumori al seno. L'incidenza aumenta con l'aumentare del consumo. Alla luce delle attuali conoscenze, vale sempre la raccomandazione di un consumo moderato; l'astemio(a) può rimanere tale.

Con l'esclusione della correlazione positiva che emerge tra consumo moderato di bevande alcoliche e tumori del seno nelle donne, il consumo moderato di vino durante i pasti è associato in modo incontrovertibile a uno stato di salute migliore della media. È logico chiedersi quali ne siano le ragioni.

9.5.3 Le peculiarità del vino rosso

La letteratura scientifica che ha fatto seguito al provocatorio "paradosso francese" è molto vasta e a volte gli effetti benefici riportati sono ascrivibili all'assunzione delle bevande alcoliche in generale (vino, birra, superalcolici), ma le evidenze oggi disponibili indicano che solo un consumo regolare e moderato di vino determina condizioni di benessere duraturo. La domanda è, quindi: quali sono le sostanze presenti nel vino rosso che sono in grado di determinarne gli effetti benefici?

Il vino non rappresenta un semplice succo derivato da un frutto, ma è il risultato "biotecnologico" di una serie straordinariamente complessa di reazioni biochimiche e chimiche, processi fermentativi ed estrattivi, formazione di copigmenti, polimerizzazioni, sviluppo di potenziali ossidoriduttivi, ecc.; in particolare, il vino rosso è anche una ricca fonte di numerosissime sostanze fitochimiche a struttura fenolica, biologicamente attive e il cui contributo, singolarmente o in sinergia, rende ragione degli effetti salutistici. Per quanto riguarda la chimica del vino, si rimanda allo spe-

cifico capitolo. Nel presente capitolo passeremo in rassegna le sostanze o classi di sostanze con un potenziale salutistico.

9.5.4 I polifenoli del vino

I più comuni polifenoli presenti nel vino appartengono alla famiglia degli stilbeni o a quella dei flavonoidi. Tra gli stilbeni ricordiamo il resveratrolo, un composto fenolico dalle proprietà antifungine, quindi con la funzione di fitoalessina, cioè sostanza “a difesa della pianta” (dal greco *fiton-alexein*). Appartenenti alla famiglia dei flavonoidi ricordiamo i flavanoli (catechine ed epicatechine, procianidine, tannini), i flavonoli (quercetina e congeneri, pigmenti di colore giallo, presenti nelle uve bianche e nere) e gli antociani. Questi ultimi sono i pigmenti blu delle uve e si trovano prevalentemente nelle bucce e nella polpa delle uve tintorie (hanno cioè gli antociani anche nella polpa, non solo nella buccia, es. Lambrusco), ma sono presenti anche nelle foglie alla fine del ciclo vegetativo. I flavanoli sono riccamente presenti nei vinaccioli, i semi dell’acino d’uva la cui caratteristica fondamentale è l’elevato contenuto in polifenoli che li rende una fonte preziosa di antiossidanti. I vini giovani hanno un ricco contenuto in procianidine, che sono responsabili della sensazione di astringenza che si avverte a livello delle mucose della bocca, in particolare le gengive. Durante il processo di affinamento-invecchiamento del vino, le procianidine formano lunghe catene di polimeri, i tannini.

I tannini possono anche derivare dal legno delle botti, in genere rovere (*Quercus petraea*), e arricchiscono il vino durante l’affinamento-invecchiamento. In particolare, l’uso delle *barriques*, botti piccole con una capacità di 225 litri, assicura un rapporto ottimale tra superficie del legno e volume di vino contenuto, garantendo un’efficiente estrazione polifenolica.

La ricerca farmacologica sperimentale ha preso in considerazione vari meccanismi d’azione che potrebbero giustificare gli effetti benefici dei polifenoli presenti nel vino rosso, con particolare attenzione alla protezione cardiovascolare. Ad esempio, l’attivabilità delle piastrine è un processo complesso che deve mantenere un delicato punto di equilibrio fisiologico, senza sconfinare in eventi trombotici. L’assunzione di vino deprivato dell’alcol (i campioni di vino sono liofilizzati e il residuo ricostituito in acqua), è in grado di prevenire episodi di trombosi arteriosa in modelli sperimentali basati sull’uso di una dieta ipercolesterolemica (De Curtis et al., 2005), un effetto mediato da una ridotta funzionalità delle piastrine.

I polifenoli sono dei potenti antiossidanti, più efficaci delle vitamine C o E. Nella parete vascolare il colesterolo LDL (“colesterolo cattivo”) si accumula, viene ossidato ed è più difficilmente eliminabile, contribuendo alla formazione delle placche aterosclerotiche. L’assunzione di vino rosso, così come di estratti di polifenoli, è in grado di proteggere le LDL dall’ossidazione, un effetto non condiviso dall’assunzione di vino bianco o superalcolici, quindi interamente attribuibile al contenuto in polifenoli (Nigdikar et al., 1998).

Un composto a struttura fenolica che ha avuto grande risonanza è il resveratrolo. Questa fitoalessina ha proprietà antiossidanti, antiaggreganti piastriniche, antioa-

gulanti, ed è stato definito un fitoestrogeno; potrebbe quindi essere considerato come “la molecola” in grado di spiegare il “paradosso francese”. Purtroppo molte premesse, basate soprattutto su studi *in vitro*, non sono state confermate dagli studi *in vivo*. In effetti, già nel 1997 una rassegna critica delle conoscenze al riguardo aveva messo in guardia da trionfalismi eccessivi e il resveratrolo era stato definito “un semplice comprimario” (Soleas et al., 1997). Nel novembre 2010 il bollettino di ricerca cardiovascolare dell’Università di Harvard confermava le perplessità con un editoriale dal titolo “*The cardiovascular promise of this red wine compound has not been confirmed in humans*”, mettendo in guardia da un facile e incontrollato ricorso a integratori e supplementi dietetici a base di resveratrolo.

A questo proposito, va sottolineato che i cosiddetti “farmaconutrienti” presenti nell’uva, che si riscontrano anche nel vino, sono molto numerosi e il vino stesso può, a tutti gli effetti, essere considerato come un fitocomplesso, cioè una miscela eterogenea di origine vegetale in cui sono presenti svariati composti chimici i quali possono interagire fra loro in modo sinergico, rispetto ai singoli principi attivi, con vari meccanismi d’azione. Il vino, oltre ad acqua, alcol, sali, zuccheri, vitamine, contiene alcune centinaia di complesse componenti organiche naturali, potenzialmente responsabili di molteplici effetti positivi sulla salute umana. Anche i costituenti considerati inerti potrebbero contribuire a modificare, ad esempio, la biodisponibilità dei principi per cui è documentata l’attività farmacologica, favorendone l’assorbimento. Molto probabilmente è solo dal concorso naturalmente equilibrato di tutte le componenti che si riesce a ottenere un risultato finale ben superiore a quello ascrivibile alle singole sostanze presenti.

9.5.5 Vino ed endotelio vascolare

Tra le cellule considerate strategiche nei meccanismi di cardioprotezione, le cellule endoteliali sono fondamentali e considerate non più come una semplice “barriera” ma come un sistema dinamico in grado di regolare sia la funzionalità delle cellule circolanti che quella della parete vascolare e le reciproche interazioni. Le cellule endoteliali producono infatti potenti mediatori locali in grado di modulare l’aggregazione piastrinica, regolare l’adesione dei leucociti alla parete vascolare, controllare il tono vascolare; tra di essi la prostaciclina (PGI₂) e, in particolare, il nitrossido (NO) potrebbero avere una particolare rilevanza nei meccanismi di cardioprotezione che si associano a un consumo moderato di vino (Fitzpatrick et al., 1993; Rotondo e de Gaetano, 2000).

I polifenoli del vino causano una vasodilatazione NO-dipendente. Inoltre, le cellule endoteliali umane (HUVEC) trattate con vino rosso (indipendentemente dal suo contenuto alcolico) rispondono con un aumento sia dell’espressione genica che dell’attività enzimatica degli enzimi deputati alla sintesi di NO (Wallerath et al., 2003), che si traduce in un significativo aumento della sintesi di NO. NO è un gas altamente reattivo, solubile in acqua e lipofilo, caratteristiche che ne permettono un rapido passaggio delle membrane. È biologicamente attivo a concentrazioni molari fra 1 e 100 nM e, dopo essere sintetizzato, può diffondere in modo tridi-

mensionale regolando l'omeostasi vascolare sia a livello luminale (effetto antiaggregante piastrinico-antitrombotico), sia a livello della parete vascolare (controllo del tono vasomotore). In Italia il gruppo di ricerca di Giovanni de Gaetano (Wollny et al., 1999) ha fornito eleganti dimostrazioni al riguardo in studi *in vivo* in modelli sperimentali; il vino rosso si è dimostrato in grado di: a) prolungare il tempo di sanguinamento indipendentemente dalla presenza di alcol; b) ridurre la formazione di trombi; e c) diminuire l'adesione piastrinica a una matrice di collagene.

Considerata la complessità e molteplicità degli effetti esercitati da NO a livello del sistema cardiovascolare, non è sorprendente che sia stata proposta un'"ipotesi del NO" nella cardioprotezione indotta dal vino (Parks e Booyse, 2002).

Le cellule endoteliali producono inoltre un piccolo peptide, l'endotelina-1 (ET-1) che è un potente vasocostrittore coinvolto nella genesi dell'aterosclerosi e dell'infarto. I polifenoli presenti nel vino rosso, e, in particolare, una classe di flavonoidi (vedi: *The Flap over Flavonoids*, 2 febbraio 2012, www.theheart.org), le procianidine (ma non il resveratrolo), sono in grado di bloccare la sintesi di ET-1. Le procianidine sono presenti nel vino rosso in elevate quantità, circa 1 g/litro (circa 1000 volte di più rispetto al resveratrolo) ed è quindi plausibile che il loro assorbimento possa garantire, a livello vascolare, quantità compatibili con il loro profilo farmacologico. Le procianidine sono state identificate in vari alimenti (semi di cacao, ribes rosso, ribes nero, fragole) e il loro consumo regolare in quantità ragionevole (alcune decine di grammi) potrebbe fornire un apporto analogo a quello garantito da un consumo moderato di vino (125-200 ml).

9.5.6 Il caso del resveratrolo

Il resveratrolo è un composto che si trova nella buccia dell'uva e nel vino rosso. È un polifenolo con proprietà antiossidanti, antimutageniche e antinfiammatorie. Una decina di anni fa alcuni ricercatori hanno trovato che questo composto aumentava la durata della vita in alcuni animali e aveva effetti salutari sui topi.

I giornali hanno dato gran risalto alla notizia. Un'industria farmaceutica, la Sirtris, è stata fondata negli Stati Uniti nel 2004 per sviluppare composti analoghi del resveratrolo ed è stata acquistata nel 2008 dalla multinazionale Glaxo per 720 milioni di dollari.

In realtà, la situazione è molto più complessa di quanto si pensasse (vedi la rubrica News in: *Nature*, 2010; pubblicato online 19 gennaio) e attualmente ci si interroga sul resveratrolo, su come e se esso abbia realmente un'influenza sull'invecchiamento umano. I risultati delle ricerche più recenti sono infatti molto contraddittori: alcuni autori negano che esso abbia alcun effetto farmacologico; secondo altri, alcuni analoghi del resveratrolo sono benefici e non tossici in modelli sperimentali animali. Sono ancora in corso indagini cliniche di Fase IIa per vedere quali siano gli effetti in vari stati patologici quali diabete di tipo 2, patologie a base infiammatoria e malattie cardiovascolari.

9.6 Lo champagne

Dal punto di vista strettamente chimico, lo champagne è un sistema idroalcolico a multicomponenti super saturato con molecole disciolte di CO₂ formatesi assieme all'etanolo durante il processo di fermentazione (Liger-Belair et al., 2008). Appena si toglie il tappo di una bottiglia di champagne (o di un vino frizzante), il progressivo rilascio delle molecole di CO₂ gassosa disciolte è responsabile della formazione di bolle, il cosiddetto fenomeno di effervescenza (*perlage*). Va sottolineato che da una tipica bottiglia di champagne da 0,75 L si liberano circa 5 litri di CO₂ e se consideriamo che il diametro di una bolla è di circa 0,5 mm essi corrispondono a un totale numero di bolle di 10 all'ottava! Queste bolle, che salgono in continuazione dall'interno del liquido, rendono il gusto dello champagne e dei vini frizzanti in generale molto diverso da quello dei vini fermi; senza di esse lo champagne e i vini frizzanti non sarebbero riconoscibili.

La produzione moderna dello champagne, di solito etichettata *méthode traditionnelle* o *champanoise* non è molto diversa da quella scoperta in modo empirico dal monaco benedettino Dom Pierre Pérignon nel tardo diciassettesimo secolo. Nelle vigne di circa 32000 ettari della regione di Champagne crescono tre tipi di vitigni nobili, lo Chardonnay (un'uva bianca), il Pinot Meunier e il Pinot Noir (entrambi di uva nera), che danno circa 2,8 milioni di ettolitri l'anno. Di solito a metà settembre i grappoli, dopo la vendemmia, vengono pressati utilizzando grandi presse ad azione verticale grazie alle quali si riduce al minimo lo spostamento dei grappoli; ciò permette di ottenere un "mosto d'uva" limpido e meno colorato, il che rappresenta un indubbio vantaggio nel caso dei vitigni a bacca rossa che sono utilizzati per gli champagne *blanc de noirs*. Solo la fase centrale della pressatura estrae i succhi migliori e circa il 20% (la *taille*) non risulta adatto a prodotti di alto livello qualitativo e viene vinificata a parte. Il "mosto d'uva" viene successivamente trasferito in tini aperti dove la fermentazione alcolica può avere inizio grazie alla presenza di lieviti naturali presenti in una pellicola sottilissima e biancastra che ricopre gli acini maturi (*bloom*, cutina); alternativamente possono essere aggiunti lieviti selezionati, ad esempio un fungo chiamato *Saccharomyces cerevisiae*, che dà luogo alla fermentazione alcolica, cioè la conversione degli zuccheri in etanolo e anidride carbonica. Il ruolo giocato dal lievito nel processo di fermentazione fu compreso da Louis Pasteur, il microbiologo francese, che nel 1857 dimostrò che l'ossigeno non solo non è necessario, ma riduce la resa in alcol. L'ammontare di etanolo generato da questa prima fermentazione alcolica è di circa l'11%. A questo stadio, lo champagne è ancora un vino bianco non effervescente, poiché l'anidride carbonica prodotta durante la prima fermentazione alcolica può sfuggire nell'atmosfera.

Dato che è difficile che un singolo vino di un singolo vitigno di una sola vigna possa dare il bilancio perfetto di aromi, zuccheri e acidità necessari per fare un buon champagne, i produttori spesso ricorrono a un mix di vini diversi, il cosiddetto *assemblage*, che arriva a comprendere per produrre uno champagne fino a 80 vini diversi, provenienti da diversi vitigni, vigneti e raccolti. In annate particolari, questo bilancio perfetto e miracoloso si verifica e parleremo quindi di champagne "millesimati". Questa miscela di vini fermi, preparata a partire dai tre tipi di vitigni base,

viene a questo punto sottoposta a una seconda fermentazione per produrre il vino frizzante; si aggiunge a questo scopo dello zucchero (glucosio, in quantità variabili da 5 a 24 grammi per litro) e del lievito. L'intera miscela viene poi posta in spesse bottiglie, che vengono sigillate con tappi a corona e conservate in cantine fredde (12-14°C). Il vino incomincia a fermentare per la seconda volta e le molecole di anidride carbonica non potendo sfuggire si dissolvono via via nel vino e si stabilisce un equilibrio fra le molecole di CO₂ disciolte e quelle in fase gassosa, secondo la legge di Henry. Ad esempio, da 14 grammi di zucchero aggiunti nelle bottiglie tappate vengono prodotti circa 11,8 grammi per litro di CO₂; ogni bottiglia da 75 centilitri ne contiene 9 grammi, che corrispondono a 5 litri di CO₂ gassosa. Poiché la solubilità di quest'ultima dipende fortemente dalla temperatura, anche la pressione da essa prodotta sotto il tappo dipende molto dalla temperatura dello champagne ed è dell'ordine di 5 atmosfere. Come si è detto, dal punto di vista chimico lo champagne è una soluzione acquosa multicomponente; la CO₂, reagendo con l'acqua, è in equilibrio con l'acido carbonico, H₂CO₃. Tuttavia, dato che il pH dello champagne e dei vini frizzanti è relativamente basso (dell'ordine di 3,2), in essi non vi sono specie carbonatate (CO₂, HCO₃⁻) in coesistenza con la CO₂ disciolta. La velocità raggiunta da un tappo di champagne che sfugge al controllo quando si apre una bottiglia è di 50-60 Km all'ora! Quando si stappa una bottiglia di champagne si forma una nube di nebbia proprio sopra il collo della bottiglia, dovuta all'abbassamento della temperatura causato dall'espansione del gas. Oltre all'improvviso calo della temperatura, si hanno conseguenze importanti che riguardano l'equilibrio termodinamico delle molecole di CO₂ disciolte. Poiché la pressione parziale di quest'ultima sopra la superficie dello champagne diminuisce, l'equilibrio del sistema diventa metastabile (debolmente stabile, si mantiene nel tempo) e quasi tutte le molecole di anidride carbonica sciolte nello champagne sfuggono sotto forma di bolle. Nei liquidi supersaturi in CO₂ come lo champagne e nei vini frizzanti queste bolle non nascono *ex nihilo* (dal nulla); le molecole di CO₂ disciolte, si uniscono assieme (in un *cluster*, un gruppo) utilizzando le forze attrattive di Van der Waals. Un esame approfondito di un bicchiere riempito con champagne mostra che la maggior parte dei siti della nucleazione (crescita) delle bolle sono cavità di gas preesistenti sulla superficie del bicchiere. Queste cavità di gas sono intrappolate all'interno di fibre di cellulosa sulla superficie del bicchiere provenienti dall'aria circostante o dal panno utilizzato per asciugarlo.

Mentre salgono, le bolle continuano a ingrossarsi assorbendo anidride carbonica e aumentano di velocità. Nello champagne e nei vini frizzanti in genere, più le bolle sono piccole e migliore è il gusto. Se sono di piccole dimensioni, nel loro moto ascensionale esse miscelano il liquido in modo continuo e vigoroso, favorendo il rilascio degli aromi. In effetti, gli aromi e il gas si liberano all'interfaccia del vino attraverso un fenomeno di diffusione e questo rende conto del fenomeno olfattivo delle bolle. La miriade di bolle che si agitano alla superficie liquida irradiano piccoli getti che si rompono in minuscole goccioline che formano una specie di nube sulla superficie dello champagne. Esse evaporano in parte, accelerando in questo modo il rilascio delle componenti aromatiche.

La dimensione delle bolle dipende anche fortemente dalla gravità e dalla pressione. Sulla luna, per esempio, le bolle avrebbero un volume triplo visto che in essa

L'accelerazione della gravità è un sesto di quella della terra. Sul monte Everest, dove la pressione è solo il trenta per cento di quella della superficie del mare le bolle sarebbero quattro volte più grandi.

Si può generare effervescenza artificiale nello champagne nucleando le bolle attraverso imperfezioni generate intenzionalmente sulla superficie del bicchiere. È noto ormai da tempo che le bolle possono derivare da piccoli graffi sulla superficie del vetro; tuttavia, l'effervescenza artificiale, a differenza di quella naturale provocata da piccole fibre singole di cellulosa, ha un gusto meno pronunciato a causa della diversa cinetica di rilascio della CO₂ dalla superficie della coppa di champagne.

Lo champagne va versato nel bicchiere in modo simile a quello utilizzato per la birra, se si vogliono preservarne la frizzantezza e gli aromi. Uno studio pubblicato sul *Journal of Agricultural Food Chemistry* ha utilizzato la spettroscopia infrarosso per analizzare le perdite di anidride carbonica gassosa dallo champagne, versato dritto, a caduta perpendicolare, nel bicchiere rispetto a quello versato ad angolo, a tre diverse temperature: 4°, 12° e 18°C. Il gruppo guidato da Gérard Liger-Belair ha mostrato che il metodo di versare “tipo birra” dà una minore schiuma e turbolenza, conservando il doppio di CO₂ rispetto all'altro metodo; per un risultato ottimale è consigliabile una bassa temperatura. Le bollicine dello champagne (il *perlage*) non solo sono esteticamente gradevoli, ma anche rilasciano gli aromi e, collassando sulla lingua, aggiungono un gusto marcato con la conversione della CO₂ in acido carbonico nel cavo orale.

9.7 La birra

La birra, assieme al pane, è una grande invenzione delle civiltà agricole in Egitto e Mesopotamia, frutto della fermentazione di grano e orzo. Come mette in evidenza Massimo Montanari (2009) quella degli antichi era molto più densa dell'attuale e aveva un gusto dolce, dato dalla fermentazione del grano e dell'orzo. Essa cambiò radicalmente quando, probabilmente ai tempi di Carlo Magno, fu introdotto il luppolo durante il processo di fermentazione. Questo non solo consentì di ottenere una birra chiarificata, in seguito alla deposizione dei frammenti solidi, ma introdusse il sapore amarognolo dell'apprezzata bevanda attuale.

La produzione della birra parte da una miscela molto complessa di costituenti grezzi, di varia natura e concentrazione, che includono acqua, lieviti, malto, luppolo e tutta una serie di altri componenti chimici, che possono reagire e interagire a ogni stadio del processo. Nel primo stadio si ha l'incubazione ed estrazione con acqua calda dei grani del cereale (generalmente orzo), già germogliati e triturati. Talvolta, al malto triturato si aggiungono ingredienti a base di amido e/o enzimi. La soluzione così ottenuta viene fatta bollire, chiarificata e raffreddata. Essa viene poi fermentata per aggiunta di lieviti.

L'aroma di una birra è fortemente caratterizzato dal suo gusto e dall'odore, a cui contribuiscono circa 700 composti fra volatili e non volatili. Fra i componenti chiave, volatili, vi sono esteri, zolfo e aldeidi. Sono anche presenti degli antiossidanti come il maltolo, il 2-furanmetanolo, polifenoli e acido ferulico.

Un altro aspetto importante nella valutazione della birra è dato dalla qualità della sua schiuma, definita dalla sua stabilità, bianchezza, forza e cremosità, parametri che sono controllati dalle proteine presenti. Queste ultime possono essere la causa di un problema serio, la torbidità, provocata dalla formazione di colloidali (si veda oltre).

Negli ultimi anni è molto aumentata, da parte dell'industria della birra, la domanda di *nasi elettronici*, poiché la versatilità e la facilità di operazione rendono questi strumenti appropriati per un'accurata analisi della birra e del suo monitoraggio durante il processo di produzione, soprattutto nello stadio della fermentazione. Il naso elettronico comprende un insieme di sensori chimici dotati di una parziale specificità, combinato con un sistema di riconoscimento di profili (*pattern*), che è in grado di riconoscere odori semplici o complessi. Esso tenta di imitare il naso umano; in entrambi, il primo stadio è dato dall'interazione tra i composti volatili (di solito una miscela complessa) e gli appropriati recettori, i recettori olfattivi nel naso biologico (la cui stimolazione converte la composizione chimica dell'aria in segnali nervosi) e un insieme di sensori nel naso elettronico. Lo stadio successivo consiste nella trasduzione del segnale generato dal recettore (la cui struttura è oggi ben identificata e appartiene al gruppo delle *G Protein Coupled Receptors*, GPCR) e nella sua memorizzazione nel cervello o nel suo immagazzinamento-registrazione in un database di *pattern* di riconoscimento. L'ultimo stadio è l'identificazione dell'odore immagazzinato (classificazione). Come risultato, un naso elettronico può identificare i componenti di un aroma e le loro concentrazioni relative (Ghasemi-Varnamkhasti et al., 2011).

La birra ha molte proprietà biologiche: facilita la digestione, ha effetti positivi sul sistema cardiocircolatorio, riduce il colesterolo, aumenta le HDL, ha attività antitumorale (luppolo), *scavenger* dei radicali (polifenoli), protegge il DNA dai danni ossidativi.

9.7.1 Problemi legati alla conservazione

I problemi legati alla conservazione di questa bevanda sono noti da secoli, ma è solo a partire dal ventesimo secolo che i consumatori hanno cominciato a interessarsi alla sua qualità. Il principale spauracchio dei produttori è, come abbiamo già accennato, la torbidità che può essere provocata da cause biologiche e non. Nel primo caso è sufficiente filtrare la birra, eliminando batteri e lieviti responsabili dell'intorbidimento. Più complesso è il secondo caso dove la torbidità è dovuta alla formazione di legami a idrogeno tra i polifenoli e i polipeptidi, ricchi dell'amminoacido prolina. Si originano degli aggregati insolubili permanenti; il modo più semplice di eliminarli è quello di aggiungere il polivinilpirrolidone, un polimero sintetico che si combina con i polifenoli per dare complessi voluminosi che vengono filtrati facilmente. In alternativa, per far precipitare le proteine responsabili del fenomeno si possono aggiungere ancora polifenoli sotto forma di acidi tannici.

Un approccio molto usato è anche quello di ricorrere a enzimi proteolitici, come la papaina della papaya o la bromelaina dell'ananas. Questi composti digeriscono i

polipeptidi più grossi e chiarificano la birra. Queste proteasi non sono molto selettive circa le proteine e devono essere pastorizzate alla fine del processo, per evitare che compromettano nel tempo la qualità della birra.

La birra è anche molto sensibile all'ossigeno; l'ossidazione è un problema serio, in particolare nelle birre con aromi delicati. Per questa ragione è necessario che nel prodotto finale l'ossigeno presente sia inferiore a due parti per milione. Vanno evitati ioni metallici come ioni ferrosi, che reagiscono facilmente con l'ossigeno, catturando un elettrone per dare specie radicaliche molto reattive nei confronti di tutte le molecole organiche presenti. Questo porta a prodotti molto sgradevoli, come l'aldeide (E)-2-nonenale.

In ogni caso, le problematiche connesse alla stabilità degli aromi della birra non sono ancora comprese in modo soddisfacente, anche se l'insieme delle conoscenze sta progressivamente migliorando. Per esempio, si è visto che la reazione di Maillard, tipica degli alimenti arrostiti o tostati, influenza anche la birra. Come abbiamo già detto in altra parte del libro, questa reazione interessa amminoacidi e zuccheri riducenti e richiede generalmente alte temperature. Si è visto che anche nella variazione dell'aroma della birra è coinvolto un largo numero di intermedi di Maillard (gli α -dicarbonili) e che la reazione avviene a temperature molto più basse di quelle abituali.

Se si vuole conservare la birra va evitata anche la luce, dato che essa isomerizza le molecole di α -acidi, derivate dal luppolo, che danno alla birra il caratteristico gusto amaro. Gli acidi isomerizzati reagiscono a loro volta con le specie solforate presenti nella birra. Si formano tioli dotati di odori particolarmente sgradevoli, come ad esempio il 3-metilbut-2ene-1-tiolo (MBT). La reazione provocata dalla luce ovviamente non può aver luogo in barili o lattine e viene minimizzata conservando la birra in bottiglie di vetro scuro che tagliano le lunghezze d'onda della luce responsabili di questi danni. L'idrogenazione catalitica dei doppi legami dei prodotti derivanti dal luppolo da una parte stabilizza la birra all'azione della luce, ma dall'altra rischia di modificarne l'aroma (Nicholls, 2008).

9.8 I superalcolici

Anche i cosiddetti superalcolici sono frutto della fermentazione degli zuccheri contenuti soprattutto nella frutta, nei cereali ma anche nel miele e nei tuberi e della distillazione che ne aumenta la gradazione alcolica. Il liquido ottenuto dalla fermentazione viene scaldato fino a quando l'alcol e gli aromi evaporano e possono essere raccolti, raffreddati e condensati nuovamente. Vengono così prodotti whisky, gin, vodka, rum, brandy e i liquori in generale.

9.8.1 La chimica del whisky

Non vi è una singola composizione chimica in grado di descrivere la chimica del whisky, in quanto esso contiene centinaia di composti, inclusi acidi grassi, esteri,

alcoli, aldeidi in una vasta gamma di concentrazioni. I suoi aromi più importanti provengono dai materiali grezzi, dal processo di distillazione e dalla maturazione (*Chemistry World*, 41, Dicembre 2008).

Se prendiamo in considerazione il materiale grezzo, il whisky scozzese di malto è prodotto al 100% da grani di malto di orzo che sono stati lasciati germinare per un breve periodo, con rilascio di enzimi che convertono l'amido in zucchero e successivamente in alcol. I produttori di whisky partono da una miscela di malto triturato e acqua che arriva alla distilleria priva di qualsiasi trattamento. L'acqua delle vene sorgive delle Highlands scozzesi è particolarmente pregiata e le distillerie difendono e proteggono con cura le loro fonti di approvvigionamento. Si aggiunge il lievito e si lascia fermentare per circa 72 ore prima di inviare la soluzione alcolica alla distillazione. Quest'ultima utilizza tradizionali e impressionanti alambicchi di rame, e consente di separare le diverse componenti in base alla loro volatilità, mentre al contempo il rame catalizza alcune importanti reazioni collaterali. In realtà, entrano in gioco tutta una serie di variabili, non ultima il riflusso, che è determinato dal collo dell'alambicco, la cui forma è perciò molto importante, tanto che ogni distilleria disegna la propria.

Il rame, durante la distillazione, catalizza anche le reazioni che allontanano i composti solforati. La distillazione della fase alcolica fornisce tre frazioni: a) quella di testa, che contiene le componenti altamente volatili quali l'acetaldeide e l'acetato di etile; b) la frazione alcolica, che viene conservata per le fasi successive di maturazione-affinamento per trasformarsi in Scotch; e infine c) quella che contiene i componenti poco volatili quali fenoli e composti azotati. Le frazioni di testa e di coda vengono ridistillate per recuperare l'alcol ancora presente. La maggior parte del whisky scozzese è distillata due volte a differenza di quello irlandese che è distillato una terza volta. Quest'ultimo è perciò più puro, mentre in quello Scozzese rimangono più aromi. In Scozia ci sono 92 distillerie, caratterizzate da un proprio *know-how*. Ciascuna raccoglie infatti frazioni leggermente differenti durante la distillazione, e perciò le frazioni alcoliche sono diverse ancora prima di entrare in contatto con il legno delle botti per le fasi di maturazione-affinamento. Il liquido incolore già contiene alcuni dei composti che poi si ritrovano nell'aroma finale, fenoli, esteri, lattoni, aldeidi e alcuni composti solforati e azotati. Ma è nelle botti durante il processo di maturazione-affinamento che ogni whisky acquista la sua personalità. Alcuni vengono lasciati maturare per otto anni, ma la maggior parte dei malti molto affumicati vengono fatti maturare dai dodici ai diciotto anni per raggiungere un equilibrio perfetto. La maggior parte delle botti sono di quercia bianca americana e sono già state utilizzate per il bourbon. L'industria americana di bourbon usa ogni volta botti nuove. Quelle già usate per il bourbon sono nella situazione ottimale per far maturare lo Scotch; la quercia bianca contiene infatti molta vaniglia, che viene estratta e dà il gusto dolce caratteristico del bourbon. Dopo questo pretrattamento, resta poca vaniglia residua e le botti sono pronte per lo Scotch. Esse devono avere una capacità inferiore ai 700 litri, poiché la maggior parte della chimica della maturazione-affinamento dipende da un buon contatto con il legno. Nelle botti hanno luogo tre processi: a) un processo additivo (formazione di nuovi composti); b) un processo di sottrazione; e c) uno di interazione. Il

Come si deve bere il whisky

I puristi del singolo malto aggiungono solo un poco d'acqua a temperatura ambiente. Se si aumenta la quantità di acqua, si riduce la solubilità degli esteri a lunga catena e, allo stesso tempo, si aumenta la volatilità dei componenti idrofobi. I componenti torbati, come i fenoli, sono particolarmente solubili in acqua e la diluizione ne riduce la volatilità, analogamente a quanto succede per i composti azotati. Chi apprezza i gusti torbati o i toni di cereali deve preferibilmente bere il whisky puro. Anche il ghiaccio e l'acqua molto fredda riducono la volatilità di molti componenti aromatiche, che restano nel liquido, con il risultato che si può non avvertirne l'aroma, ma continuare a coglierne il gusto.

secondo processo è particolarmente significativo in quanto si perdono i composti solforati volatili sgradevoli come il dimetilsolfuro.

L'ossigeno diffonde attraverso il legno ossidando alcoli e aldeidi per dare acidi carbossilici che reagiscono con l'etanolo per formare gli esteri, che sono alcune delle componenti più aromatiche presenti nel whisky. Le botti vengono spesso tostate all'interno, creando un film di carbone che trattiene alcuni composti indesiderati e favorisce la rottura della lignina del legno. Quest'ultima, attraverso una reazione chiamata etanolisi, trasforma l'etanolo in alcuni composti aromatici, quali le aldeidi aromatiche. Se si confronta un whisky maturato in botti tostate con uno maturato in botti normali si nota nel primo la presenza dei whisky-lattoni (*cis-* e *trans*-metil-ottalattone), composti con aroma fruttato simile alla noce di cocco. Ed è la maturazione nelle botti che dà al whisky il caratteristico colore dorato, dovuto alle melanoidine derivanti dalla degradazione della cellulosa. Il solo additivo consentito è il caramello, che è usato per dare al whisky il suo colore standard.

La legge stabilisce che un whisky non possa essere chiamato Scotch se non è stato lasciato maturare almeno per tre anni e solo in Scozia. Non è solo una questione di protezionismo, ma anche la scelta di condizioni ambientali ottimali. Una volta maturato il whisky viene miscelato e diluito per essere imbottigliato, dato che in botte esso ha un contenuto in alcol fino al 60%, anziché il 40% classico delle bottiglie. Ciascuna distilleria ha il suo maestro distillatore, un professionista in grado di distinguere, grazie a un senso dell'olfatto molto sensibile e allenato, centinaia di aromi. Molti singoli, provenienti da molte botti tutte appartenenti alla stessa distilleria, sono di solito miscelati per dare il giusto aroma. L'età presente in etichetta sulla bottiglia indica il whisky più giovane presente in quella bottiglia. Il primo whisky di malto singolo è stato introdotto da Glenfiddich nel 1960 e rappresenta circa il 5% del mercato. In un malto singolo vi è una banda ristretta di aromi e questi possono non corrispondere al proprio gusto personale. I vari whisky miscelati (*blended*) sono considerati, spesso a torto, di qualità più scadente. In effetti, anche se arrivano a contenere una miscela di 35 malti differenti, essi sono spesso whisky superbi.

Non tutte le distillerie affumicano il loro malto, mentre alcune come Laphroaig, Ardbeg e Lagavulin sono famose per questo. È una pratica che deriva dai tempi antichi, quando si asciugava il malto d'orzo su fuochi di torba, un combustibile poco costoso e molto accessibile. I composti fenolici si trasferivano dalla torba al malto, dando al whisky un aroma caratteristico. Ma anche la chimica della torba è complessa e dipende dalle località di provenienza e queste differenze si ritrovano negli whisky.

10.1 Additivi alimentari

Il Ministero della Salute definisce come “additivo alimentare” qualsiasi sostanza non consumata come alimento in quanto tale o utilizzata come ingrediente tipico degli alimenti, ma aggiunta intenzionalmente per un fine tecnologico. In altri termini, grazie al loro uso, gli additivi consentono la produzione, lo stoccaggio e la distribuzione di prodotti alimentari in aree geografiche molto distanti dai luoghi di provenienza.

Esempi storici sono la salatura delle carni e dei pesci, l’aggiunta di succo di limone per evitare l’imbrunimento di frutta e verdura, l’impiego dell’aceto in conserve vegetali, l’aggiunta del salnitro negli insaccati e di solfiti nei mosti e nei vini.

Batteri, lieviti e muffe per svilupparsi hanno le stesse necessità nutrizionali degli esseri umani e non sorprende che siano in competizione con essi nell’utilizzare i nutrienti presenti nella nostra dieta. È normale che la tecnologia alimentare sia interessata da sempre a tenerli sotto controllo. L’approccio basato sugli additivi per ridurre l’attività microbica è legato anche alla necessità di conservare le caratteristiche organolettiche dei cibi nelle fasi successive all’apertura delle confezioni. Per preservare il valore nutrizionale degli alimenti si ricorre a diverse procedure che consentono di operare in condizioni blande, tali però da rendere ottimale l’inibizione dell’attività microbica indesiderata. Ad esempio, nel caso del prosciutto cotto si ricorre all’azione combinata di: a) sale, che tiene bassa l’attività dell’acqua evitando la proliferazione batterica (vedi capitolo specifico sull’acqua); b) calore; e c) nitriti, per distruggere spore e batteri.

D’altro canto, se è evidente la necessità di combattere batteri e funghi patogeni (*Salmonella*, *Clostridium botulinum*, *Aspergillus flavus*), non dobbiamo dimenticare gli aspetti positivi che i microrganismi presentano nella produzione del cibo, dalla produzione dei formaggi alla fermentazione alcolica.

Nella categoria degli additivi rientrano non solo antiossidanti come i tocoferoli, l’acido citrico e i conservanti antimicrobici, che abbiamo trattato a parte, ma anche addensanti, emulsionanti, aromatizzanti e coloranti. Essi vengono autorizzati se è comprovata la sicurezza del loro uso e solo se necessari. La lettera E seguita da un numero indica che l’additivo è stato approvato dalla Comunità Europea. Nonostante

questo, alcuni additivi alimentari possono provocare una risposta allergica in soggetti sensibili, come nel caso della tartrazina (E102), un colorante alimentare giallo di origine sintetica (nella cui struttura è presente un gruppo azoico), il carminio o cocciniglia rossa che costituisce il colorante naturale del tuorlo d'uovo e della coccinella americana (E120), i solfiti, il glutammato monosodico (MSG) e l'aspartame.

Il MSG, usato come aromatizzante nei dadi da brodo, nella carne in scatola e nei cibi preparati, è il sale di sodio dell'acido glutammico, un α -amminoacido naturale presente negli alimenti ricchi di proteine come la carne e in latticini quali il camembert. L'aspartame, sostanza a elevato potere dolcificante, che tratteremo a parte, è un dipeptide di sintesi costituito da due α -amminoacidi naturali: l'acido aspartico e la fenilalanina.

10.1.1 Addensanti

Gli addensanti sono sostanze che contribuiscono ad aumentare la viscosità delle preparazioni alimentari come i condimenti per insalata e il latte aromatizzato. Fra gli addensanti naturali più comuni ricordiamo l'amido di patate, la gelatina e le pectine.

Queste ultime sono dei derivati di zuccheri idrosolubili (acidi poligalatturonici), presenti nelle cellule vegetali (ad es. mele e agrumi), da cui vengono estratte. Date le loro proprietà gelificanti, trovano il loro principale utilizzo nella preparazione di marmellate, confetture e gelatine di frutta.

I granuli di amido possono assorbire enormi quantità d'acqua (i granuli di amido di patata possono gonfiarsi fino a cento volte il volume iniziale) senza perdere la loro integrità; questa è una delle ragioni per cui sono buoni agenti addensanti. Il rigonfiamento provoca l'effetto addensante degli amidi usati in cucina.

Gli alginati sono derivati dell'acido alginico, una sostanza colloidale estratta da alghe marine, impiegati per aumentare la consistenza della maionese, dei gelati e in alcune bevande per disperdere, sotto forma di goccioline, composti aromatizzanti come la vanillina. Sono polimeri lineari di due diversi monosaccaridi e variano a seconda delle specie e delle parti della pianta. Ambedue i monosaccaridi sono presenti nella catena polimerica, ma sono legati con sequenze diverse e in diversi rapporti. I gel si formano facilmente in presenza di ioni calcio, non fondono al di sotto di 100°C e per questo sono usati in vari prodotti alimentari quali le gelatine di frutta.

Anche altri polisaccaridi con strutture più complesse, contenenti catene lineari derivate dal galattosio come la carragenina e le gomme vegetali, si prestano a questo scopo.

La carragenina, estratta da un tipo di alghe rosse, si può ritrovare in gelati, dolci e soufflé di formaggio. Le preoccupazioni sulla loro sicurezza come additivi e sulla possibilità che causino irritazioni intestinali hanno probabilmente scarso fondamento, visto che occupano un posto importante nelle diete giapponesi senza provocare alcun problema. Per completezza di informazione, va comunque segnalato che la carragenina è utilizzata in farmacologia sperimentale per indurre flogosi ed edema e rappresenta un modello per lo studio dei farmaci antinfiammatori.

Nel prosciutto cotto, così come nella carne in scatola, sono spesso presenti i polifosfati di sodio, che possono essere responsabili di effetti dannosi sul sistema renale.

Il caso di intossicazione alimentare al Fat Duck

Questo famoso ristorante inglese è stato temporaneamente chiuso a causa di un'intossicazione alimentare denunciata da oltre 30 clienti, dopo avervi cenato. Il Fat Duck, con tre stelle Michelin, è considerato uno dei migliori ristoranti del mondo. Le analisi svolte dalle autorità sanitarie non hanno portato ad alcun risultato. Il Fat Duck è stato votato migliore ristorante del mondo nel 2005 dalla rivista britannica *Restaurant*. Il suo proprietario, lo chef Heston Brumenthal, è un eccezionale personaggio che fino a 29 anni ha lavorato in ufficio; chef autodidatta, per dieci anni studia cucina, viaggia di frequente in Francia e nel 1995 apre il Fat Duck. Heston Brumenthal è famoso per il suo approccio scientifico, descritto come un alchimista della cucina, per il suo stile innovativo ed è fautore della cucina molecolare. Nella cucina molecolare si usa carragenina per addensare; la carragenina è utilizzata sperimentalmente in farmacologia per provocare una reazione infiammatoria cui si associa un'aumentata sintesi di prostaglandine. Le prostaglandine causano diarrea e vomito; forse sarebbe stato sufficiente ai clienti del Fat Duck prendere una pastiglia di aspirina prima di cenare!

In molti dolci, come la *mousse* di agrumi, la *charlotte* alle pere, la bavarese al rum o nella ricetta delle uova in gelatina, si trova l'agar-agar, un sostituto ideale della gelatina, ottenuto per disidratazione di alghe del genere *Gelidium*.

Altri polisaccaridi usati come addensanti-gelificanti nell'industria dolciaria e dei succhi di frutta sono la gomma arabica, prodotta dall'albero tropicale *Acacia Senegal* e la gomma adragante.

10.1.2 Emulsionanti

Gli emulsionanti, detti anche surfattanti (materiali attivi su una superficie) o tensioattivi, sono sostanze che stabilizzano le emulsioni; fra essi il rosso d'uovo (in cui il principale agente emulsionante è la lecitina), la senape, il cui effetto emulsionante è dovuto a una varietà di prodotti nella mucillagine che circonda il guscio e ancora proteine a basso peso molecolare. La lecitina, una miscela di fosfolipidi estratta dall'olio di soia, è usata in prodotti dolciari, margarina, gelato, cioccolato e caramelle.

La più nota fonte di emulsionanti nella preparazione dei cibi è il rosso d'uovo. Circa il 30% del tuorlo è costituito da lipidi sotto forma di trigliceridi e fosfolipidi, il resto è rappresentato da colesterolo. Le proteine sono presenti in misura del 16%.

La funzionalità di un emulsionante è il risultato della sua struttura chimica, che è costituita da una catena (idrofobica o lipofila) di atomi di carbonio e da un altro gruppo polare idrofilico. Molte sostanze mostrano questa combinazione di idrofilia e lipofilia; un esempio è dato dai monogliceridi in cui è presente la glicerina (un alcol idrofilico), unita a un acido grasso a lunga catena (lipofilo). Sono usati,

come emulsionanti in margarina, creme, gelati, marmellate e biscotti, spesso in combinazione con digliceridi e trigliceridi.

La parte che varia è quella relativa alla struttura dell'acido grasso; in genere si utilizzano l'acido palmitico, oleico e stearico, ma possono essere usati anche altri acidi carbossilici di uso alimentare quali l'acido lattico, citrico e tartarico.

Altri emulsionanti, strutturalmente correlati alla lecitina, presentano una testa polare idrofila e due code lipofile, costituite da due acidi grassi. Interessante è il caso dell'amido, i cui granuli sono costituiti da una catena lineare di amilosio e da una catena ramificata di amilopectina.

Quando sono scaldati in acqua, si imbibiscono gonfiandosi e danno luogo alla cosiddetta gelatinizzazione. Le molecole si associano a dare un gel molto viscoso; se si raffredda, la viscosità aumenta, vengono espulse molecole d'acqua e l'amido si separa sotto forma di cristalli. Questo fenomeno è chiamato "retrogradazione dell'amido"; per ritardarla e mantenere soffici i prodotti si usano emulsionanti, come le lecitine modificate.

In un altro capitolo è discusso il ruolo del glutine nel mantenere l'aerazione dei prodotti di forno. Se il reticolo formato dal glutine non è abbastanza robusto, i gas tendono a uscire e per impedirlo si può irrobustire il reticolo ricorrendo a emulsionanti ionici.

Nel caso del cioccolato, abbiamo insistito sulla necessità di formare cristalli di cacao stabili (la tempera del cioccolato). Piccole quantità di burro di cacao possono comunque migrare sulla superficie dando i cosiddetti "fiori" sotto forma di un velo grigio-blu. Questo inconveniente può essere evitato con l'aggiunta di una piccola quantità di emulsionante (di solito lecitina), che evita l'aggregazione delle particelle di zucchero, conferendo al cioccolato la giusta viscosità. Analogamente, si possono usare emulsionanti per modificare i cristalli di margarina.

10.1.3 Esaltatori di sapidità

Per esaltatori di sapidità si intendono le sostanze che di per sé non hanno sapore o ne hanno poco, ma che esaltano quello degli alimenti a cui essi vengono aggiunti.

Nella cucina orientale si fa un largo uso del glutammato monosodico (MSG) estratto da un'alga, che viene impiegato in salse, gelatine e preparazioni a base di carne e pesce come le zuppe. Se usato in grande quantità, può provocare la cosiddetta "sindrome del ristorante cinese" che consiste in mal di testa, irritabilità, insonnia.

Tra gli esaltatori di sapidità vengono anche utilizzati l'acido acetico, lattico, ascorbico, citrico e tartarico. Per esaltare il gusto della carne, oltre al MSG si usa nella cucina giapponese l'inosina monofosfato. Il gusto particolare di questi due composti e di altri simili è chiamato "umami", che significa gusto delizioso.

L'inosina monofosfato (IMP) è isolata dalle scaglie essiccate del pesce bonito. Già nell'antica Roma si usava una salsa a base di pesce fermentato, il *garum* o *liquamen*, tuttora popolare in Estremo Oriente per il gusto di umami.

Mentre IMP e MSG sono le sostanze che contribuiscono in modo fondamentale

al gusto della carne, le sottili differenze di gusto fra le diverse carni dipendono, oltre che dalle loro proporzioni relative, anche dalla presenza di altre sostanze. Per esempio, la carne di agnello deve il suo gusto particolare alla carnosina, un dipeptide, mentre le differenze di gusto tra vitello e bue sono imputabili all'aumento di amminoacidi liberi nell'animale adulto.

10.1.4 Aromi

Gli aromi sono la classe più numerosa di additivi alimentari; attualmente sono disponibili in commercio più di mille aromi naturali e sintetici. Per la maggior parte essi sono concentrati o estratti da prodotti contenenti l'aroma desiderato; spesso sono miscele complesse, costituite da decine o centinaia di componenti.

Tra i diversi meccanismi di formazione degli aromi negli alimenti, vi può essere l'attività di enzimi che agiscono su precursori non volatili e privi di aromi, liberando il vero principio aromatico. In tal modo, enzimi che idrolizzano i legami glicosidici (le β -glucosidasi) liberano vanillina e benzaldeide quando attaccano, ad esempio, il mandelonitrile presente nelle mandorle amare.

Spesso, nelle piante, gli enzimi sono confinati in punti diversi rispetto ai precursori degli aromi, con cui interagiscono nel corso della maturazione o in seguito a trattamenti meccanici (es. la masticazione). Un esempio tipico è rappresentato dagli spicchi d'aglio, inodori finché sono intatti e da cui si libera l'aroma tipico, dato da composti solforati, quando se ne danneggiano le cellule. Il precursore allina (o alliina) è trasformato dall'enzima allinasi nell'allicina, che è il costituente volatile dell'aglio fresco.

Anche gli innalzatori di aromi agiscono con lo stesso principio. Si tratta di preparati enzimatici che sostituiscono gli enzimi naturali distrutti dai trattamenti termici, liberando principi aromatici.

Nello sfruttamento industriale dei microrganismi si possono seguire due strategie: o si producono metaboliti primari quali, ad esempio, gli amminoacidi o ci si focalizza sulla sintesi di metaboliti secondari. Questi ultimi sono così chiamati perché non sono essenziali per la crescita della cellula; tra di essi ritroviamo i componenti volatili degli aromi, quali terpeni, esteri, chetoni, lattoni, alcoli e aldeidi.

L'uso di aromi in cucina è nato con la cucina stessa. All'inizio venivano usati aromi naturali come sali, vegetali o loro parti (erbe o spezie), oli. Successivamente, questo termine è stato usato per indicare ogni sostanza naturale di origine vegetale o animale in grado di conferire gusto e profumo agli alimenti.

Per essere definiti "naturali", gli aromi devono essere prodotti con metodi puramente fisici come la distillazione, l'estrazione con opportuni solventi o chimicamente, per via enzimatica. Essi comprendono oli essenziali, oleoresine, idrolisati di proteine, distillati e i prodotti di arrostitimento, riscaldamento o enzimolisi.

Essi contengono il componente aromatizzante, proveniente da spezie, erbe, frutta, radici, carne, pesce, uova o prodotti di fermentazione. Un'erba aromatica come la salvia contiene più di 500 composti e questo dà un'idea della difficoltà di individuare le molecole responsabili del suo aroma.

Vengono assimilati ad aromi naturali i cosiddetti aromi “identici al naturale” (in inglese *nature-like*), cioè quegli aromi riprodotti esattamente e indistinguibili dai naturali per struttura e gusto.

Un aroma “artificiale” è, infine, un aroma che è assente in natura, ma che ricrea la sensazione di un aroma naturale.

La vanillina è una sostanza aromatica di origine naturale con una struttura chimica ben definita (3-metossi-4-idrossibenzaldeide), scoperta nel 1874. Essa viene isolata dal frutto della *Vanilla planifolia*, un'orchidacea del Messico e delle Indie Orientali, ma può essere riprodotta esattamente per via chimica a partire, per esempio, dal guaiacolo; in questo caso, essa è detta vanillina *nature-like*.

L'etilvanillina è, invece, un aroma artificiale, 3-4 volte più intenso della vanillina naturale, prodotta esclusivamente per sintesi. Essa ha un gusto leggermente diverso rispetto all'aroma naturale, costa meno e si conserva meglio.

La vanillina e i suoi derivati trovano impiego nell'industria alimentare, nei dolci e nei gelati. La produzione della vanillina sintetica è di 11.800 tonnellate, quella naturale è di 120 tonnellate.

Nelle bevande analcoliche si può trovare il saffrolo, un olio essenziale ricavato dalle scorze delle radici dell'albero nordamericano *Sassafras albidum*, di cui costituisce il 75%. Il suo uso è proibito in diversi paesi perché ritenuto tossico.

L'elenco delle sostanze aromatizzanti è molto esteso e comprende molti esteri di acidi carbossilici, come l'acetato di isopentile, componente del profumo della banana, il propanoato di isobutile, un componente dell'aroma del rum, il valerato di isopentile responsabile del profumo delle mele e l'antranilato di metile che dà profumo all'uva (Tabella 10.1).

Va sottolineato che gli aromi naturali, così come le fragranze (profumi), hanno una composizione chimica molto complessa; l'aroma del caffè tostato comprende più di 100 componenti volatili, mentre in alcune varietà di pere sono presenti una cinquantina di esteri diversi.

Come discuteremo a parte, la percezione di un aroma non può essere ricondotta solo alla struttura chimica e alla specificità del gusto individuale. Tecniche chimico-fisiche sofisticate, come la spettrometria di massa, consentono di valutare in modo quantitativo le componenti volatili aromatiche che si liberano quando si masticano cibi, a conferma di una pratica comune ai buongustai, per non dire un luogo comune, che invita a masticare lentamente ciò che si sta mangiando per apprezzarlo pienamente.

L'argomento dell'aroma è al tempo stesso affascinante e problematico. Parlando di aromi nei cibi, dobbiamo tenere presenti due aspetti fondamentali. Prima di tutto, gli aromi caratteristici di cibi particolari sono costituiti da componenti volatili. In secondo luogo, quasi tutti gli aromi dei cibi sono composti da molte molecole diverse fra di loro. Nel caso di vegetali, erbe, spezie e frutta, si va da poche unità a centinaia di componenti, anche se solo una parte costituisce gli elementi dominanti dell'aroma.

Si possono identificare arbitrariamente delle famiglie di aromi; i frutti possono avere aromi di foglie verdi, ciliegie e banane contengono l'elemento dominante dei chiodi di garofano, nei cedri si ritrova la nota del coriandolo.

Le note di verde tipiche di meloni, cetrioli e funghi sono prodotte da acidi grassi insaturi che vengono in contatto (fungono da substrato) con enzimi ossidanti

Tabella 10.1 Formule di alcuni fra gli aromi più comuni

Nome	Aroma
Formiato di etile	Rhum
Acetato di isopentile	Banana
Acetato di ottile	Arancia
Butanoato di etile	Ananas
2-amminobenzoato di metile	Uva
3-metossi-4-idrossibenzaldeide	Vanillina

(le lipossigenasi) quando le cellule delle membrane sono danneggiate. Aromi fruttati sono tipici di esteri di acidi organici. Nelle erbe aromatiche si ritrova un grande varietà di terpeni.

Aromi fenolici sono prodotti dall'azione di enzimi su amminoacidi con sei atomi di carbonio. Molti composti aromatici con note pungenti solforate fanno parte di meccanismi di difesa di specie animali che le sintetizzano per via enzimatica, a partire da precursori non aromatici, quando sono sotto attacco.

L'industria delle bevande sia alcoliche che analcoliche, assieme all'industria degli alimenti, è il principale utilizzatore degli aromatizzanti; quelli naturali contribuiscono in misura del 20% mentre il resto è costituito dagli aromatizzanti *nature-like*.

Questi ultimi vengono preferiti ai naturali per ragioni economiche, la maggiore stabilità, costanza e riproducibilità di aroma. La tendenza attuale è quella di cercare nuovi aromi naturali e nuove fragranze in paesi esotici come il Madagascar, la Guyana francese, la Nuova Guinea e le foreste del Gabon.

Sono state immesse sul mercato diverse versioni sintetiche del tartufo bianco. Attraverso tecniche analitiche di gas-massa, abbinate a spettrometria di massa, ricercatori tedeschi hanno isolato il principale componente dell'aroma del tartufo; si tratta di una molecola molto semplice, il bismetiltiometano presente nel tubero in quantità minime.

È stato anche possibile identificare l'aroma delle cipolle; è un prodotto solforato (il 3-mercapto-2-metilpentan-1-olo), di cui sono stati isolati 10 mg partendo da 20 Kg di cipolle. Esso contiene 2 stereocentri; sono perciò possibili 4 stereoisomeri che, preparati separatamente, hanno gusti simili, ma diversa soglia di odorabilità.

La Givaudan ha commercializzato uno strumento, il *Virtual Aroma Synthetiser* (VAS) che consente di preparare un aroma su misura. Esso è costituito da una serie di contenitori, uno per ogni aroma; attraverso quelli prescelti è fatta passare una corrente di azoto e si possono variare le concentrazioni fino a ottenere l'effetto desiderato (Davies, 2002).

10.1.5 Coloranti

Aromi e coloranti, che costituiscono più del 20% del mercato degli additivi alimentari, rendono il cibo attraente e uniforme, eliminando le variazioni naturali sgradite al

consumatore. Il colore è una caratteristica sensoriale che contribuisce a far sì che un alimento risulti ben accetto o sgradito, essendo spesso associato a un particolare sapore o intensità di sapore.

Benché esistano coloranti sintetici ammessi per usi alimentari, il cui dosaggio è regolato per legge, i produttori di alimenti sono sempre più orientati verso coloranti naturali quali i carotenoidi, estratti da carote, arance e crostacei, le antocianine, estratte da uva, more, mirtilli, le beatine, estratte da barbabietole rosse, il caramello, proveniente da zuccheri e la clorofilla delle piante.

I pigmenti della frutta e dei vegetali hanno un ruolo fisiologico importante nelle piante viventi. La clorofilla, ad esempio, ha uno spettro di assorbimento della luce solare ottimale per la conversione della luce in energia chimica della pianta. Essa, sia nella cosiddetta forma α che nella forma β , può degradarsi durante la conservazione o la cottura. A pH acido perde lo ione magnesio coordinato alla porfirina e il colore cambia da verde intenso a marroncino. In cucina, se si vuole evitare che le verdure si scuriscano, basta aggiungere all'acqua di cottura del bicarbonato. La clorofilla è liofila (affine con i grassi ma idrorepellente), ma dopo idrolisi dell'estere del fitolo si trasforma nella clorofillide, che è idrofila (affine con l'acqua e idrosolubile) e colora in verde l'acqua di cottura dei vegetali. Il carattere lipofilo della clorofilla si può apprezzare pienamente nel colore verde dell'olio di oliva.

I carotenoidi sono sintetizzati solo nelle piante e nelle alghe, ne sono un esempio pomodori e carote. Essi possono essere trasferiti nella catena del cibo, conferendo colore ad altri organismi. Così l'astaxantina, sintetizzata dal fitoplancton, è trasferita ai krill, agli scampi e ai salmonoidi, tutti apprezzati per il loro colore rosato. Per trote e salmoni di allevamento si aggiungono dei carotenoidi nell'alimento per accentuare la colorazione rosa.

A seconda della dieta, può cambiare anche la colorazione del tuorlo delle uova di gallina, che può variare dal giallo pallido al rosso intenso; in genere, le galline allevate all'aperto tendono a produrre tuorli più scuri e rossi. Altri coloranti naturali sono la luteina e la cocciniglia presenti nel tuorlo e la criptoxantina delle piante di patate, del pomodoro e della buccia di arancia.

Uno dei carotenoidi naturali idrosolubile è la crocetina (acido 8,8'-diapocarotenedioico), presente nello zafferano (*Crocus sativus*) il cui potere aromatizzante è dovuto al saffranale, mentre quello antiossidante è attribuito alla crocetina, prodotta per idrolisi della crocina, il pigmento giallo responsabile del colore.

Lo zafferano non è soltanto la più esotica e versatile delle spezie, ma è anche la più costosa. È lo stigma essiccato del *Crocus sativo*, che è originario del Medio Oriente e fiorisce in autunno. Esso è stato importato in Spagna dagli Arabi, il nome infatti deriva dall'arabo *za'faran* che significa giallo; il suo gusto amaro è dovuto alla picrocrocina, che per idrolisi dà il già citato saffranale. In Italia il più rinomato è quello prodotto nella piana di Navelli in provincia dell'Aquila, ma estese colture si trovano anche nelle Marche, Umbria, Sardegna, Toscana.

Questo aroma è di gran moda nella cucina internazionale, basta pensare al riso allo zafferano, uno splendido accompagnamento della cucina indiana, al risotto alla Milanese o allo Shirmin iraniano, un riso dolce con pollo, carote, zafferano, pistacchi, mandorle e marmellata di arancia.

Il dolce allo zafferano è una specialità della Cornovaglia, che gli emigranti usavano portare con sé come ricordo del luogo d'origine. Lo zafferano è anche un ingrediente essenziale della famosa zuppa di pesce francese (e marsigliese in particolare), la *bouillabaisse*, così come della *paella*, un piatto tipico della regione di Valencia, in Spagna. Anche se aggiunge aroma al cibo, la sua principale funzione è quella di colorante. Noto in Cina dal terzo secolo dopo Cristo, era anche impiegato come erba omeopatica e contro la flatulenza; è conosciuto da tempo in medicina popolare come eupeptico, sedativo e antispastico. Inoltre, sono state riportate possibili proprietà antitumorali e trova utilizzo in patologie cardiovascolari (Butler e Moffet, 1997).

Le antocianine (o antociani) sono dei pigmenti (più di 400) largamente usati nell'industria alimentare e sono responsabili dei colori (dal porpora al blu) di molti frutti (uve nere), vegetali, cereali e anche fiori. Nelle piante, esse attirano gli insetti per favorire l'impollinazione e la dispersione dei semi, le proteggono contro le radiazioni ultraviolette e hanno anche proprietà antivirali-antimicrobiche. Fra gli aspetti positivi va ricordata la loro capacità di catturare i radicali liberi, fra quelli negativi la scarsa stabilità chimica e dei colori, in funzione del pH.

La lista dei coloranti sintetici è molto estesa; uno dei più usati in campo alimentare è il giallo tartrazina (colorante azoico già precedentemente citato) che può provocare eruzioni cutanee, congestione nasale e orticaria. Tra i coloranti genotossici e/o cancerogeni di cui è vietato l'uso in ambito alimentare, la European Food Safety Authority ha segnalato l'Acid Red, Rosso Sudan 7B, il Giallo di metanile, l'Auramina, il Rosso Congo, il Giallo burro, il Solvent Red, il Giallo naftolo, il Verde di malachite, il Verde di leucomalachite, i Ponceau 3R, Ponceau MX, e l'Oil Orange SS.

I coloranti naturali e sintetici trovano impiego in dolciumi, bibite analcoliche, formaggi, margarina, prodotti sottaceto e sottolio, sciroppi di frutta e gomma da masticare. La colorazione con coloranti naturali trova un crescente impiego nei prodotti caseari ovini e caprini (ad esempio, un colorante estratto dal mirto).

Per completezza di informazione, ricordiamo altri comuni additivi usati nei cibi;

- gli umettanti, che impediscono al cibo di essiccarsi, fra cui la glicerina, il lattitolo, il mannitolo e il glicole propilenico, utilizzati in prodotti confezionati e nella gomma da masticare;
- i sequestranti, che impediscono colori o torbidezza non volute, quali acido citrico, acido fosforico e etilendiammina tetra-acetato, usati in bevande alcoliche, oli e grassi;
- agenti antiagglomeranti, che impediscono la formazione di grumi in cibi in polvere, quali carbonato di magnesio, fosfato di calcio e silicati di calcio e magnesio;
- agenti anti-schiuma, usati in processi come fermentazione, evaporazione e concentrazione; ad esempio, essi inibiscono la formazione della schiuma durante la cottura dei prosciutti;
- gas d'imballaggio, utilizzati in confezioni sigillate di carne, pesci, frutti di mare, verdure e insalate pronte.

10.2 Dolcificanti

I dolcificanti possono essere di due tipi, quelli artificiali, con alto potere dolcificante e un basso contenuto calorico, e quelli naturali, dotati invece di un alto apporto calorico.

Il saccarosio è il dolcificante di riferimento e ha potere edulcorante convenzionalmente eguale a 1. Quando si afferma che l'aspartame ha potere dolcificante 200, si intende che 1 grammo di aspartame in una soluzione 200 volte più diluita ha analogo potere dolcificante della soluzione di 1 grammo di saccarosio.

Il potere edulcorante di una sostanza dipende da parametri quali concentrazione e temperatura, mentre la soglia di sensibilità può variare da persona a persona a seconda dello zucchero. Alcuni soggetti sono più sensibili al saccarosio (il normale zucchero da tavola, dal latino *saccharum*), altri al fruttosio, lo zucchero naturale contenuto nel miele e in numerosi frutti.

Tra i dolcificanti naturali, oltre al fruttosio, figurano zuccheri o derivati come i polialcoli (mannitolo, xilitolo, sorbitolo e così via), che sono presenti in natura in frutta, bacche o nei glicosidi.

Fra questi ultimi vanno ricordati la glicirrizina, estratta dalla radice della *Glycyrrhiza glabra*, la liquirizia, che contiene il 30% di amido e altri zuccheri come glucosio e saccarosio. La liquirizia è poco usata come dolcificante naturale; viene estratta con ammoniaca dalle radici della pianta di liquirizia ed è costituita dal sale di ammonio dell'acido glicirrizico. Trova impiego come aromatizzante; la glicirrizina ha effetti benefici come espettorante e gastroprotettore nell'ulcera.

Un altro dolcificante naturale è estratto da un'erba nativa del Paraguay, la *Stevia rebaudiana* (erba dolce), che contiene un glucoside (rebauside A, reb. A) 300 volte più dolce dello zucchero e con gusto di liquirizia. La *Stevia* è usata in Giappone dagli anni '70 e sta per essere approvata in Europa. Studi recenti suggeriscono che la *Stevia rebaudiana* possa essere una buona fonte di antiossidanti dato che contiene una serie di flavonoidi. Studi sperimentali mostrano che essa ha un'attività vasoprotettiva nei confronti del danno ossidativo delle pareti arteriose.

Dolcificanti naturali sono anche dei peptidi come la miracolina, la monellina e la taumatina, una proteina naturalmente dolce estratta dalla pianta *Thaumatococcus danielli*. Questa è 2500 volte più dolce dello zucchero ed è usata in dosi ridotte per le sue caratteristiche aromatiche. Commercializzata sotto il nome di Talin, è costituita da una miscela di proteine, stabile alla denaturazione e all'ambiente acido. La sua percezione dura a lungo e lascia un retrogusto di liquirizia. Le biotecnologie hanno consentito di ottenere questa proteina dolcissima inserendo nel *Saccharomyces cerevisiae* il gene che codifica la biosintesi della taumatina, rendendone possibile la produzione su scala industriale.

Una metodica di largo impiego per preparare dolcificanti naturali è quella enzimatica; se si utilizza ad esempio il fungo *Aspergillus niger*, si possono produrre grandi quantità di glucosio a partire dall'amido. Un altro enzima, la glucosio isomerasi, è a sua volta impiegato per trasformare il glucosio nel più dolce fruttosio.

I dolcificanti sintetici di uso comune sono la saccarina, l'acido ciclamico e i ciclammati, l'acesulfame K e l'aspartame.

La saccarina (sulfimide benzoica) è stato il primo dolcificante sintetico ad essere introdotto in commercio dopo essere stato casualmente scoperto nel lontano 1880. Il nome è chiaramente collegato a *saccharum* di cui è 300 volte più dolce ma con potere nutritivo bassissimo. Essa è di fatto priva di tossicità, anche se negli anni Sessanta è stata sospettata di potere cancerogeno, rischio che è stato fugato dalla FDA americana nel 1991.

La saccarina copre il 45% del crescente mercato dei dolcificanti ipocalorici, per oltre 500 milioni di euro ed è particolarmente indicata per le persone che non possono utilizzare lo zucchero (diabetici, obesi). Posto uguale a 1 il potere dolcificante dello zucchero da cucina (saccarosio), la saccarina è 300 volte più dolce ed è priva di calorie. Essa è molto usata in prodotti di confetteria, dessert, bevande analcoliche, ma non in dolci cotti dato che al calore sviluppa un odore sgradevole. Ha lo svantaggio di avere un retrogusto metallico, che è mitigato dall'aggiunta di piccole quantità di zucchero.

L'aspartame (*Nutrasweet*) è un altro dolcificante artificiale delle bevande dietetiche e di prodotti a basso contenuto calorico; è 200 volte più dolce dello zucchero da tavola, ma contiene solo 4 calorie per grammo. È un dipeptide costituito dall'acido aspartico e dalla fenilalanina, che non può essere usato in soluzioni acide oppure in alimenti sottoposti a cottura (prodotti da forno o frittiture). In queste condizioni, esso si idrolizza, perde il potere dolcificante e libera la fenilalanina, un amminoacido essenziale aromatico con gusto amaro. Quest'ultima può avere pesanti controindicazioni in chi è affetto da fenilchetonuria, una grave malattia genetica, caratterizzata dalla incapacità di utilizzare la fenilalanina, con gravi danni al sistema nervoso centrale. In particolare, i bambini che ne sono affetti possono presentare ritardo mentale e nell'accrescimento con complicanze anche fatali. Per questa ragione, essi sono sottoposti a un test obbligatorio all'atto della nascita. La malattia può essere tenuta sotto controllo mediante una dieta povera di fenilalanina, sostituendo le proteine alimentari con una miscela dei singoli amminoacidi, ma priva di fenilalanina. Quest'ultimo amminoacido deve comunque essere fornito in quantità controllate in quanto amminoacido essenziale (quindi non sostituibile con altre molecole) e indispensabile alla produzione delle proteine dei tessuti dell'organismo.

Un altro dipeptide, contenente anche esso l'acido aspartico, ma privo della fenilalanina, sviluppato dalla multinazionale farmaceutica Pfizer negli anni Ottanta, è l'alitame. Esso presenta alcuni vantaggi rispetto all'aspartame; è circa dieci volte più dolce, non ha retrogusto e ha una stabilità al calore e all'ambiente acido decisamente migliore e può quindi essere usato per la preparazione di biscotti e dolci.

Il ciclamato, sale di sodio o di calcio dell'acido cicloesilsulfamidico, è impiegato da oltre 30 anni nella preparazione dei cibi dietetici, di prodotti da dessert, confetture e bevande analcoliche. È stato sospeso nel 1987 negli Stati Uniti per sospetta cancerogenicità. Questo timore si è rivelato infondato, ma rimane non approvato come dolcificante negli Stati Uniti, a differenza di quanto accade in Europa e in più di cento paesi. Ha un potere dolcificante 30 volte superiore a quello dello zucchero.

L'acesulfame K (E950), sale di potassio di un derivato ossatiazinico, è 200 volte più dolce del saccarosio. Le dosi giornaliere di acesulfame K e aspartame accettate dalla FDA sono rispettivamente di 15 e 50 mg per Kg di peso corporeo. Questi dol-

cificanti non nutritivi possono moderare l'ingestione di zuccheri e di energia, conservando la gradevolezza della dieta. Contrariamente a quanto ritenuto, questi dolcificanti non nutritivi (*Non Nutritive Sweeteners*, NNS) non aumentano l'appetito, danno una compensazione energetica incompleta e non vi sono prove sulla loro efficacia, a lungo termine, sul controllo del peso. Vi sono anche crescenti preoccupazioni che gli NNS possano contribuire all'obesità (Mattes e Popkin, 2009).

Per via chimica è possibile preparare grandi quantità del componente aromatico del pompelmo; si tratta del nootkaone, un sesquiterpene che è presente nel frutto, ma in quantità molto contenute.

Il sucralosio è invece un derivato clorurato del saccarosio, da cui il nome. È più dolce del saccarosio di circa 600 volte ed è stato commercializzato negli anni Novanta. Essendo stabile al calore e a tutti i pH, è presente in più di 4.500 tra prodotti e bevande. Non provoca la carie dentale e può essere utilizzato dai diabetici.

Ci sono voluti più di 30 anni perchè la società Tate e Lyle potesse commercializzare il sucralosio, scoperto per caso da un suo studente nel 1975, sotto il nome di *Splenda*.

Nel 2008-2009 il sucralosio ha coperto circa il 25% del mercato globale dei dolcificanti. Dal punto di vista strutturale, è un saccarosio in cui tre gruppi -OH sono sostituiti da atomi di cloro.

La storia del saccarosio-sucralosio non finisce qui; infatti, se si aggiunge una nuova molecola detta *esaltatore* o *intensificatore* (*sweet enhancer*, sostanza che non ha gusto di per sé), è possibile modulare la struttura del recettore del gusto dolce, stabilizzandola. Ogni gemma gustativa della lingua contiene dalle 50 alle 150 cellule recettoriali, costituite da proteine (i recettori) che si legano alle sostanze responsabili di un certo gusto, le riconoscono e trasmettono poi informazioni al cervello. Gli *intensificatori* apparentemente si legano in stretta prossimità del recettore, mantenendolo in forma attiva una volta che il dolcificante si sia legato al suo bersaglio proteico.

Il complesso zucchero-intensificatore-recettore può indurre una sensazione di dolcezza molto maggiore e sono sufficienti concentrazioni molto più basse del dolcificante. Alcuni esaltatori, posti in commercio dalla società svizzera Firmenich come aromi artificiali, sono attivi a concentrazioni di parti per milione (ppm) e in grado di ridurre il numero di calorie delle bevande standard.

10.3 Conservanti

I conservanti sono usati per preservare il cibo, impedendo la crescita di microrganismi e il conseguente deterioramento. Essi possono servire sia come antimicrobici che come antiossidanti o entrambi. La FDA americana richiede che il produttore, per ogni nuovo conservante da introdurre sul mercato, indichi la quantità probabile di conservante che sarà consumata col prodotto alimentare, gli effetti cumulativi nella dieta, la tossicità potenziale se ingerito dall'uomo.

Un conservante non può essere usato per ingannare il consumatore; per esempio conservanti che contengano solfiti sono proibiti nella carne perché ristabiliscono il colore rosso dando una falsa impressione di freschezza.

I prosciutti

Il prosciutto di Parma e di San Daniele rappresentano un caso a sé e vengono prodotti senza l'uso di nitriti o nitrati. L'ossimioglobina è convertita attraverso una sequenza di reazioni sconosciuta in una zinco-protoporfirina, che è il principale colorante di questo tipo di carne. Nel prosciutto di Parma e San Daniele, così come nel prosciutto Serrano Iberico, il ferro, liberato dallo zinco della mioglobina, è in qualche modo immobilizzato, dato che questi prodotti sono sorprendentemente resistenti all'ossidazione dei lipidi, che normalmente è favorita da più semplici composti contenenti Fe^{2+} o Fe^{3+} . L'alto valore gastronomico di questi prosciutti dipende da trasformazioni chimiche molto complesse ancor oggi poco conosciute, che avvengono durante i lunghi mesi (12-36) della loro maturazione.

10.3.1 Cloruro di sodio

Il cloruro di sodio (NaCl), il comune sale da cucina, è stata indubbiamente la prima sostanza antimicrobica usata per conservare gli alimenti. La salatura è da sempre il metodo tradizionale per conservare la carne, spesso in combinazione con l'affumicatura e l'essiccamento. È il metodo più antico ed economico per togliere acqua dai cibi freschi e preservarli per lunghi periodi; l'acqua, infatti, favorisce lo sviluppo di batteri e muffe responsabili delle alterazioni.

La salatura può essere effettuata a secco o a umido, in questo secondo caso si ricorre a salamoie che possono essere forti (25-30% di sale), medie (10-18%) o deboli (<10%). La salatura a secco viene impiegata soprattutto per alcuni tipi di carne (pesce) e formaggi. Nella carne, uno degli alimenti che più si presta a questa tecnica di conservazione, si ha spesso una variazione di colore verso il grigio in seguito alla trasformazione dell'emoglobina e della mioglobina in emina. Per conservare la carne, si può utilizzare il procedimento della salamoia (immersione in una soluzione acquosa, satura, di un sale di cui è nota la solubilità). La salamoia sala la carne per osmosi; dopo essiccamento in luogo asciutto, l'esterno diventa duro e non aggredibile dai batteri.

Ad alte concentrazioni saline, si può anche verificare un aumento di acidità e la denaturazione delle proteine muscolari.

Nella maggior parte dei cibi di origine animale, compresi latte, carne, pesce, il cloruro di sodio si trova a livelli compresi fra 50 e 100 mg per 100 grammi di cibo. Nei vegetali, esso si trova in quantità molto più basse, da 1 a 10 mg per 100 grammi, ma bisogna tener conto del sale che aggiungiamo durante la cottura.

È difficile stabilire la quantità minima di sodio da assumere per essere in buona salute. Chi soffre di patologie cardiovascolari, in particolare ipertensione arteriosa, deve ricorrere a diete con basso contenuto di sodio, fino a un massimo di 2 grammi al giorno, corrispondente alla quantità che si riscontra in una dieta strettamente vegetariana senza aggiunta di sali esterni. Il cloruro di potassio è spesso suggerito

come alternativa per uso culinario e come sale da tavola, ma non ha lo stesso gusto, specialmente nel pane.

10.3.2 Nitriti-nitrati

Il cloruro di sodio non è il solo sale importante nella conservazione della carne e nella preparazione dei salumi. Anche il nitrato di potassio, un minerale naturale noto anche come salnitro e il corrispondente sale sodico, presente in abbondanza nel deserto del Cile, vengono largamente usati come conservanti in prodotti a base di carne e pesci, conservati e affumicati. Nel XVI-XVII secolo si scoprì in modo casuale che il nitrato di sodio (salnitro) presente come impurezza nel sale grezzo, conferiva una gradevole colorazione rossa o rosa alla carne, in particolare al prosciutto e alla pancetta affumicata (bacon). Agli inizi del Novecento, alcuni chimici tedeschi scoprirono che l'ingrediente attivo era in realtà il nitrito, prodotto dal nitrato originario in seguito alla sua riduzione ad opera di batteri riducenti.

Nitrati-nitriti, in combinazione col sale, vengono usati nella carne come antimicrobici per inibire la crescita delle spore di *Clostridium botulinum*, la più potente tossina naturale conosciuta, responsabile del pericolosissimo botulismo. Bastano pochi nanogrammi (1 nanogrammo = 1 milionesimo di milligrammo) della tossina per provocare un'intossicazione che può essere fatale se non si interviene prontamente. La tossina blocca la liberazione di acetilcolina, il neurotrasmettitore che permette il funzionamento di muscoli volontari quali diaframma e muscoli respiratori; il decesso avviene per paralisi respiratoria. Ad esempio, per impedire la formazione del botulino nel pesce affumicato, la quantità di nitrito consentita è di 100-200 ppm.

Ai giorni nostri sappiamo che il nitrito provoca molti effetti nella carne trattata e contribuisce al profilo organolettico con il suo aroma netto e piccante; inoltre, contribuisce alla regolazione della flora batterica, in particolare micrococchi e lattobacilli.

Il nitrito è anche coinvolto in una serie di reazioni chimiche con la mioglobina (Mb) presente nel muscolo. In primo luogo, esso ossida il ferro della mioglobina da Fe^{2+} a Fe^{3+} con formazione di ossido nitrico (NO). Questo reagisce con Mb per formare la nitrosil-metamioglobina (MMbNO), che viene immediatamente ridotta *in situ* a nitrosil-mioglobina (MbNO), il pigmento rosso presente nel bacon crudo e nel prosciutto. Quando il bacon è grigliato o fritto, la nitrosil-mioglobina si denatura, dando il pigmento rosa brillante (nitrosilemocromogeno).

Dopo l'approvazione dell'uso dei nitriti come conservanti sono emersi i problemi. Di nuovo la chimica in azione! Infatti, i nitriti reagiscono con certe ammine (derivati dell'ammoniaca) per dare le nitrosammine, molte delle quali sono cancerogene. Per questa ragione, il produttore deve dimostrare che le nitrosammine non si formano in quantità pericolose nell'alimento in cui intende utilizzare i nitriti; ad esempio, per impedire la formazione del botulino nel pesce affumicato la quantità di nitrito consentita è di 100-200 ppm. Per inibire la loro formazione è consigliabile aggiungere altri antiossidanti come l'ascorbato di sodio.

I problemi per la salute legati alla presenza di nitrati negli alimenti sono discussi in altra parte del libro.

10.3.3 Altri conservanti

Altri conservanti di uso comune sono l'idrossianisolo butilato (BHA), l'analogo idrossitoluene butilato (BHT) e i solfiti. I primi vengono usati come conservanti in cibi ricchi di grassi e oli, mentre i solfiti trovano impiego in frutta e vegetali quali mele e patate essiccate, per evitare o ridurre la perdita di colore. Ad essi si ricorre largamente anche in enologia visto che inibiscono la crescita batterica senza interferire con la crescita dei lieviti. Il diossido di zolfo (SO_2) è infatti usato da centinaia di anni dai produttori di vino per controllare la crescita dei microrganismi non desiderati. Al giorno d'oggi, non si usa il gas come tale, ma composti in grado di generarlo quali solfito di sodio, bisolfito di sodio e potassio, metabisolfito di sodio e di potassio. La legge da alcuni anni impone l'etichettatura "contiene solfiti" su tutti gli alimenti (non solo il vino) che contengono solfiti in concentrazione superiore a 10 mg/litro. I solfiti sono allergenici e, in soggetti particolarmente sensibili (pazienti asmatici o allergici), possono scatenare reazioni avverse anche fatali. È utile sapere, soprattutto da parte di consumatori allergici ai solfiti, che nelle etichette dei prodotti in commercio questo conservante (SO_2) può anche essere indicato come anidride solforosa, solfito di sodio, bisolfito di sodio e potassio, metabisolfito di sodio e di potassio.

I solfiti non possono essere usati in alimenti come la farina arricchita in vitamina B1 perché la distruggerebbero, così come in frutti e vegetali da mangiare crudi. L'attività antimicrobica di questi composti è maggiore al diminuire del pH. È significativo che circa i due terzi della SO_2 presente nel mosto o nel vino siano legati agli antociani o ad altri flavonoidi, così come negli zuccheri e aldeidi presenti. Va anche tenuto presente che molti ceppi di lieviti sono in grado di ridurre i solfati, presenti nel succo d'uva, a SO_2 . Nel vino in bottiglia viene spesso aggiunta anidride solforosa dall'esterno fino a 500 ppm, per impedire la fermentazione secondaria degli zuccheri residui.

Una vasta gamma di altri alimenti, soprattutto frutta e vegetali contengono solfiti, aggiunti come conservanti per prevenire fenomeni di ossidazione (si veda la voce antiossidanti).

10.3.3.1 Benzoati

L'acido benzoico è presente in piccole quantità in molti alimenti, specialmente frutta; poiché, come sale sodico, è maggiormente solubile in acqua, si preferisce usarlo sotto questa forma. Va tenuto presente che la forma attiva contro lieviti e batteri è l'acido indissociato, per cui può essere usato solo in alimenti con acidità comprese fra pH 2,5 e 4,0 come nei succhi di frutta e simili.

Per proteggere bevande, margarina, crostacei, cetrioli da contaminazioni microbiche si fa ricorso al benzoato di sodio e di potassio o al propil-para-idrossibenzoato. Ai livelli usati (0,05-0,1%) non ci sono controindicazioni per l'uomo.

10.3.3.2 Altri acidi organici

L'acido sorbico deve il nome ai frutti del sorbo in cui si trova e agisce da inibitore di muffe e lieviti; è perciò usato nella vinificazione in combinazione con l'anidride solforosa. Il suo sale sodico, oltre che nel vino, si trova come conservante in formaggi

Irradiazione del cibo

Il trattamento del cibo con radiazioni ionizzanti, per migliorare la sicurezza microbiologica e la durata degli alimenti, rappresenta una delle tecnologie più studiate del XX secolo (Farkas e Mohacsi-Farkas, 2011). Anche se alcune applicazioni specifiche dell'irradiazione del cibo sono state approvate dalle legislazioni nazionali di 55 paesi, la lista approvata dall'UE contiene una sola classe di prodotti: *erbe aromatiche essiccate, spezie e condimenti per vegetali*. Questo utilizzo limitato è dovuto principalmente a fattori psicologici e motivazioni politiche, oltre che a cattiva informazione. Benché il cibo sia comunemente irradiato, ad esempio nei forni a microonde comunemente impiegati in cucina, senza alcun pregiudizio, lo stesso non può dirsi per il cibo irradiato. Si usa il termine "irradiazione del cibo" per descrivere un processo in cui il cibo è esposto all'energia ionizzante, che utilizza fotoni gamma emessi da isotopi radioattivi del Cobalto (Co-60), o più raramente Cesio (Cs-137). In alternativa, si possono usare elettroni accelerati con alta energia cinetica. Il potere penetrante dei fotoni è maggiore di quello degli elettroni. Nessuna di queste sorgenti induce radioattività nel cibo e nelle confezioni, come è stato provato in tutta una serie di studi promossi dalla FAO (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura), la IAEA (Agenzia Internazionale dell'Energia Atomica), l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità). In compenso, questa tecnologia migliora in modo considerevole la sicurezza microbiologica degli alimenti, la loro stabilità e durata. Essa potrebbe ridurre in modo considerevole i casi di zoonosi umane (malattie infettive trasmesse da animali all'uomo) in alimenti allo stato fresco e, se ripetuta, sarebbe sufficiente a eliminare anche i batteri patogeni più resistenti, senza alterare le caratteristiche organolettiche del cibo o generare odori sgradevoli.

e altri prodotti fermentati, salse e minestre. Come nel caso dei benzoati, la forma attiva è l'acido come tale e il suo utilizzo è esteso alla preparazione di formaggi, margarine, confezioni a base di farina come dolci e paste, ma non nel pane, dove inibirebbe l'attività del lievito. Nelle quantità in cui viene usato (fino allo 0,3%) non ha effetti tossici.

Un altro acido organico di largo impiego come conservante è l'acido acetico (CH_3COOH) per il suo effetto inibitorio verso batteri e funghi. L'aceto è usato da centinaia di anni come conservante in cibi quali burro, margarina, formaggi, curry, nell'olio da cucina e nei bastoncini di pesce, così come l'acido propionico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$). Quest'ultimo è presente in molti alimenti, in particolare certe varietà di formaggi svizzeri, dove può arrivare a una concentrazione pari all'1%; il suo sale di calcio è un antimicrobico di muffe e batteri del pane.

Per impedire la crescita di muffe negli agrumi è indicato il difenile (un derivato del benzene) che, se presente in grandi quantità, può provocare irritazione intestinale e depressione del sistema nervoso.

Tabella 10.2 Conservanti antimicrobici approvati dall'UE

Conservante	Numero E
Acido sorbico e sorbati	E200-E203
Acido benzoico e benzoati	E210-E213
Esteri p-idrossibenzoati	E209-E214-E219
Diossido di zolfo, solfiti, metabisolfiti	E220-E228
Nitriti	E249-E250
Nitrati	E251-E252
Acido acetico e acetati	E260-E266
Acido lattico	E270
Acido propionico e propinati	E280-E283

Il difenile ha la proprietà di penetrare attraverso la buccia degli agrumi e lo si può ritrovare nelle spremute a base di questi frutti.

Anche l'acido formico, talvolta usato come conservante, è controindicato nei cibi poiché è assorbito attraverso la pelle ed è corrosivo e irritante per le mucose delle vie respiratorie.

I cibi affumicati sono preservati, oltre che dai fenoli presenti nel fumo, anche dalla formaldeide, che però ha sostanzialmente le stesse controindicazioni dell'acido formico.

L'acido propionico, uno dei prodotti di digestione della cellulosa negli animali erbivori, è un agente antifungino e il suo sale di calcio è un antimicrobico delle muffe e dei batteri che si ritrovano nel pane. Tra i prodotti usati per altri scopi alimentari e con effetto secondario di conservanti, oltre all'aceto e al sale sopra citati, si possono ricordare l'olio e l'alcol. I principali conservanti antimicrobici approvati dall'UE sono riportati in Tabella 10.2.

11.1 La scienza contro le frodi e i contaminanti

Le frodi alimentari rappresentano un problema di carattere generale: tutti gli ingredienti di valore presenti in un alimento corrono il rischio di essere adulterati. L'olio di fegato di merluzzo, la mozzarella di bufala, l'aloe vera e il caffè sono spesso adulterati. L'olio di fegato di merluzzo è molto costoso e può essere tagliato (12-13%) con l'olio di ravizzone; un metodo non certo semplice per provarne la genuinità è quello di confrontare i profili relativi degli acidi grassi del merluzzo, del plancton di cui esso si nutre e dell'olio di ravizzone. I risultati non sono sempre univoci ed è meglio confrontare gli steroli; quelli del plancton e del merluzzo sono identici e molto diversi da quelli dell'olio di ravizzone, come è evidente con una semplice analisi in cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC). Anche l'aloe vera è spesso adulterata; essa contiene tre componenti, glucosio, acido malico e un polisaccaride composto da unità di mannosio (uno zucchero). Quest'ultimo, se è trasformato nel suo acetato, diventa un'"impronta digitale" per riconoscere l'aloe vera attraverso la risonanza magnetica nucleare (NMR), una tecnica che può essere applicata anche in campo alimentare.

Nel caso della mozzarella di bufala, l'approccio è ancora diverso; si ricorre alla reazione a catena delle polimerasi (*Polymerase Chain Reaction*, PCR), una tecnica di biologia molecolare usata per replicare e amplificare un piccolo frammento di DNA. Come ha documentato un ricercatore italiano (Lopparelli et al., 2007) è molto facile quantificare la presenza eventuale di latte di mucca nella mozzarella in esame. La mozzarella di bufala è un prodotto certificato dalla Designazione Europea di Origine Protetta (DOP).

La tecnica PCR va applicata con spirito critico e non dà risposte in tutti i casi. Ad esempio, il profilo dell'olio di oliva non è lo stesso di quello delle olive. Per la certificazione DOP è necessario soddisfare regole dettagliate sulle varietà di olive da usare, l'area di produzione e il metodo di estrazione.

Vi sono almeno due problemi qualora si voglia utilizzare un'analisi quantitativa del DNA per certificare l'autenticità di un alimento. Il primo è rappresentato dal fatto che il DNA può essere degradato in modo rilevante durante la preparazione

dell'alimento stesso; il secondo è costituito dal possibile effetto inibitorio della PCR da parte della matrice, nel caso di alimenti complessi in cui siano presenti diversi ingredienti. In questi casi, è preferibile sequenziare il DNA usando una tecnica semplificata, detta *pyrosequencing*. Attraverso di essa è possibile identificare la presenza di specie di frutta diverse da quanto dichiarato negli yogurt, ad esempio il 2% di rabarbaro in uno yogurt di fragole.

Oltre che per caratterizzare l'olio di oliva da monocultivar, i marker di DNA possono essere usati per autenticare l'origine di latte di mucca, vino, carne tritata, pesce. Si può anche accertare l'eventuale presenza di OGM, data la notevole persistenza del DNA anche in un ambiente ostile, ad esempio durante i numerosi passaggi usati nella preparazione dei cibi.

Un esempio clamoroso di frode alimentare riguarda il caffè. Il caffè commerciale è costituito quasi interamente dalle varietà *Arabica* e *Robusta*; la prima è considerata migliore ed è 2-3 volte più costosa. In questo caso si può ricorrere alla spettroscopia in infrarosso, dato che i chicchi di caffè delle due varietà contengono quantità diverse di acido clorogenico e caffeina e danno perciò spettri infrarossi diversi.

La metabolomica (studio dei metaboliti di un organismo biologico) ha come obiettivo l'identificazione e la quantificazione del maggior numero possibile di composti a basso peso molecolare. È possibile utilizzare questa tecnica per stabilire l'autenticità di un prodotto a condizione che l'alimento autentico e quello adulterato si differenzino per la presenza o l'assenza di un particolare analita a basso peso molecolare.

Negli ultimi anni, i consumatori sono diventati più attenti alla qualità degli alimenti, incoraggiando lo sviluppo di metodiche atte a verificarne la genuinità. Sfruttando le differenze che esistono nei profili biosintetici tra il mais e altri cereali è possibile sapere se un pollo è allevato solo con mais o con cereali meno costosi.

Un caso interessante è rappresentato dal propoli, una sostanza largamente usata come integratore alimentare o come componente di medicinali per alleviare varie affezioni di tipo infiammatorio.

Il propoli è un sottoprodotto della produzione del miele ed è usato dalle api come una sorta di cemento nella costruzione degli alveari. Si tratta di una sostanza cerosa, che le api raccolgono dai germogli delle piante. Le stesse api producono un propoli più scadente, una sorta di frode biologica, usando il mastice delle finestre invece dei germogli. Per distinguere il propoli "genuino" dagli altri, si analizzano i metaboliti provenienti dalle piante, in particolare i flavonoidi, che assicurano la genuinità della sostanza.

Per smascherare le frodi alimentari si può valutare il contenuto di azoto in ingredienti a base proteica non di origine animale, per alterare il marker principale che misura la quantità di carne in prodotti a base di carne.

L'analisi dei trigliceridi è stata a sua volta utilizzata per misurare la quantità dei grassi diversi dal burro di cacao, utilizzati per la preparazione del cioccolato normale o al latte; inoltre, gli steroli e i loro prodotti di degradazione, consentono di individuare grassi animali in cibi vegetariani o vegani.

Melammina

Una frode che ha fatto molto scalpore nel 2008 è rappresentata dallo scandalo in Cina della melammina, che ha causato la morte di quattro bambini e il ricovero ospedaliero di alcune migliaia. La melammina sintetica è usata come resina plastica e potenzia l'azione di quella naturale, proteggendo la pelle e gli occhi dalle radiazioni solari. Essa è stata aggiunta al latte e ai suoi prodotti per aumentarne artificialmente il contenuto proteico, misurato in base alla quantità totale di azoto.

In Europa i prodotti caseari devono essere distrutti se il livello di melammina supera le 2,5 parti per milione (ppm).

Per raggiungere questa soglia di sensibilità analitica si possono usare tre metodiche: HPLC, cromatografia liquida (LC)-spettrometria di massa, oppure mediante anticorpi specifici, metodo ELISA (*Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay*, saggio immuno-assorbente legato a un enzima).

11.1.1 Allergeni

L'allergia da cibo rappresenta una preoccupazione crescente nei paesi occidentali, dato che reazioni allergiche al cibo di rilevanza clinica sono diventate più frequenti negli ultimi anni.

La presenza di allergeni negli alimenti ha costretto nel 2005 la Commissione Europea a rendere obbligatoria la loro etichettatura nei cibi preconfezionati. Attualmente è disponibile una lista di 14 allergeni:

- 1) cereali contenenti glutine (grano, avena, orzo, segala, kamut o loro ibridi);
- 2) crostacei;
- 3) molluschi;
- 4) uova;
- 5) pesce;
- 6) noccioline;
- 7) soia;
- 8) latte e prodotti con lattosio;
- 9) noci e simili;
- 10) prezzemolo;
- 11) senape;
- 12) lupini;
- 13) semi di sesamo;
- 14) anidride solforosa e solfiti a concentrazioni superiori a 10 mg/litro.

Un'altra ragione di crescente preoccupazione è rappresentata dai cosiddetti "allergeni nascosti", gli ingredienti accidentalmente presenti nel cibo e non dichiarati nell'etichetta, che possono provocare gravi reazioni allergiche in soggetti sensibili.

In generale, si usano due metodi per individuare gli allergeni: il metodo ELISA, che è molto sensibile, e la PCR.

Allergia da cibo in relazione ad altri disturbi atopici

Disturbi atopici (per atopia si intende una predisposizione su base genetica a manifestare reazioni allergiche), quali l'asma, le rinocongiuntiviti allergiche, le dermatiti atopiche e l'allergia da cibo sono strettamente correlate fra di loro (Cochrane et al., 2009). Esse spesso si manifestano in una sequenza caratteristica, chiamata *marcia atopica*.

I primi segnali di disturbi atopici sono di solito le allergie da cibo e le dermatiti atopiche, che hanno la loro incidenza massima nei primi tre anni di vita del neonato.

Il corso naturale dell'allergia da cibo è un processo dinamico, diverso per ogni allergene. Ad esempio, la maggior parte dei neonati con allergia da latte di mucca, sviluppa i sintomi entro il primo mese e l'85% di essi diventa tollerante al terzo anno di vita.

L'ipersensibilità alle uova di gallina di solito compare nel secondo anno di vita ed è più persistente di quella dovuta al latte di mucca. L'allergia da noccioline tende invece a protrarsi per tutta l'età adulta. Questo tipo di allergia rappresenta un problema molto serio soprattutto per i bambini, che possono avere reazioni allergiche così gravi che bastano tracce di noccioline per scatenare reazioni anche fatali. I principali allergeni presenti in questo alimento sono delle proteine che, grazie alle tecnologie oggi disponibili, possono essere individuate in tempi brevi mediante test ELISA.

Le informazioni sulle dosi soglia (cioè le dosi al di sopra delle quali si scatenano le reazioni anafilattiche) di allergeni in generale e di allergeni del cibo in particolare, sono purtroppo scarse.

L'approccio, basato sulla dieta, per prevenire disturbi allergici si sta gradualmente e progressivamente evolvendo; anziché evitare *in toto* gli allergeni, come accadeva in passato, ora si tende a stimolare in modo attivo il sistema immunitario immaturo. Si favorisce, ad esempio, lo svilupparsi di forme di tolleranza, attraverso l'assunzione di probiotici, prebiotici, acidi grassi polinsaturi e antiossidanti (vedi oltre).

Il Comitato nutrizionale dell'Accademia Americana di Pediatria (AAP) aveva, in passato, proposto per neonati a grave rischio di allergie di assumere uova solo a partire dai due anni di età e pesce e noccioline solo dopo i tre anni. La AAP ora raccomanda di non ritardare l'assunzione di cibi solidi oltre i 4-6 mesi, mentre per il latte di mucca, non si dovrebbe andare oltre i 12 mesi d'età.

Emerge oggi, con sempre maggiore chiarezza, l'importanza di una precoce colonizzazione del tratto intestinale con un microbiota, atto a favorire la maturazione ottimale del sistema immunitario e un'appropriate programmazione della tolleranza orale agli antigeni della dieta. Per "tolleranza orale" si intende un meccanismo grazie al quale una possibile risposta immunitaria dannosa è prevenuta, soppressa o orientata verso una gamma di risposte immunitarie innocue.

Il primo metodo è in genere preferibile, ma spesso non può essere applicato per miscele complesse di cibo o per cibi industriali nei quali le proteine sono state modificate e non più riconoscibili dagli anticorpi, che riconoscono solo le proteine nella loro forma nativa.

In questi casi si può ricorrere all'identificazione del DNA, essendo questo più resistente ai trattamenti termici drastici. Tuttavia, se questo è presente in modesta quantità, diventa necessaria un'analisi ulteriore di conferma, molto specifica. Gli acidi peptidonucleici (*Peptide Nucleic Acid*, PNA), grazie alle loro proprietà leganti molto specifiche del DNA, la loro stabilità chimica ed enzimatica e la possibilità di essere abbinati a molti metodi di rivelazione, sono candidati ideali per questo scopo (Sforza et al., 2011).

Vi sono dei contaminanti la cui presenza negli alimenti non è percepita dalla maggior parte della popolazione, ma solo da alcuni soggetti particolarmente sensibili. Clamoroso il caso del gusto di urina, percepibile in certi cibi in scatola, avvertito solo da alcuni consumatori; si tratta di una molecola (4-metil-4-mercaptopentan-2-one), con una soglia di gusto bassa, nell'ordine di 10^{-10} g/Kg.

Va anche ricordato che certi contaminanti sono mascherati dalle matrici; è questo il caso dell'olio di menta piperita.

11.2 Contaminanti

11.2.1 Acrilamide

Cibi di uso comune come patatine fritte, caffè, biscotti e pane contengono acrilamide. In generale l'acrilamide, un prodotto cancerogeno e neurotossico, si può formare quando il cibo è fritto, arrostito o grigliato a una temperatura superiore ai 120°C , per ottenere una gustosa colorazione scura grazie alla reazione di Maillard che interessa amminoacidi quali l'asparagina e zuccheri riducenti. Uno studio svedese del 2002 sulle relazioni dieta-tumori, condotto su un campione di ben 120000 persone, di cui 66600 donne di età compresa fra 55 e 70 anni, ha mostrato l'esistenza di un legame fra acrilamide e incidenza di neoplasie. In particolare, le donne che avevano assunto per 11 anni circa 40 grammi al giorno di acrilamide, avevano una probabilità di sviluppare un cancro alle ovaie o all'utero doppia rispetto a quelle che ne avevano consumato 9 grammi. Questo studio è molto interessante ma purtroppo incompleto, in quanto non sono stati esaminati gli effetti di questa sostanza sugli uomini.

Va sottolineato che in Svezia, così come negli USA, la maggior fonte di acrilamide è costituita dal caffè e dalle patatine fritte. Uno studio precedente, condotto in Italia, non aveva messo in luce alcun legame fra acrilamide e cancro alle ovaie; è chiaro che le tradizioni alimentari nei due paesi sono molto diverse e questo ci indica la necessità di studi approfonditi su diverse popolazioni.

Durante la cottura dei cibi si formano anche altre sostanze genotossiche, quali i furani, ma non vi è dubbio che grassi e fumo siano i maggiori fattori di rischio.

Alla luce della potenziale tossicità alimentare dell'acrilamide presente nei cibi, l'industria ne sta riducendo i livelli, per esempio nelle patatine fritte e in certi

Tabella 11.1 Livelli di acrilamide riportati in letteratura a partire dal 2002 (Coultrate, 2009)

Acrilamide (O=CNH ₂)CH=CH ₂)	(microgrammi/Kg)
Patate bollite	inferiore a 30
Patate arrostitite	180
Chips	310
Patate fritte	48
Crisps (patate croccanti)	1.050
Pane	30
Toast	75
Cereali per colazione	180
Popcorn	400

prodotti da forno. Per questa ragione il bicarbonato d'ammonio, responsabile di alti livelli di acrilamide, è stato sostituito da bicarbonato di sodio. Per la stessa ragione l'amminoacido glicina è stato aggiunto per competere con l'asparagina. Un'ulteriore alternativa consiste nell'introduzione di batteri in grado di metabolizzare gli zuccheri riducenti, trasformandoli in acido lattico. Un'altra tecnica per ridurre i livelli di asparagina, che costituisce più del 30% degli amminoacidi liberi nelle patate e nei prodotti derivati, è quella di convertirla in aspartato, ricorrendo all'enzima asparaginasi, ottenuta commercialmente dal fungo *Aspergillus niger*.

Va ricordato che l'asparagina libera non può essere del tutto eliminata, dato che fornisce il maggiore contributo all'aroma di questi alimenti. D'altra parte, le alte temperature raggiunte nella frittura (oltre 120°C) sono indispensabili per ottenere gli aromi e la consistenza delle patatine fritte (Tabella 11.1).

Per completezza di informazione, dobbiamo aggiungere che il legame fra acrilamide nella dieta e l'insorgenza di neoplasie è stato rimesso in discussione dagli studi più recenti. Infatti, i cibi che ne sono ricchi hanno anche un alto contenuto in grassi e calorie e i rischi legati all'obesità potrebbero essere più rilevanti rispetto a quelli dell'acrilamide stessa.

Per ragioni se non altro precauzionali, gli esperti della FAO e dell'OMS raccomandano comunque di continuare gli sforzi per ridurre il più possibile i livelli, almeno nei dieci alimenti in cui è maggiormente presente.

11.2.2 Bisfenolo A

Il bisfenolo A (BPA) è uno dei prodotti chimici più utilizzati al mondo. Esso è il monomero da cui derivano le resine policarbonato e le resine epossidiche, la cui produzione ammonta a circa tre milioni di tonnellate all'anno. I policarbonati hanno ottime proprietà quali resistenza all'impatto, trasparenza, riutilizzo e fra l'altro servono per preparare le lenti a contatto e le bottiglie di plastica per il latte dei bambini.

È noto da più di settanta anni che la somministrazione di BPA ai ratti determina effetti ormono-simili e, per quanto sia sempre doverosa la cautela nell'estrapolare i dati dagli animali all'uomo, questo ha creato in tempi recenti un crescente allarme. Nel febbraio del 2008 un consorzio fra USA e Canada (*Workgroup for Safe Markets*)

ha analizzato 19 bottiglie di policarbonato e dimostrato che rilasciavano bisfenolo A quando riscaldate.

Anche se è sempre attuale la massima di Paracelso “[...] è la dose che rende un prodotto non velenoso”, ciò ha creato un certo allarme. La quantità di BPA libero nelle resine di policarbonato è inferiore a 50 ppm, una dose considerata sicura. L’opinione pubblica e alcuni addetti ai lavori ritengono comunque che il prodotto possa essere potenzialmente dannoso per donne in stato di gravidanza, feti e neonati.

Uno studio pubblicato nel 2006 ha mostrato come nei ratti l’esposizione al BPA aumenti la possibilità di cancro alla prostata. Altri rischi legati all’esposizione a bisfenolo A sono rappresentati dalla possibile insorgenza di danni cerebrali e anomalie comportamentali in feti e neonati, mentre il ruolo del BPA come una delle cause eziopatogenetiche del tumore al seno è ancora dubbio. Per quanto riguarda altre patologie, quali diabete, obesità, pubertà precoce, i pericoli sarebbero trascurabili. A tutt’oggi il dibattito sui rischi potenziali del bisfenolo A è ben lungi dall’essere concluso (Borrell, 2010).

11.2.3 Idrocarburi aromatici policiclici (PAHs)

Molto spesso è necessario scaldare il cibo prima di un pasto e tutti conosciamo i benefici che ne derivano; oltre a rendere il cibo più tenero, il calore lo protegge dalle contaminazioni prodotte dai microrganismi e dalle loro tossine. Sfortunatamente, il calore può causare formazione di idrocarburi aromatici policiclici (fra i componenti più dannosi presenti nel fumo). È sempre più evidente che queste sostanze cancerogene sono presenti in molti tipi di cibi; per generarli, basta scaldare carboidrati o acidi grassi al di sopra di 500°C. I PAHs si ritrovano nel pesce affumicato, nella carne dei barbecue, negli hamburger. Non ci sono dubbi sulla loro cancerogenicità, come dimostrano molti studi sperimentali.

11.2.4 Residui del confezionamento

La plastica usata per impacchettare il nostro cibo può dar luogo a due tipi di contaminanti. Le plastiche hanno alto peso molecolare (sono dei polimeri) e, come tali, hanno poche possibilità di contaminare il cibo. Se però contengono quantità anche minime del materiale di partenza (il monomero), la situazione può essere completamente diversa. È questo il caso del polivinilcloruro (PVC) da cui si può liberare il monomero, il vinilcloruro (VCM), con rischi potenziali per il cibo conservato in contenitori in PVC. Il rischio di contaminazione è maggiore per gli oli da cottura, che sono più vulnerabili a questo tipo di contaminazione, rispetto all’acqua minerale.

Ancora più preoccupante è il caso dei plastificanti. Queste sostanze vengono incorporate in plastiche quali il PVC per renderle più flessibili. Una delle sostanze più impiegate a questo scopo è il diottiladipato (DOA) o il di-2-etilesil-adipato (DEHA). Quest’ultimo contaminante è largamente presente in molti cibi consumati in Gran Bretagna.

Anche gli ftalati venivano largamente usati per impacchettare cibi, ma ora sono stati quasi completamente eliminati.

Benché questi plastificanti non sembrano essere cancerogeni, vi è il sospetto che in certi casi essi possano mimare gli effetti di ormoni sessuali femminili, con un impatto negativo in quanto possono causare infertilità negli uomini e disordini riproduttivi nelle donne.

11.2.5 Residui tossici provenienti dall'agricoltura

I pesticidi sono i contaminanti derivanti dall'agricoltura che costituiscono la maggior fonte di preoccupazione. Già negli anni Sessanta si era scoperto che il DDT (diclorodifeniltricloroetano) era presente praticamente in ogni catena di alimenti. Ciò era dovuto, da una parte, all'altissima stabilità chimica di questo composto nell'ambiente, dall'altra alle grandi quantità impiegate, a partire dalla seconda guerra mondiale. L'economicità del DDT, l'efficacia contro la malaria e la febbre gialla e anche contro una vasta gamma di infestanti nell'agricoltura, ne avevano incentivato l'uso oltre ogni limite.

Alte quantità di DDT sono state trovate non solo negli uccelli da preda, ma anche nel tessuto adiposo nell'uomo (2,5 ppm) e nel latte. Fortunatamente non vi è indicazione che il DDT, ai livelli presenti nei nostri alimenti, sia cancerogeno. Attualmente in Europa, negli Stati Uniti e in molte altre parti del mondo il suo uso è proibito o severamente limitato e questo ha portato a una drastica riduzione dei suoi livelli nei tessuti umani.

Diversa e più complessa è la situazione in Africa e in altre regioni tropicali. Un rapporto del 1970 dell'Accademia Nazionale delle Scienze degli Stati Uniti ha valutato che l'uso del DDT ha impedito la morte di 500000 persone, altrimenti inevitabile a causa della malaria, ma ha avuto effetti negativi sull'ecosistema e sugli animali selvatici come aquile e falchi.

In coincidenza con la proibizione dell'uso del DDT, a metà degli anni '90, la malaria è riapparsa e nel 2001 si è perciò deciso di utilizzarlo di nuovo, limitandone l'impiego all'interno delle case.

Il problema della contaminazione da pesticidi nei cibi è comune a tutti i paesi; essi si ritrovano nel frumento, patate, mele, latte, margarina; alcuni vegetali (es. prezzemolo, carote) sono monitorati in continuazione, data la loro propensione ad accumularli.

A seconda del cibo esaminato, il numero di pesticidi trovati in un singolo campione può variare da otto a più di novanta.

Il limite legale per la presenza di residui è espresso come livello massimo di residuo (MRL); il grado di contaminazione varia di anno in anno e di paese in paese, in funzione delle tecniche agricole impiegate.

La FAO e l'OMS hanno indicato quali siano le quantità accettabili di pesticidi presenti nella dieta (*Allowed Diet Intake*, ADI). Si tratta di dati mediati che non tengono conto delle abitudini individuali, dell'età e dei fattori etnici, ma in ogni caso è evidente che la diffusione dei pesticidi è universale e che essi continueranno a fare parte delle nostre diete. Va però anche detto che in generale gli avvelenamenti da pesticidi nell'uomo sono dovuti a contaminazioni accidentali che hanno avuto luogo durante il trasporto degli alimenti o a seguito di incidenti verificatisi nelle industrie alimentari.

11.2.6 Effetti indesiderati dovuti alla presenza di ormoni

Le modalità di allevamento degli animali non sono prive di conseguenze importanti. La castrazione dei maschi fa aumentare la percentuale dei grassi rispetto ai tessuti magri e si associa a una minore conversione di mangime in carne. L'uso di ormoni maschili come additivi nella dieta degli animali, oltre che costoso, si è rivelato poco efficiente ed è stato perciò abbandonato. Ben diversa si è rivelata la situazione nel caso degli estrogeni (ormoni femminili) sintetici, quali il dietilstilbestrolo (DES) e l'esestrolo, che aumentano l'ormone della crescita soprattutto in bestiame e pollame, se aggiunti nel mangime o impiantati sottocute.

Il DES è stato proibito a partire dagli anni Settanta, in seguito all'aumento di tumori vaginali in giovani donne le cui madri era state trattate con DES durante la gravidanza.

Altri ormoni meno pericolosi continuano ad essere usati in Gran Bretagna, ad esempio l'esestrolo, un anabolizzante impiegato negli allevamenti di pollame. Attualmente, negli Stati Uniti, Canada, Australia e Nuova Zelanda, ma non in Europa, i produttori di carne possono usare sei diversi ormoni. Analisi di laboratorio indicano che la carne di animali trattati con ormoni, contiene quantità residue di ormoni molto basse, innocui se ingeriti con gli alimenti.

11.2.7 Antibiotici

La produzione industriale di carne richiede che molti animali vengano allevati in spazi ristretti, una situazione che si presta alla diffusione di malattie. Per evitare questo rischio, gli allevatori aggiungono antibiotici ai mangimi. Questa pratica offre anche il vantaggio di aumentare la velocità di crescita e l'efficienza dell'alimentazione. Se da una parte i residui di antibiotici nella carne sono molto bassi, dall'altra questa pratica di allevamento incoraggia l'evoluzione di batteri resistenti agli antibiotici e potenzialmente molto pericolosi per la salute umana. Per questa ragione, la legislazione europea e giapponese ha ristretto l'uso di antibiotici negli animali.

Gli antibiotici utilizzati negli allevamenti, oltre a rappresentare una potenziale causa di allergie in individui sensibili, possono creare problemi ai produttori di latticini quali formaggi e yogurt. Questi ultimi necessitano di lattobacilli per produrre l'acido lattico e quantità anche modeste di antibiotici impediscono la crescita di questi ceppi di batteri, altamente sensibili.

11.2.8 Il problema dei nitrati

È noto da molto tempo che i nitriti possono reagire *in vivo* con le ammine secondarie per dare le nitrosammine, ritenute responsabili dei tumori gastrici. A loro volta, i nitrati presenti negli alimenti e nelle bevande, dopo essere stati ingeriti, sono esposti a batteri riducenti presenti nella flora intestinale e nella saliva e possono essere trasformati in nitriti. Non a caso, l'incidenza di cancro allo stomaco nell'anziano regi-

strata in Gran Bretagna è più alta nelle regioni che hanno nell'acqua alti contenuti di nitrati.

Il nitrato di potassio viene usato dal sedicesimo secolo per rendere più brillante il colore della carne, migliorarne il gusto e aumentarne i tempi di utilizzo. Già nel 1900 i chimici tedeschi si erano resi conto che gli ingredienti attivi in questo senso erano i nitriti, prodotti dai nitrati per riduzione batterica, e avevano sostituito i nitrati con i nitriti nella produzione di insaccati.

I nitriti reagiscono nella carne formando ossido nitrico (NO), che ritarda lo sviluppo di aromi rancidi negli insaccati, dato che si lega all'atomo di ferro della mioglobina e impedisce in questo modo al ferro in essa contenuto di ossidare i grassi. Questo legame al ferro da parte di NO è anche responsabile del colore rosso brillante dei salumi. Infine, i nitriti impediscono la crescita del *Clostridium botulinum*, il batterio che causa il botulismo. Per evitare i rischi legati alle nitrosamine, la quantità residua di nitrati e nitriti nelle carni trattate è limitata per legge a 200 ppm.

11.2.9 Tossine presenti nella frutta e nei vegetali

Molte piante, per difendersi dagli erbivori e impedire loro di nutrirsi, producono prodotti chimici, le tossine, di cui prenderemo in considerazione alcune caratteristiche.

Le prime tossine vegetali apparse nelle piante contemporaneamente all'evoluzione dei mammiferi sono stati gli alcaloidi, caratterizzati da un gusto amaro. Quasi tutti gli alcaloidi, ad alte dosi, sono velenosi e molti alterano il metabolismo degli animali anche a dosi basse, inducendo, ad esempio, l'assuefazione alla caffeina e alla nicotina. Tra i cibi di uso comune, le patate possono accumulare un alcaloide che rende le patate verdi, amare e tossiche, potenzialmente pericoloso e responsabile di disordini gastrointestinali. Si tratta della solanina, un glicoalcaloide steroideo, che si ritrova anche in altri membri della famiglia delle solanacee come le melanzane. Normalmente, le patate contengono 2-15 mg di solanina per 100 grammi di patata. Quando questa diventa verde dopo esposizione alla luce, il livello di solanina può aumentare fino a 100 mg, concentrandosi soprattutto in prossimità della buccia. Concentrazioni ancora più elevate di solanina sono presenti nei germogli. La solanina è stabile al calore e, essendo poco solubile in acqua, non si disperde durante la cottura.

La caffeina, così come la teobromina, appartiene alla famiglia degli alcaloidi purinici. Si tratta di sostanze normalmente considerate come stimolanti, presenti nel caffè, nel tè, nella cioccolata e nelle bevande a base di cola. Secondo alcuni sono da considerarsi delle tossine in quanto i loro effetti sono strettamente dose-dipendenti, per cui, in casi di abuso, possono manifestarsi affetti collaterali anche gravi. Una tazza da caffè contiene normalmente tra 50 e 125 mg di caffeina. Le foglie di tè nero contengono normalmente il 3-4% di caffeina, corrispondente a circa 50 mg di caffeina per tazza, assieme a 2,5 mg di teobromina.

La polvere di cacao contiene circa il 2% di teobromina e lo 0,2% di caffeina, valori che si riducono a un quarto nel cioccolato normale e a un decimo nel cioccolato al latte.

Il contenuto di caffeina nelle bevande a base di cola è dell'ordine di 200 mg per 100 ml.

Oggi sono molto di moda le bevande energetiche contenenti caffeina, quali gli estratti del guaranà (*Paullinia cupana*), che ne contiene 200-300 mg in 100 ml.

Per eliminare la caffeina dal caffè (caffè decaffeinato), si ricorre a un metodo di estrazione dai chicchi con cloruro di metilene, i cui residui vengono eliminati durante la tostatura. Un metodo molto più salutare, che evita il rischio di avere residui contaminanti dei solventi organici, si basa sull'estrazione della caffeina con anidride carbonica supercritica (liquida perché a una pressione dell'ordine di 120-180 atmosfere). I chicchi devono essere ancora umidi quando subiscono questo trattamento, che presenta il vantaggio di preservare al massimo gli aromi del caffè.

Un altro gruppo di alcaloidi presenti nelle erbe (es. Boraginacee, *Symphytum officinale*) sono le pirrolizidine, che si trovano nel latte delle mucche che se ne nutrono occasionalmente; essi hanno in genere una bassa tossicità.

Fra le tossine di origine vegetale ricordiamo gli psolareni, un gruppo di sostanze ad azione fotosensibilizzante, appartenenti alle furano-cumarine, presenti nel sedano (*Apium graveolens var. dulce*).

La pianta della cassava (manioca, *Manihot esculenta*) può a sua volta dare problemi tossicologici, dovuti alla cianogenesi. La cassava, in seguito all'azione di due enzimi, può liberare acido cianidrico, originariamente presente sotto forma di glucoside. Questi due enzimi presenti nei tessuti della pianta diventano attivi se la pianta viene danneggiata o durante la cottura. Glucosidi cianogenici sono presenti in quantità elevata nel *Phaseolus lunatus*, nell'amigadalina delle mandorle amare e presentano i rischi connessi alla tossicità dell'acido cianidrico.

I comuni funghi bianchi contengono quantità relativamente elevate, fino a 500 ppm, di sostanze azotate, le idrazine, che resistono all'azione del calore durante la cottura. Esse causano danni al fegato nel topo, ma non nei ratti, ma non è chiaro se possano presentare rischi significativi per l'uomo.

Nei legumi sono anche presenti delle proteine tossiche ad alto peso molecolare, le lectine. Sono proteine che interferiscono con la digestione dato che agiscono da inibitori delle proteasi, gli enzimi deputati al catabolismo delle proteine e impediscono alle cellule intestinali di assorbire i nutrienti. Le lectine si legano anche agli eritrociti del sangue e ne causano l'agglutinazione, da cui il nome alternativo di emoagglutinine. Sono presenti soprattutto nella soia e vengono inattivate solo per prolungato riscaldamento.

Fra i metaboliti di spinaci, bietole e rabarbaro si ritrovano gli ossalati, sali dell'acido ossalico. Mentre gli ossalati di sodio e potassio sono solubili, quelli di calcio non lo sono e formano cristalli che irritano la lingua, il sistema digestivo e possono dare calcolosi renale.

Oltre alle loro difese chimiche, frutta e vegetali possono essere la fonte di altre tossine, provenienti da muffe contaminanti come la patulina nei succhi di frutta, generata dalla muffa di un *Penicillium* che cresce sulla frutta danneggiata.

L'infezione batterica più temuta è il botulismo, causato da una neurotossina secreta dal *Clostridium botulinum*, le cui spore, presenti normalmente nel terreno, resistono al riscaldamento a 100°C per 2-3 ore. La dose letale di tossina botulinica

è di circa un microgrammo (un millesimo di mg) per un adulto ed è la proteina più tossica oggi nota. Dopo assorbimento la tossina, giunta alle terminazioni nervose, blocca la trasmissione degli impulsi nervosi e porta alla paralisi e alla morte per soffocamento o crisi cardiaca. Fortunatamente, a differenza delle spore, le tossine stesse sono più sensibili al calore e possono essere denaturate previo riscaldamento a 121°C per almeno tre minuti. Cibi acidi come i vegetali sottaceto non presentano problemi, perché il pH è troppo basso perché i batteri possano crescere e produrre tossine.

Gli stafilococchi sono dei microrganismi ubiquitari presenti nell'aria, nell'acqua e nella polvere. Una specie, lo *S. aureus*, è diffusa nell'uomo e la si ritrova sulla pelle e nelle mucose di naso e gola e può facilmente provocare infezioni e intossicazioni. Lo *S. aureus*, nei suoi vari ceppi, produce almeno cinque tipi diversi di enterotossine che, pur avendo diversa stabilità al calore, hanno effetti clinici simili. Ne basta un microgrammo per dare, in breve tempo, tutti i sintomi: vomito, diarrea, febbre e crampi muscolari.

Lo *S. aureus* presente sugli alimenti trova un ambiente estremamente favorevole per crescere e produrre tossine; le condizioni di temperatura ottimali si aggirano attorno a 36°C, ma anche al di sotto di 15°C si possono produrre tossine.

I cibi cotti che più si prestano alla propagazione degli stafilococchi sono prosciutto in fette, crema pasticceria, hamburger prima di essere grigliati. In pratica, tutti i cibi cotti sono vulnerabili soprattutto se non refrigerati in modo adeguato. La tossina non si produce a pH inferiore a 5 o a concentrazioni saline maggiori del 10%.

11.2.10 Tossine e prodotti ittici

I cibi di origine marina presentano gli stessi rischi di infezioni batteriche e intossicazione della carne. I pericoli maggiori vengono dai molluschi bivalvi, che intrappolano virus e batteri mentre filtrano l'acqua. In genere, basta cuocerli al di sopra dei 60-80°C per eliminare batteri e parassiti, anche se in alcuni casi alcune tossine resistono al riscaldamento. Tra i microbi marini più importanti vi sono i batteri *Vibrio* o *Vibrioni*, presenti nelle ostriche, i pericolosissimi batteri del botulismo che crescono nel sistema digestivo dei pesci mal congelati e i virus dell'epatite A ed E, che possono causare danni permanenti al fegato.

Alcune specie di *dinoflagellate*, una specie di plancton, contengono tossine che si trasmettono all'uomo attraverso il consumo dei molluschi che se ne nutrono. Una delle più note tossine presenti in queste alghe microscopiche è la *Saxitossina* presente in cozze, ostriche, vongole, che porta alla paralisi dei muscoli volontari (viso, gambe) e respiratori.

La tossina più pericolosa in assoluto è certamente la *tetrodotossina*, la cui dose letale è di 1,0-4,0 mg, presente in molti organi del pesce palla, ad eccezione dei muscoli. Questa neurotossina viene assorbita rapidamente e in dieci minuti blocca il processo di depolarizzazione delle fibre nervose portando alla morte per soffocamento nel giro di 24 ore. I Giapponesi amano molto questo pesce, che deve essere preparato da cuochi particolarmente esperti, in grado di minimizzare questi rischi; non a caso

questo cibo è proibito all'Imperatore, visto che comunque si verificano ancora decessi per intossicazione.

Un tipo completamente diverso di intossicazione da pesce è quello associato al consumo di pesci appartenenti alla famiglia degli sgombridi, quali sgombri, tonni e sardine. Essi non presentano alcun problema se consumati freschi, ma dopo alcune ore a una temperatura superiore ai 10°C producono elevate quantità di istamina, che può provocare mal di testa, palpitazioni e disturbi gastrointestinali.

11.2.11 Tossine di origine fungina

Nel medioevo la segala era un cereale molto usato. Il clima freddo e umido in cui essa cresce bene si presta anche allo sviluppo del fungo ergot (*Claviceps purpurea*), responsabile di frequenti epidemie che hanno colpito l'Europa dall'XI al XVI secolo, l'ergotismo o intossicazione da segala cornuta, chiamato anche fuoco di Sant'Antonio. Uno degli alcaloidi presenti nell'ergot è l'ergotamina, responsabile di sintomi quali cancrena progressiva di braccia e gambe, che diventano nere per poi staccarsi, oppure contrazioni uterine e aborto. Fenomeni saltuari di ergotismo si sono manifestati fino al XX secolo quando i chimici hanno isolato dall'ergot almeno venti alcaloidi tossici, i più abbondanti dei quali sono peptidi derivati dall'acido lisergico. Nel 1943 un chimico svizzero, Albert Hofman della Sandoz (ora Novartis) riuscì a cristallizzarne uno, l' LSD o dietilammide dell'acido lisergico, il famoso allucinogeno. Durante la cristallizzazione, avendone ingerito una certa quantità, ne scoprì tutta la potenza psichedelica ed ebbe una profonda esperienza mistica che è alla base del suo libro *LSD, il mio bambino difficile*.

Le particolari condizioni climatiche, caldo-umide, dei Tropici sono probabilmente responsabili, almeno in parte, di molte morti causate da epatiti acute legate al consumo di cereali ammuffiti, in particolare riso, in cui è stata identificata la presenza di aflatossine, prodotte da un *Aspergillus*. La contaminazione da aflatossine è particolarmente diffusa in prodotti quali le arachidi e il burro di arachide. Fortunatamente, la presenza di aflatossine, anche se non percepibile a occhio nudo da parte del consumatore, può essere individuata facilmente e quantificata perché danno una forte fluorescenza alla luce ultravioletta. È in ogni caso buona norma scartare cereali o noccioline che presentino anche solo tracce di muffe.

11.2.12 Residui metallici tossici

Molti metalli presenti nel cibo, come vedremo, hanno proprietà benefiche per la salute e la loro eventuale tossicità non è legata alla loro natura, ma è solamente un problema di quantità.

Il piombo è certamente il metallo più noto come contaminante di cibo e bevande. Il livello di piombo nelle acque non trattate (non rese potabili) varia ampiamente in funzione del contenuto in piombo dei sedimenti rocciosi attraversati ed è in genere non superiore a 5 parti per miliardo (ppb). L'OMS ritiene che il valore massimo di piombo per l'acqua potabile non debba superare 50 ppb.

La quantità di piombo può aumentare fino a 100 ppb se acque acide restano a lungo nelle tubature di piombo degli impianti casalinghi, in quanto il pH acido ne facilita la solubilizzazione.

Un'altra fonte potenziale di piombo è data dai recipienti in ceramica e dalle lattine. Le ceramiche vengono fabbricate da miscele variabili di ossidi di silicio, alluminio, e magnesio, presenti in aggregati minerali naturali. Il nome stesso, ceramica, è di origine greca e sta a significare "terra del vasaio".

Se questi aggregati contengono una quantità sufficiente di silice e vengono scaldati ad alte temperature, la terracotta subisce un processo di parziale vetrificazione. Un ulteriore accorgimento tecnologico introdotto dai Cinesi è stato l'aggiunta di caolino, un'argilla molto leggera e ricca di silicati, che, ad alte temperature, dà un materiale resistente e traslucido, la porcellana. Le eccezionali qualità degli utensili in ceramica derivano dalla loro stabilità chimica e dal fatto che non influenzano gli aromi e le altre qualità dei cibi. Se però la terracotta viene smaltata a una temperatura inferiore ai 120°C, i sali di piombo presenti nello smalto non vengono resi sufficientemente insolubili e vi possono essere rischi seri di avvelenamento da piombo, se questi recipienti sono usati per conservare cibi acidi (es. sottaceti e succhi di frutta).

Anche le lattine sono una fonte potenziale di contaminazione da piombo, se le saldature in piombo non sono accuratamente protette da un film di polimero.

La maggior parte di composti di piombo, essendo poco solubili in acqua, vengono poco assorbiti nel tratto intestinale e più del 90% è escreto nelle feci. I neonati sono esposti al piombo materno attraverso la placenta e durante l'allattamento e i bambini sembrerebbero assorbire maggiormente, rispetto agli adulti, i composti del piombo solubile, con gravi rischi. L'esposizione al piombo proveniente da cibo e bevande per gli adulti nei paesi industrializzati è nell'ordine di 250-300 microgrammi/die.

Altri metalli pesanti come mercurio, cadmio e rame possono causare gravi effetti tossici (es. danni cerebrali) dato che interferiscono con l'assorbimento dell'ossigeno. In ambiente marino, anche allo stato elementare, il mercurio può subire un'alchilazione a metilmercurio ad opera di numerosi microrganismi ed essere poi assimilato dalla fauna ittica con un fattore di accumulo crescente lungo la catena alimentare. I tonni in particolare sono in grado di accumularne fino a 0,5 mg per chilo.

Il più clamoroso avvelenamento collettivo da mercurio fu quello che si verificò negli anni '50 a Minamata, in Giappone; le drammatiche conseguenze di questo disastro ambientale registrarono, a marzo 2001, più di 2000 intossicati, ufficialmente riconosciuti, di cui circa 1.800 deceduti. L'avvelenamento negli adulti si verifica se vengono assunti più di 300 microgrammi al giorno, mentre i bambini sono molto più sensibili.

L'avvelenamento da cadmio presente nel cibo è fortunatamente molto meno diffuso. Il cadmio è un elemento piuttosto raro in natura, dove non esiste libero, ma si trova nei minerali dello zinco, soprattutto nella blenda. In Giappone si è verificata un'intossicazione da cadmio durata 12 anni, prima di accorgersi che era dovuta all'ingestione di riso coltivato con acque provenienti da una miniera vicina. In particolare, nelle donne in post-menopausa, il cadmio provocava una demineralizzazione ossea, aggravata dalla povertà di calcio nella dieta.

Anche l'arsenico è un elemento poco abbondante sulla crosta terrestre, ma lo si

ritrova in concentrazioni più rilevanti (fino a 1 mg per 100 ml), in acque di pozzi profondi. Esso ha provocato avvelenamenti collettivi, soprattutto nel Bangladesh e nel Bengala occidentale, la cui popolazione beve quotidianamente acqua contenente circa 50 microgrammi per 100 ml.

11.3 La scienza contro le frodi

11.3.1 Proteomica nell'industria alimentare

La proteomica è la disciplina che studia l'insieme delle proteine di un organismo, ossia quelle codificate da un genoma. Questa disciplina si occupa di tre aspetti fondamentali: l'espressione della proteina, la sua struttura e la sua funzione.

La proteomica rappresenta uno strumento molto efficace per l'industria alimentare in termini di ottimizzazione del processo di pianificazione degli alimenti, della loro qualità, sicurezza e requisiti nutrizionali, poiché consente di capire come la produzione dell'alimento sia influenzata dalla sua composizione chimica. Infatti, il cibo raggiunge il consumatore dopo una serie di passaggi e anche un prodotto semplice, come un frutto del supermercato locale, è stato sottoposto a una serie di stress sia biologici (indotti da patogeni della pianta), che fisici e chimici.

La costante esposizione dei raccolti dell'orticoltura a condizioni stressanti influenza la loro attività metabolica. Ad esempio, per prolungare la vita dei prodotti dopo il raccolto, questi vengono sottoposti a stress meccanici e fisici, cioè a vere e proprie reazioni patologiche indotte, che causano diverse risposte cellulari e, talvolta, disordini fisiologici.

Tutto ciò deve essere ben compreso se si vogliono migliorare le pratiche di conservazione e questo è, appunto, il ruolo giocato dalla proteomica. L'identificazione di opportune proteine consente di monitorare l'evoluzione delle reazioni degli alimenti a condizioni di stress via via che si manifestano nel corso della conservazione e di ridurre le conseguenti perdite economiche.

È anche possibile seguire, a livello proteomico, il processo di maturazione di frutti quali i pomodori e i chicchi d'uva. Questi studi consentono di individuare il tempo ottimale per la raccolta, così come la presenza di variazioni fra i genotipi. L'uso di diversi ceppi di lieviti responsabili della fermentazione genera diversi profili metabolici, consentendo la selezione e la manipolazione del lievito con vantaggi per il produttore e il consumatore.

Approcci di questo tipo sono strumenti utili per correlare il proteoma di uva e lieviti del vino con l'impatto che questi hanno sulle qualità sensoriali e sulla peculiarità del vino stesso.

A sua volta, la qualità delle farine è strettamente legata alla composizione e alla funzionalità delle proteine in essa presenti. Le tecniche di proteomica consentono di individuare quali proteine si esprimono maggiormente in condizioni, ad esempio, di aumentato stress di calore e possono pertanto essere utilizzate come marker per identificare condizioni di coltivazione ottimali per i cereali da cui si ricaverà la farina.

Stress biotici (effetto generato sulle piante dall'attacco da parte di un organismo

vivente) e abiotici (causati da fattori ambientali) possono a loro volta essere usati per aumentare il contenuto di componenti bioattivi.

Un recente approccio di analisi proteomica, avente per obiettivo lo studio di come il metodo di produzione dei tuberi delle patate possa influenzare il profilo delle loro proteine, ha mostrato che la natura del fertilizzante usato (organico o minerale) ha un profondo impatto sulla composizione di queste ultime.

Questa disciplina può anche essere usata per studiare le proteine presenti negli allergeni, un metodo di indagine che potremmo definire, usando un neologismo, allergogenomica. Attraverso questo approccio sono state individuate ad esempio nove subunità di glutenine allergeniche presenti nel frumento e una variegata serie di allergeni presenti nelle nocciole.

A questo proposito, vale la pena di ricordare che dei sei allergeni più importanti, tre sono di origine vegetale (presenti nel grano, nocciole, soia) e questi contribuiscono per il 90% all'ipersensibilità dovuta agli alimenti.

L'applicazione di strumenti di analisi proteomica è anche di grande rilevanza per scoprire effetti inattesi o indesiderati nella produzione di OGM (Pedreschi et al., 2010).

Uno dei grandi obiettivi del ventunesimo secolo è la riduzione dell'obesità, triplicata in Europa rispetto agli anni Ottanta. Una delle strade praticate a questo scopo dall'industria alimentare è quella di individuare prodotti meno calorici, che diano nello stesso tempo una sensazione di sazietà. Gli aromi si prestano a questo e un modo per controllare il peso è quello di utilizzare particolari profili di aromi nei cibi. La comprensione dei percorsi metabolici può portare a un'appropriata manipolazione di aromi tale da indurre sazietà, un'altra sfida per le applicazioni della proteomica.

11.3.2 Analisi isotopica della dieta

Un metodo più versatile per determinare l'autenticità del cibo è quello basato sull'analisi di isotopi stabili (Primrose et al., 2010). L'idrogeno, il carbonio, l'azoto e l'ossigeno sono gli elementi più comuni nella materia vivente. Ciascuno di essi ha due forme isotopiche stabili ($^2\text{H}/^1\text{H}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ e $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$). Per esempio, durante l'evaporazione delle acque calde tropicali e subtropicali si ha arricchimento degli isotopi pesanti di idrogeno e ossigeno e questa variazione isotopica può caratterizzare l'acqua al suolo in regioni diverse dal punto di vista geografico e climatico.

Nel caso del carbonio, il rapporto dei due isotopi dipende dal metodo di fissazione della CO_2 durante il processo di fotosintesi. Così i cereali e la maggior parte della frutta incorporano meno ^{13}C delle piante di mais e della canna da zucchero.

Un altro esempio è costituito dallo zucchero di palma, che è spesso adulterato con zucchero di canna.

L'analisi di isotopi stabili permette di distinguere fra vegetali coltivati per via biologica o per via convenzionale, in quanto i fertilizzanti chimici hanno un contenuto di ^{15}N più basso rispetto al letame. Anche pomodori, funghi e lattughe, ma non carote, coltivati per via biologica hanno un contenuto di ^{15}N più alto di quelli coltivati per via convenzionale.

Analisi isotopica e dieta

Questa metodica si basa sull'idea che "noi siamo ciò che mangiamo". Il nostro scheletro, come gli altri tessuti del corpo, si forma ed è mantenuto dai componenti molecolari strategici del cibo che consumiamo ed è per questo motivo che le informazioni dietetiche fondamentali sono scritte nelle nostre ossa. I principali alimenti possono essere caratterizzati attraverso l'analisi dei loro isotopi stabili (Davies, 2010). Tutti gli alimenti contengono il carbonio, che ha tre isotopi naturali: ^{12}C , ^{13}C , e ^{14}C . Il rapporto $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, presente in alcuni costituenti delle ossa quali il collagene, non cambia dopo la morte e le sue informazioni dietetiche si preservano intatte per sempre. I cibi marini hanno alti rapporti isotopici che li distinguono dagli alimenti di una produzione di tipo agricolo.

A sua volta, il rapporto dell'isotopo stabile dell'azoto riflette la posizione dell'animale nella catena alimentare. Il rapporto $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ aumenta quando il consumatore del cibo è un carnivoro rispetto a un erbivoro. I mammiferi di origine marina sono quelli che hanno il rapporto più alto nella catena alimentare.

Gli studi degli isotopi del carbonio possono anche dare indizi sul tipo di piante che sono state mangiate. Per esempio, il miglio e la canna da zucchero hanno rapporti isotopici caratteristici che si trasferiscono nel corpo.

Mentre le nostre ossa richiedono almeno un anno per rinnovarsi, la nostra pelle lo fa nel giro di settimane e l'analisi isotopica degli acidi grassi in essa contenuti consente di conoscere le variazioni della dieta durante i diversi stadi della vita.

L'analisi di routine degli isotopi stabili del carbonio e dell'azoto effettuata utilizzando il collagene delle ossa dà anche informazioni relative agli amminoacidi, dato che amminoacidi diversi hanno valori isotopici diversi. Si possono quindi avere andamenti dei rapporti isotopici diversi in funzione della dieta, a seconda che questa si basi su alimenti di origine terrestre o marina.

Gli amminoacidi hanno diversi rapporti isotopici dell'azoto a seconda della loro origine biosintetica; ad esempio, nella catena del cibo, l'assunzione di amminoacidi come il glutammico influenza il rapporto isotopico che aumenta in modo significativo. Al contrario, amminoacidi come la fenilalanina, che non possono essere sintetizzati dal nostro organismo, danno rapporti isotopici che restano inalterati nella catena alimentare. Pertanto, le differenze dei valori dei rapporti di ^{15}N per glutammato e fenilalanina possono dare un'idea del posizionamento, all'interno della catena alimentare, degli animali di cui l'uomo si è nutrito. Le diete ricche in alimenti di origine marina si prestano particolarmente bene a questo scopo.

Tabella 11.2 Uso dei rapporti isotopici $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ nei programmi di autenticazione alimentare

Alimento	Applicazione
Succo di mela	Adulterazioni con zucchero di canna o sciroppi a base di fruttosio/glucosio di mais (Servizio di vigilanza del MAFF, <i>Ministry of Agriculture, Forest and Fisheries</i>)
Olio di mais	Adulterazioni con oli meno pregiati, in particolare olio di colza (canola) (Servizio di vigilanza della FSA, <i>Food Standards Agency</i>)
Zucchero di palma	Adulterazione con zucchero di canna
Carne di manzo	Verifica dell'origine della carne (Brasile, UK, Irlanda) (Heaton et al., 2008)
Pollame	Verifica che il pollame sia stato nutrito con una dieta contenente almeno il 50% di mais (Rhodes et al., 2010)

L'analisi di isotopi stabili, combinata con quella di elementi in traccia, consente di distinguere qualità di riso coltivate in aree geografiche diverse (es. India-Pakistan rispetto a USA-Europa).

Dato che i rapporti isotopici di acqua potabile e mangimi sono trasferiti nei tessuti animali, la loro analisi attraverso metodiche di spettrometria di massa può dare informazioni sull'origine geografica di carne, pesce e loro derivati. Attraverso l'analisi dei rapporti isotopici del carbonio si può stabilire, ad esempio, se una gallina è stata realmente nutrita con grano o differenziare i regimi alimentari dei salmoni allevati rispetto a quelli selvaggi.

11.4 Bioalimenti

Il termine cibo o alimento “biologico” (*organic food*) denota alimenti prodotti in accordo con i principi e la pratica dell'agricoltura biologica. I principi chiave e le pratiche seguite per la produzione di cibo biologico hanno lo scopo di incoraggiare e aumentare i cicli biologici in agricoltura, in modo da:

- mantenere e incrementare la fertilità del suolo a lungo termine;
- minimizzare ogni forma di inquinamento;
- evitare l'uso di fertilizzanti sintetici e pesticidi;
- mantenere la diversità genetica del sistema di produzione;
- avere il più ampio impatto nella produzione di cibo di alta qualità e in misura sufficiente.

Gli alimenti biologici sono quelli prodotti in accordo con standard documentati e vengono certificati da un limitato numero di agenzie accreditate dall'International Federation of Organic Agricultural Movement.

I termini organico, ecologico, biologico sono da considerare sostanzialmente come sinonimi; tuttavia, bisogna fare una distinzione fra sistema biologico e sistema bio-dinamico. Quest'ultimo si basa sull'insegnamento di Rudolf Steiner e include, oltre ai principi e alla pratica dell'agricoltura biologica, anche alcune pratiche peculiari. Per esempio, gli agricoltori bio-dinamici (celebre nel mondo del vino è N.

Joly, nella valle della Loira) oltre a usare letame, minerali e così via, di solito tengono anche in considerazione la posizione dei pianeti e della luna nel decidere le pratiche da seguire in ogni particolare stagione dell'anno.

Il mercato degli *organic foods* negli USA è cresciuto di 40 volte dal 1986 al 1996 e, alla fine del 1999, era valutato in circa 4,2 miliardi di dollari, con una previsione di crescita annuale del 24% (Bourn e Prescott, 2002). Nel 2010, il valore mondiale del comparto *bio* è stato valutato in circa 60 miliardi di dollari. Europa e Nord America sono le aree del mondo che amano di più il cibo biologico. Nel mondo, gli agricoltori e gli allevatori coinvolti sono quasi 2 milioni, con il maggior numero di addetti in India (oltre 600000), Uganda e Messico, e vi sono complessivamente 37,2 milioni di ettari di terreno destinati alle coltivazioni senza fertilizzanti chimici, pesticidi e insetticidi. I più coltivati sono cereali e riso, seguiti da foraggi, vegetali e colture permanenti. Fra le colture permanenti più importanti si segnala il caffè, al secondo posto gli ulivi, i noccioli e le viti. L'Italia è il primo Paese europeo come numero di imprese, localizzate soprattutto in Puglia e Sicilia, con un valore di mercato di 3 miliardi di euro. I cibi biologici di origine vegetale e animale sono ottenuti con tecniche studiate nel rispetto dell'ambiente e della natura e sono soggette a una severa regolamentazione dell'UE (Regolamento CEE 2092/9 e successive modifiche), che vieta l'uso di prodotti chimici di sintesi, come diserbanti, pesticidi, insetticidi, fertilizzanti e antibiotici, nei terreni e nelle stalle.

Il dibattito su vantaggi e svantaggi degli alimenti provenienti dall'agricoltura biologica è iniziato fin da quando sono stati introdotti i fertilizzanti sintetici a metà del diciannovesimo secolo; è diventato più acceso con l'introduzione dei pesticidi a metà del secolo successivo e non si può considerare ancora concluso. Le opinioni, infatti, restano ancora molto divise e non resta che prenderne atto. Un articolo pubblicato nel settembre 2000 dal giornale inglese *Independent* era intitolato in modo significativo "*Organic food is a waste of money*" (Il cibo organico (biologico) è uno spreco di denaro). Dello stesso avviso è John Krebs, un'autorità del settore in quanto Presidente della Food Standards Agency del Regno Unito, secondo cui il cibo biologico non è né più sicuro, né più nutriente di quello prodotto per via convenzionale e, in ogni caso, è più costoso.

Di diverso avviso sono i produttori di cibi biologici che insistono sui vantaggi di una produzione priva di fertilizzanti, pesticidi, organismi geneticamente modificati e fattori di crescita. La filosofia di base dell'agricoltura biologica è la sua coesistenza e compatibilità con altri organismi, che tutela una produzione legata alla conservazione del livello nutritivo dei suoli in quanto tali.

All'inizio degli anni '80 la "seconda rivoluzione verde" ha assunto una posizione meno drastica, consentendo l'uso saltuario di fertilizzanti chimici per preservare l'integrità dei suoli, abbinandolo alla semina di trifoglio e avena tra due raccolti successivi, per favorire la fissazione dell'azoto atmosferico, ridurre le erbacce, trattenere l'umidità, impedire l'erosione.

Le due scuole di pensiero si fronteggiano. Se i fautori del biologico insistono sul fatto che le pratiche di coltivazione più rispettose dell'ambiente producono cibi più salutari e più sicuri, i detrattori sostengono che i frutti e i vegetali biologici hanno maggiore tendenza a contaminarsi con batteri potenzialmente dannosi e, quel che è

peggio, con pericolose tossine provenienti da muffe. Essi insistono sul fatto che i livelli di pesticidi naturali trovati nei prodotti biologici sono altrettanto pericolosi dei pesticidi artificiali, se ingeriti a dosi sufficientemente elevate. Il fertilizzante naturale applicato ai suoli può, a loro avviso, contaminare i raccolti con patogeni quali *Escherichia coli* (*E. coli*) e *Salmonella*. Questi patogeni provengono dallo stomaco di animali come pecore, mucche e animali selvatici e si localizzano nel concime. Dal suolo, essi possono poi trasferirsi alle piante e contaminare le acque usate per l'irrigazione.

È stato dimostrato che un particolare ceppo del batterio *Escherichia coli*, *E. coli* 0157, può persistere nei suoli o nelle acque contaminate per sei mesi e sia la durata che la contaminazione dei prodotti coltivati dipendono dal tipo di prodotto stesso. La maggiore persistenza (fino a 170 giorni) si ritrova nel prezzemolo e nelle carote, minore nelle cipolle e nelle lattughe (75 giorni). Tuttavia, se il concime è fatto maturare secondo modalità corrette, i rischi si riducono, così come se le composte (ad es. di cipolle rosse) sono riscaldate a 60°C. È proibito spargere concime grezzo sulle coltivazioni durante la loro crescita.

Ogni forma di agricoltura basata sui concimi naturali richiede un accurato controllo delle possibili contaminazioni da batteri e tossine. Le più pericolose, le micotossine e soprattutto le aflatossine, di cui abbiamo parlato altrove, hanno azione mutagena e possono manifestare gravi effetti indesiderati con epatotossicità e cancerogenicità se ingerite a lungo. A questo proposito, il dibattito è molto aperto e c'è chi sostiene che l'agricoltura biologica non comporta un maggior rischio di contaminazione.

L'uso del bromuro di metile, un fumigante usato per distruggere le larve degli insetti e per la disinfestazione dei suoli, è ora sostituito da altri metodi più salutari quali l'inondazione dei campi prima della semina o l'irradiazione solare sui campi protetti da fogli di plastica trasparente. Nella coltivazione di mele e pere si tende a sostituire i composti organofosforati, i pesticidi di più comune impiego, con ferormoni sessuali, che impediscono l'accoppiamento fra gli insetti o rendono sterile il maschio.

Dopo questa premessa, va segnalato che esistono diversi studi comparativi riguardanti il contenuto di nutrienti naturali primari nei cibi biologici o provenienti da altre fonti. In uno di questi studi, su sette indagini, sei hanno dato risultati non riproducibili e uno è risultato addirittura favorevole al cibo non biologico. Risultati analoghi sono stati ottenuti per quanto riguarda la vitamina C. Un altro contenzioso riguarda i cosiddetti metaboliti secondari delle piante e, in particolare, i metaboliti fenolici. Le piante producono queste tossine naturali di solito a basse concentrazioni per difendersi da infestazioni o da altre forme di stress.

I tessuti delle piante possono arrivare a contenere diversi grammi/Kg di composti fenolici quali resveratrolo, flavonoidi o furanocumarine. I fautori del biologico sostengono che i loro prodotti contengono maggiori quantità di questi componenti rispetto ai prodotti convenzionali e che quindi gli alimenti biologici sono più salutari. Gli scettici contestano questa affermazione e sostengono che non vi siano evidenze a favore dei benefici salutistici derivanti dal mangiare cibo biologico in relazione ai composti fenolici. Non sappiamo in realtà per quale ragione i frutti e i vegetali di una dieta biologica siano così salutari, ma non c'è alcuna prova che sia più sano mangiare frutta e verdura biologiche. La posizione della Food Standards Agency

(FSA) è la seguente: “[...] la presenza di queste sostanze chimiche nella frutta e nei vegetali varia considerevolmente in funzione di molti fattori che includono le tecniche di coltivazione”. Per i nutrienti di cui sono disponibili i dati, l’intervallo di concentrazioni trovate è molto variabile e paragonabile sia per i prodotti derivanti da coltivazioni biologiche che per quelli convenzionali. Un approfondito studio inglese pubblicato nel 2009 sulla rivista *American Journal of Clinical Nutrition* ha concluso che i prodotti di derivazione biologica avrebbero valori nutrizionali del tutto simili a quelli dei cibi comuni.

Alcune ricerche hanno messo in guardia sui possibili effetti mutageni, cancerogeni e fototossici di derivati fenolici. Per esempio, un gruppo di furanocumarine (gli psoraleni), che si trovano nel sedano, prezzemolo e nell’aneto, possono produrre danni alla pelle ed eczemi se ci si espone al sole dopo averle assunte.

La maggior parte delle persone ritengono che i cibi biologici abbiano un gusto migliore di quelli coltivati in modo convenzionale. Tuttavia, in generale non ci sono reali evidenze a sostegno di questa convinzione. Recentemente è stata pubblicata una rassegna comparativa molto esauriente su valore nutrizionale, qualità sensoriale e sicurezza del cibo prodotto per via “bio” e convenzionale, con enfasi sul confronto fra metodi di coltura biologica e convenzionale di frutta e vegetali. Gli autori, Bourn e Prescott hanno chiaramente mostrato che i risultati di un gran numero di studi non solo non sono definitivi, ma spesso sono in contrasto gli uni con gli altri (Bourn e Prescott, 2002).

Va comunque detto chiaramente che la quantità di residui di pesticidi presenti nella frutta e nei vegetali biologici è minore rispetto ai cibi non biologici.

Un altro importante motivo di confronto su cui c’è accordo riguarda il gusto degli alimenti, che sarebbe migliore nel caso di alimenti biologici, ad esempio mele e carote. È chiaro che anche considerazioni culturali giocano a favore del cibo biologico, non ultime l’attenzione all’impatto ambientale relativo a un minore inquinamento delle falde acquifere.

Un caso studiato in dettaglio recentemente riguarda i pomodori biologici (Caris-Veyrat et al., 2004). Essi contengono più alti livelli di micronutrienti fondamentali; tuttavia, dopo tre settimane di una dieta in cui siano presenti pomodori, sia che si tratti di passate di pomodori biologici o convenzionali, i livelli ematici di antiossidanti (es. vitamina C, carotenoidi e polifenoli) sono simili.

L’equazione “naturale = sano” non è vera. I fautori dell’agricoltura biologica insistono sulla minore quantità di residui sintetici e di pesticidi nei prodotti biologici, ma ignorano che in essi possono essere presenti maggiori quantità di tossine naturali, spesso ancora più pericolose per la salute. Anche in questo caso, ai fini della sicurezza alimentare è opportuno attenersi alla massima di Paracelso, secondo cui gli effetti sull’organismo da parte di ogni sostanza, buona o cattiva che sia, dipendono dalla dose ingerita o dal livello di esposizione.

Anche per le produzioni biologiche di alimenti di origine animale quali carni, latte e derivati, formaggi, valgono le considerazioni espone per frutta e verdura biologiche. Se, da un lato, i presupposti teorici per il prodotto biologico appaiono corretti e condivisibili, d’altra parte bisogna essere certi che questo non comporti contaminazioni da parte di batteri patogeni o parassiti trasmessi attraverso l’acqua,

volatili o altri animali selvatici, come è accaduto recentemente per latte e pollame come documentato e riportato in letteratura.

Secondo i già citati autori Bourn e Prescott vi sono pochi studi ben controllati dal punto di vista scientifico in grado di consentire un confronto valido. Con l'eccezione dei nitrati, non c'è alcuna evidenza che cibi organici e cibi convenzionali differiscano nella concentrazione dei vari nutrienti. Anche se alcune evidenze indicano che possono sussistere differenze nelle qualità sensoriali tra frutti da coltivazioni "bio" e convenzionali, tali risultati non sono riproducibili. Non ci sono evidenze che i cibi "bio" siano più suscettibili alle contaminazioni biologiche rispetto ai convenzionali; anche se è molto verosimile che i cibi "bio" abbiano un minore residuo di pesticidi, vi è una documentazione molto limitata circa il livello di questi residui.

11.4.1 Valutazione della naturalità dei cibi

Per identificare la genuinità di un vero formaggio di montagna si determina il profilo dei terpeni in esso contenuti attraverso tecniche analitiche di GC-MS (gas cromatografia-spettrometria di massa). I terpeni sono metaboliti secondari bioattivi e costituiscono i componenti degli oli essenziali. Essi si trovano nelle piante, nel latte, nel formaggio di montagna, anche se sono conosciuti principalmente per il loro uso nei profumi naturali. Uno studio, condotto in Svizzera, ha verificato l'origine di formaggi di montagna a partire dalla raccolta di foraggi d'alpeggio presenti in diverse località, comprese fra una quota di 1400 e 1900 metri; è stato analizzato il latte delle fattorie localizzate in queste zone e i formaggi da esse prodotte. I terpeni, la cui presenza è stata identificata nei foraggi, sono il β -mircene e gli enantiomeri (+) e (-) limonene ma, sorprendentemente, l'analisi del latte non ne ha confermato la presenza. In esso, infatti, erano presenti monoterpeni e molecole contenenti uno solo o due doppi legami, a differenza delle molecole identificate nelle erbe e nei foraggi in cui i doppi legami sono due e, a volte, anche tre. I ricercatori svizzeri hanno attribuito queste differenze a reazioni di idrogenazione verificatesi nel tratto digestivo degli animali e, per provarlo, hanno effettuato una serie di prelievi dal rumen, il primo stomaco di una mucca, dove il cibo è parzialmente digerito dai batteri. La microflora del rumen è strettamente anaerobica, produce gas come l'idrogeno ed è perciò in grado di trasformare, ad esempio, acidi grassi insaturi (si veda la voce in proposito) in acidi grassi saturi. Analizzando nel dettaglio il quadro biochimico-batteriologico del rumen, essi sono stati in grado di correlare la presenza dei prodotti di degradazione con quelli identificati in origine nelle erbe di cui si erano alimentate le vacche. Attraverso la determinazione della composizione dei terpeni presenti, è perciò possibile discriminare fra formaggi di alta e bassa montagna, fornendo un test valido per l'assegnazione della DOP, un marchio assegnato a prodotti le cui caratteristiche dipendono dal territorio di produzione.

Nel caso dell'olio dell'oliva extravergine si è invece ricorsi al naso artificiale (naso elettronico), di cui si tratta in altra parte del testo. Questa nuova tecnologia si presta molto bene per l'analisi rapida e sintetica delle qualità sensoriali, così come per valutazioni di freschezza e autenticità dei cibi. Per quanto riguarda l'olio di oliva,

la di-sponibilità di olio di oliva extravergine prodotto in Italia è molto inferiore rispetto al suo consumo e si ricorre a importazioni dall'estero (Spagna, Turchia, Grecia, ecc.). L'olio di oliva italiano ha un alto profilo qualitativo ed è importante attenersi alle rigide regole produttive e valorizzarne le qualità come olio DOP o IGP (Indicazione Geografica Protetta). Ricercatori italiani hanno usato il naso artificiale e determinato il profilo odoroso di 14 oli di oliva extravergini provenienti da Puglia, Liguria, Grecia, Tunisia e Turchia. La complessa analisi dei dati ha permesso di "costruire delle mappe" in cui tutti gli oli di origine geografica simile hanno occupato una zona ben definita della mappa. Il profilo degli oli italiani (in pratica la loro "carta di identità") si è ben distinto dagli spagnoli i quali, a loro volta, si sono distinti dagli oli greci e così via; dei 14 campioni analizzati, solo due oli di Puglia, il Corato e il Lecce si sono parzialmente sovrapposti agli oli spagnoli e tunisini, rispettivamente.

L'olio extravergine di oliva ha un valore di mercato nettamente superiore a quello degli oli vegetali ed è possibile usare il naso artificiale per verificare possibili sofisticazioni. Gli stessi ricercatori hanno miscelato olio di oliva extravergine di Lecce con olio di nocciole, in proporzioni variabili fra il 5 e il 20% e, attraverso il naso artificiale, sono riusciti a discriminare non solo fra olio di oliva e olio di nocciole, ma anche fra le diverse miscele.

La naturalità delle fragranze e degli aromi trae origine dal fatto che essi sono prodotti in natura e sono più apprezzati dai consumatori, rispetto ad altri aromi pur presenti in natura, ma prodotti per via chimica e definiti "identici alla natura".

Le vie "naturali" per produrre aromi sono basate sulla bioconversione di precursori naturali attraverso reazioni di biocatalisi (uso di enzimi e microrganismi come catalizzatori), oppure mediante la fermentazione o il loro isolamento da piante o animali. Anche se da un punto di vista chimico non vi sono differenze tra la struttura di un composto di origine naturale e una molecola identica, prodotta in laboratorio, i prezzi sono decisamente diversi nei due casi; la vanillina naturale, per esempio, costa fra i 1.200 e i 1.400 dollari al chilo, mentre quella di sintesi, a partire dal guaiacolo (si veda altrove nel testo), costa meno di 15 dollari. Il problema diventa ancora più pregnante per le fragranze usate nei profumi, dove gli interessi economici in gioco sono enormi.

La possibilità di preparare prodotti "identici al naturale" si presta ovviamente a tutta una serie di frodi ed è perciò essenziale disporre di nuovi metodi analitici in grado di distinguere tra aromi naturali e identici al naturale. Vi sono attualmente diversi metodi analitici che hanno dato buoni risultati, basati sulla caratterizzazione di isotopi stabili di aromi, i quali vengono applicati da laboratori specializzati per certificare l'autenticità dei prodotti (Serra et al., 2005 e riferimenti ivi citati).

11.5 Le etichette

Secondo la legge vigente, si intende per etichettatura "l'insieme delle menzioni, indicazioni, marchi di fabbrica o di commercio, immagini o simboli che si riferiscono al prodotto alimentare e figurano direttamente sull'imballaggio o su una etichetta appostavi" (L. 03/02/2011, n. 4 "Disposizioni in materia di etichettatura e di qualità dei prodotti alimentari"). L'etichetta deve obbligatoriamente contenere:

- la denominazione di vendita;
- l'elenco degli ingredienti;
- il peso (peso netto/peso sgocciolato) e la quantità;
- il termine minimo di conservazione o scadenza;
- il titolo alcolometrico (nelle bevande alcoliche);
- il lotto d'appartenenza;
- le modalità di conservazione.

L'elenco degli ingredienti è fondamentale: tutti gli ingredienti utilizzati sono elencati in ordine decrescente di quantità al momento della loro preparazione-confezionamento. Solo nel caso in cui l'acqua sia il solo ingrediente, non è necessaria nessuna specificazione. Per ingredienti si intende qualsiasi sostanza, compresi gli additivi, utilizzata nella fabbricazione o preparazione di un prodotto alimentare.

11.5.1 Gli additivi

Gli additivi alimentari sono classificati in base alla funzione svolta e sono identificati attraverso una lettera dell'alfabeto e un numero. La lettera E indica che l'additivo in questione è riconosciuto e permesso da tutti i paesi dell'Unione Europea e il numero che segue ne specifica la categoria (ad es. E1... = colorante, E3... = antiossidante).

Gli additivi riconosciuti e permessi sono:

- coloranti (da E100 a E199);
- conservanti (da E200 a E299);
- antiossidanti (da E300 a E322);
- correttori di acidità (da E325 a E385);
- addensanti, emulsionanti e stabilizzanti (da E400 a E495);
- aromatizzanti.

La legge italiana prevede la loro indicazione in etichetta con il termine generico "aroma".

La denominazione di vendita si riferisce al nome con cui il prodotto è normalmente conosciuto e deve fornire indicazioni sullo stato fisico del prodotto o su uno specifico trattamento (per esempio "in polvere", "surgelato"). È obbligatoria la scritta "irradiato" o "trattato con radiazioni ionizzanti" nel caso di prodotti che abbiano subito questo trattamento.

11.5.2 Il peso e la quantità

Devono essere espressi in unità di volume per i prodotti liquidi (litri = l, centilitri = cl, millilitri = ml) e in unità di massa per i prodotti solidi (chilogrammi = kg, grammi = g). Se un prodotto è immerso in un liquido, va indicata l'unità di massa (peso) di prodotto sgocciolato.

11.5.3 Il termine minimo di conservazione o scadenza

Il termine minimo di conservazione indica la data fino alla quale il prodotto mantiene le sue qualità specifiche in adeguate condizioni di conservazione. Essa viene indicata con la scritta “da consumarsi preferibilmente entro...”. Oltre quella data, il prodotto perde alcune delle sue caratteristiche e può essere venduto solo sotto la responsabilità del venditore.

La scadenza vera e propria viene indicata con la scritta “da consumarsi entro...” e indica la data entro cui il prodotto deve essere consumato e oltre la quale non può essere più venduto.

11.5.4 Il luogo e la ditta produttrice

Questi termini indicano il nome (ovvero la ragione sociale o il marchio depositato) e la sede del fabbricante o del confezionatore del prodotto. Queste informazioni possono essere utilizzate per richiedere ulteriori dettagli, rivolgere reclami o per cambiare la merce difettosa.

11.5.5 Il titolo alcolometrico

Riguarda solo le bevande alcoliche, indica la quantità di alcol contenuta in un prodotto ed è espresso in ml di alcol contenuti in 100 ml di soluzione a 20°C.

11.5.6 Il lotto di appartenenza

Per lotto di appartenenza si intende un insieme di unità di vendita di una derrata alimentare prodotta, fabbricata o confezionata in circostanze praticamente identiche; la dicitura deve essere ben visibile e preceduta dalla lettera L.

11.5.7 Le modalità di conservazione

Sono le indicazioni che prescrivono come debba essere conservato un dato prodotto. Ad esempio, 4°C significa che il prodotto in questione deve essere conservato in frigorifero, mentre la temperatura più bassa (-18°C) si riferisce a prodotti che devono essere conservati in congelatore. Dopo lo scongelamento, i surgelati non possono essere di nuovo congelati, ma devono essere consumati subito.

In etichetta si possono trovare delle indicazioni facoltative quali il valore nutrizionale o il valore energetico espresso in Kcal o KJ e riferito a 100 g o 100 ml. È anche facoltativo riportare la presenza di proteine, carboidrati, grassi, fibre solide, così come amido, polialcoli, sodio, vitamine e sali minerali.

Dal 1° gennaio 2009 è obbligatorio indicare se gli alimenti contengono più dello 0,9% di OGM.

Per quanto riguarda gli oli di oliva essi vengono così classificati:

- olio extravergine di oliva, per l'olio con un'acidità libera espressa in acido oleico inferiore all'1%;
- olio vergine se ha un grado di acidità massimo del 2%; come l'olio extravergine, non è raffinato;
- olio di oliva vergine corrente se ha un'acidità massima del 3%.

Non corrispondono alla definizione di olio d'oliva vergine questi oli:

- olio di oliva raffinato, ottenuto dalla raffinazione di oli di oliva vergini attraverso processi di rettifica, neutralizzazione, lavaggio, decolorazione e così via, la cui acidità libera espressa in acido oleico non può eccedere lo 0,5%;
- olio di sansa, costituito dal residuo della spremitura delle olive estratto per via chimica.

Per “prima spremitura a freddo” si intende la spremitura meccanica a una temperatura inferiore a 30°C.

Per quanto riguarda i marchi di qualità, ricordiamo che:

- DOC (Denominazione d'Origine Controllata) si riferisce a prodotti di una specifica area geografica, che rispettano le regole di produzione tradizionali del prodotto in questione, specificate in dettagliati disciplinari;
- DOCG (Denominazione d'Origine Controllata e Garantita) viene usata per produzioni caratterizzate da pregi particolari che vengono sottoposte a disciplinari più rigidi;
- DOP (Denominazione di Origine Protetta) si riferisce a prodotti agroalimentari tipici, non alcolici ed è stata introdotta dalla CEE nel 1992;
- IGP (Indicazione Geografica Protetta) indica il legame con la zona geografica per almeno uno degli stadi di produzione, trasformazione o elaborazione del prodotto;
- STG (Specialità Tradizionale Garantita) non fa riferimento all'origine del prodotto, ma alla sua composizione o al metodo di produzione.

11.6 Nuove confezioni per conservare gli alimenti

L'industria alimentare sta studiando nuove confezioni degli alimenti, per conservarli più a lungo; se ideata e strutturata in modo “intelligente”, la confezione ne prolunga la vita, riducendo gli scarti. Una via percorribile prevede di inserire film antibatterici e sensori atmosferici nel materiale di confezione.

Molti alimenti sono sensibili all'azione di ossigeno e umidità; l'ossigeno è un problema serio, ad esempio, nella conservazione delle carni cotte. I danni sono di tre tipi: a) destabilizza chimicamente i grassi rendendoli rancidi; b) può favorire la crescita di microrganismi eventualmente sopravvissuti alla preparazione del cibo; c) in combinazione con le luci fluorescenti del supermercato, può far virare il colore della carne a marrone o grigio, per l'ossidazione dei pigmenti presenti.

Esiste in commercio un nuovo sensore di ossigeno che, se inserito sulla carta autoadesiva della confezione, assicura il monitoraggio continuo dei livelli di ossi-

geno nell'involucro, con una sensibilità che arriva fino allo 0,1%. Questo sensore si basa sull'uso di coloranti a base di porfirine che, in presenza di ossigeno, diventano chemiluminescenti. Questi coloranti possono essere letti con una luce a fibra ottica; la chemiluminescenza è inversamente proporzionale al contenuto di ossigeno.

Un'altra applicazione dei sensori consente di sapere se un alimento è ancora commestibile dopo la data di scadenza indicata in etichetta. Uno di questi sensori può misurare il grado di umidità in alimenti secchi, come patatine o noccioline. Il sensore ha un colore giallo in condizioni anidre mentre, in presenza di umidità, esso vira verso il blu (il colorante usato è pH-dipendente).

Per impedire l'azione di microrganismi responsabili del deterioramento o la proliferazione di patogeni, si possono incorporare nella confezione delle nanoparticelle di argento o immobilizzare agenti antimicrobici nel film della confezione.

12.1 Nutraceutici e cibi funzionali: alimenti integrali contro alimenti raffinati

Con il termine “nutraceutico” possiamo definire un cibo o una bevanda che fornisce vantaggi per la salute del consumatore, al di là del semplice aspetto nutrizionale. In altri termini, i nutraceutici sono alimenti normali che hanno ingredienti o componenti che conferiscono loro specifici benefici salutistici e fisiologici, diversi da quelli puramente nutrizionali. I nutraceutici incontrano il favore crescente del consumatore; secondo *Il Sole 24 ore*, il comparto cresce a ritmi annui superiori al 10% e il suo indotto, per il solo canale farmacia, supera i 1.500 milioni di euro.

Un esempio particolarmente significativo è rappresentato dalla vera e propria esplosione commerciale degli acidi grassi omega-3, che ha avuto luogo nel 2005, motivata dai loro effetti benefici sul cuore. Come abbiamo visto altrove, il loro precursore è l'acido grasso alfa-linolenico (ALA), che è sintetizzato nel mondo vegetale (noci e vegetali a foglia verde), ma non nel mondo animale, che lo deve assumere con la dieta, per poi trasformarlo negli acidi omega-3 (es. EPA).

Questi acidi si trovano in natura in pesci di acqua fredda, alghe marine, nei semi di lino, nelle noci, negli oli di semi e di colza (canola), negli spinaci e nelle parti verdi di altre verdure.

Essi possono essere aggiunti a vari prodotti, che vanno dallo yogurt, al latte, pane, pasta e uova. Le vendite di bevande e alimenti che li contengono sono più che raddoppiate dal 2002.

Si ritiene che l'incorporazione nelle membrane cellulari di acidi grassi mono- e polinsaturi, rappresenti il punto di partenza di una complessa concatenazione di eventi biochimici e farmacologici con ricadute positive sul metabolismo lipidico, le funzioni cardiovascolari e cerebrali. Negli organismi superiori, quali i mammiferi, essi si accumulano a livello di membrane altamente specializzate, come quelle delle sinapsi cerebrali, migliorando la funzionalità neuronale nel suo complesso di neurotrasmettitori, recettori, canali ionici.

Questo è vero soprattutto per l'acido docosaesaenoico (DHA), presente in pesci di mari freddi, nell'olio di fegato di merluzzo e nel salmone. DHA è un nutriente es-

senziale per lo sviluppo nervoso dei neonati e una sua carenza può alterare la funzione del sistema nervoso centrale anche nell'adulto. In definitiva, è molto opportuno utilizzare alimenti contenenti gli acidi omega-3 preformati, quali pesci, olio di pesce, crostacei, noci, spinaci, fagioli e verdure erbacee; uno studio recente ha dimostrato che l'assunzione di quattro noci al giorno induce un notevole aumento non solo di acido alfa linolenico (ALA), ma anche dell'acido eicosapentaenoico (EPA), di cui ALA rappresenta un precursore.

L'acido DHA in combinazione con l'acido arachidonico (AA) entra in una formulazione di latte per bambini, allo scopo di imitare il latte materno.

Gli acidi omega-3 si ritrovano anche negli yogurt, nelle barrette di cioccolato, nella pasta Barilla Plus Enriched Multigrain, introdotta sul mercato americano nel 2005 e in succhi di frutta prodotti da un'associata della Coca Cola.

Un altro acido insaturo, un omega-6 di largo consumo come nutraceutico, è l'acido γ -linolenico (GLA), che si trova in natura in alcune varietà di primule, ma soprattutto nella borragine e nel ribes nero. Si ritiene che esso abbia effetti benefici come antinfiammatorio, in affezioni delle articolazioni e per la salute della pelle (eczema atopico); per questa ragione è utilizzato negli alimenti dei paesi occidentali, ma mancano prove di efficacia che siano basate su studi clinici controllati.

Alimenti a base di cereali utilizzano il calcio come fortificante (ad esempio nel Kellogg's All-Bran Plus), considerato utile per la costruzione e il mantenimento della salute ossea. Il calcio si ritrova anche in alcuni succhi di frutta tropicali.

Bevande che contengono caffeina possono essere considerate come cibo funzionale, anche se spesso i loro benefici non sono superiori a quelli di una tazza di caffè.

Un'altra area molto interessante di alimenti funzionali è quella dei bioyogurt, che contengono batteri probiotici come il *Lactobacillus acidophilus*, lo *Streptococcus thermophilus* e i *Bifidobatteri*, che regolano positivamente la funzionalità intestinale.

Per probiotico, come abbiamo visto, si intende qualunque preparazione che, analogamente agli yogurt, contenga microrganismi vivi in grado di alterare la flora batterica, con effetti positivi per la salute. Così i *Bifidobatteri* possono aiutare a combattere altri batteri che causano avvelenamento da cibo, mentre il *Lactobacillus rhamnosus GG*, in combinazione con antibiotici, può essere utile per combattere la diarrea.

Tra i nutraceutici un posto di particolare rilievo è quello occupato dai prebiotici, sostanze di origine vegetale, in particolare dai frutto-oligosaccaridi (FOS) e dall'inulina. Si tratta di carboidrati complessi, in altri termini delle fibre, che sono insensibili all'azione degli enzimi digestivi dello stomaco e dell'intestino, per ritrovarsi inalterate nel colon. I FOS contengono il fruttosio come monosaccaride principale e sono ottenuti a partire dallo zucchero di cucina (saccarosio) per azione del fungo *Aspergillus niger* o per degradazione dell'inulina.

I FOS sono largamente diffusi in natura, nel mondo vegetale, ma sono presenti soprattutto nella cicoria e nei tuberi commestibili del topinambur, una pianta americana che molti conoscono anche per i suoi capolini gialli e i cui tuberi hanno un sapore che ricorda il carciofo (eccellente nella bagna cauda!). Essi hanno effetti benefici sul colon, dato che contribuiscono alla massa fecale, diminuiscono la costipazione e aumentano la formazione di *Bifidus*. Si ritrovano anche nelle banane, cipolle e aglio, ma in quantità così modeste da non produrre effetti benefici.

I FOS hanno scarso effetto dolcificante, circa un terzo di quello dello zucchero, non sono cariogenici (non sono utilizzabili dallo *Streptococcus mutans*, responsabile delle carie dentaria) e possono essere utilizzati da soggetti diabetici. Per queste ragioni, vengono anche usati nei gelati, sorbetti e dessert oltre che negli yogurt.

Anche l'inulina comporta un significativo aumento di *Bifidobatteri* e *Lattobacilli* nel tratto intestinale e una contemporanea diminuzione nel numero di batteri ritenuti nocivi. Anch'essa ha un basso potere calorico ed è presente in alcune piante, ad esempio il già citato topinambur, dov'è utilizzata come sostanza di riserva.

Le carote (*Daucus carota*) contengono alti livelli di composti solubili in acqua, in particolare i pigmenti antociani. Gli estratti concentrati ottenuti dalle carote stanno godendo di grande popolarità come coloranti naturali dei cibi. Oltre agli antociani sono presenti almeno 46 acidi cinnamici; gli antociani sono metaboliti secondari delle piante e contribuiscono ai meccanismi di difesa. Per l'azione antiossidante hanno un ruolo attivo nella prevenzione di patologie degenerative e di tipo cardiovascolare.

I concentrati di carota hanno un'attività chelante dei radicali che equivale o è superiore a quella della frutta fresca come ciliegie, fragole, mirtilli, lamponi, che sono molto salutari a causa del loro alto contenuto in polifenoli. Si è anche visto che estratti di carote sopprimono, *in vitro*, la crescita di cellule cancerogene; tutto ciò porta a concludere che le miscele di antociani presenti nelle carote siano particolarmente importanti dal punto di vista nutrizionale.

Una recente ricerca (Day et al., 2009) ha preso in considerazione i concentrati di carote nere (*Daucus carota*), che sono stati incorporati nella pasta, con percentuali comprese fra 0,5 e 2%. La pasta assume una colorazione purpurea, ma è ben accettata ai consumatori anche perché questo non comporta variazioni sostanziali nella sua struttura-consistenza e nella tenuta alla cottura. Già l'aggiunta dello 0,5% di concentrato, raddoppia la sua attività antiossidante; 100 grammi di pasta sono equivalenti al consumo di 140 grammi di mirtilli e 200 grammi di fragole, anche se la biodisponibilità degli antociani presenti è ridotta dall'interazione con la matrice del cibo.

Il concentrato di carote nere è una ricca fonte di polifenoli bioattivi, antociani e acidi cinnamici, in concentrazioni, rispettivamente, del 3,2 e 1,8%.

I cereali, a loro volta, contengono una certa quantità di acidi fenolici, soprattutto acido ferulico.

Lo sviluppo di cibi funzionali, o cibi che promuovono la salute oltre a fornire il nutrimento di base, è in continua crescita; ingredienti funzionali, come un ingrediente bioattivo o un concentrato bioattivo da fonti naturali, possono essere incorporati con successo negli alimenti, fornendo nuove categorie di cibi funzionali e nuove opportunità nutrizionali e commerciali. Il problema più rilevante consiste nel garantire l'integrità degli ingredienti durante il processo di produzione e conservazione del cibo, così come la loro attività e biodisponibilità. Là dove queste condizioni sono soddisfatte, il cibo funzionale può essere usato come veicolo per il rilascio di appropriati livelli di componenti bioattivi e micronutrienti tali da garantire un maggiore benessere.

È ben noto che il consumo di cibi provenienti da piante quali frutta, vegetali e cereali integrali, noci e alimenti marini ricchi in acidi grassi omega-3 a lunga catena, fanno bene alla salute e riducono i rischi di malattie. In genere, si ritiene che gli alimenti allo stato grezzo o poco trattati diano benefici maggiori rispetto a quelli

raffinati. Questo, come già accennato, non è sempre vero, ad esempio per il licopene, un fitochimico contenuto nei pomodori.

Tradizionalmente, viene incoraggiato il consumo di grani interi, cereali e noci (Shahidi, 2009). Vi sono certamente delle motivazioni storiche che giustificano il consumo di alimenti integrali rispetto a quelli raffinati e che sono legate agli effetti benefici ascrivibili alle elevate quantità di fibre in essi contenuti.

Studi più recenti hanno inoltre dimostrato che nel grano, nell'orzo e nei fagioli, i fitochimici, i fenoli e i polifenoli si trovano prevalentemente negli strati esterni o sulla buccia e i benefici si riducono se queste componenti vengono levate.

Così, nelle diverse frazioni della macinazione di due diversi tipi di grano (*Triticum turgidum* e *Triticum aestivum*, crusca, semola, farina), la crusca è quella che ha il più alto contenuto di fenoli e l'endosperma quello con il contenuto più basso. Lo stesso vale per la capacità di catturare radicali liberi, il potere riducente e la capacità di legare ioni Fe^{2+} (chelazione). Questi risultati sono stati confermati in diversi studi che hanno messo in luce, ad esempio nell'orzo, una drastica riduzione degli antiossidanti durante i processi di raffinazione, a conferma che i composti fenolici sono concentrati negli strati esterni.

I fenoli e i polifenoli si presentano negli alimenti vegetali sotto tre forme: a) forma libera; b) sotto forma di esteri solubili; c) sotto forma legata, non solubile. Quest'ultima dev'essere idrolizzata per avere effetti benefici a livello del tratto gastrointestinale e del colon.

La maggior parte di fitochimici contengono fenoli sotto forma libera o coniugata (glucosidi), mentre nei semi e nei grani, essi sono insolubili, poiché sono associati con la parete cellulare di polisaccaridi.

Anche le noci e le mandorle rappresentano una fonte importante di fenoli, assieme ad altri antiossidanti, concentrati nel mallo e nella buccia: è quindi preferibile consumare il frutto con la buccia.

Il trattamento dei cibi e dei loro ingredienti ha, a sua volta, un effetto rilevante sui loro costituenti, inclusi i prodotti bioattivi. Ad esempio, la lavorazione dei semi di soia nella produzione e nell'isolamento di concentrati proteici, può provocare una sostanziale diminuzione di isoflavoni. Ne è una prova il tofu, che contiene solo una frazione degli isoflavoni presenti in origine.

A questo si somma l'effetto dei processi di fermentazione, analoghi a quelli utilizzati per ottenere prodotti fermentati a base di soia, che trasformano gli isoflavoni glicosilati in isoflavoni liberi con attività biologiche diverse.

In conclusione, il trattamento dei cibi comporta spesso trasformazioni che possono avere effetti negativi sul corredo degli ingredienti degli alimenti funzionali e dei nutraceutici.

Diverso è il caso del pomodoro e dei suoi derivati come ketchup, salsa di pomodoro e altri prodotti in scatola o essiccati, in cui la trasformazione ha effetti positivi sui licopeni in essi contenuti.

Nel pomodoro fresco il licopene è presente esclusivamente nella forma *trans* (i sostituenti legati al doppio legame sono posizionati da parti opposte, $C=C$). Il processo di trasformazione può portare alla configurazione *cis*, con i sostituenti dalla stessa parte, $C=C'$. La forma *cis* del licopene è più biodisponibile di quella *trans* ed

è un chiaro esempio di un effetto positivo di una biotrasformazione su composti bioattivi (Rao e Ali, 2007).

Un altro esempio positivo di trasformazione è quello presentato dall'arrostimento dei semi della canola o del sesamo. Il riscaldamento, infatti, aumenta la stabilità degli acidi grassi polinsaturi (PUFA) e, in seguito alla reazione di Maillard, porta alla formazione di prodotti con proprietà antiossidanti. Il riscaldamento può anche provocare la formazione di acidi grassi coniugati (acidi in cui si ha alternanza di doppi legami carbonio carbonio, C=C, con legami semplici C-C). Questo processo è simile a quello che si verifica nella fermentazione nel rumine, con formazione dell'acido grasso linoleico, un acido che, come abbiamo visto, ha effetti benefici sulla salute.

12.1.1 Prodotti fermentati

Per fermentazione si intende la conversione chimica di carboidrati, ad opera di microrganismi, in etanolo e acidi carbossilici. La natura chimica dei cibi, le qualità sensoriali e l'efficacia degli ingredienti bioattivi possono risultarne alterati.

Tra i prodotti alimentari derivanti dalla fermentazione vi sono in prima linea vino, birra e aceti; altri prodotti fermentati sono yogurt, sottoaceti, salsa di soia. Anche il tè nero è un prodotto fermentato delle foglie del tè; esso contiene un gruppo di fenoli, responsabili delle caratteristiche organolettiche della bevanda ottenuta dall'infuso o decozione delle foglie.

Le catechine sono i fenoli maggiormente presenti nelle foglie e sono ossidate dall'enzima polifenolossidasi e da perossidasi varie per dare teaflavine e tearubigine. Contemporaneamente intervengono altri enzimi, le glicosidasi, che liberano i fenoli dai vari glucosidi rilasciando gli aromi volatili, caratteristici del tè. Vi è tutta una serie di studi comprovanti le proprietà antiossidanti, antinfiammatorie e antitumorali di questa bevanda.

Per quanto riguarda le bevande alcoliche, esiste una ricca letteratura; per un approfondimento si rimanda al capitolo relativo.

Oltre alle proprietà antiossidanti e antiradicali, i composti fenolici hanno molte altre bio-attività; essi sono infatti modulatori del metabolismo lipidico, regolano la vasodilatazione e la pressione del sangue, concorrono alla modulazione dell'aggregazione piastrinica contribuendo alla cardioprotezione.

Un'altra bevanda alcolica molto popolare, con qualità salutari, è la birra. Anch'essa contiene antiossidanti, soprattutto di natura fenolica, vitamine del gruppo B, minerali come il selenio e fibre solubili, oltre a isoflavonoidi ed è una buona fonte di acido folico.

L'ossidazione dell'etanolo dà luogo alla formazione di acido acetico, il componente principale dell'aceto che, oltre ad essere un conservante e un condimento, è un potenziale cibo funzionale per la presenza di fitochimici, cioè di sostanze di origine esclusivamente vegetale che hanno la funzione di proteggere le piante dai parassiti. In generale, nell'area mediterranea, l'aceto deriva dalla fermentazione di materiali grezzi contenenti zucchero, amido come malto, cedro, frutta e uva. I fitochimici presenti nell'aceto dipendono dal materiale di partenza che ne determina la

qualità; oltre all'acido acetico, esso è ricco in polisaccaridi, proteine e composti fenolici che possono stimolare l'appetito e favorire l'assorbimento del calcio.

In Asia sono molto diffusi i prodotti della fermentazione della soia quali il miso, il tofu e il tempeh.

Durante la fermentazione ad opera di glicosidasi fungine vengono rilasciati degli isoflavoni, che possono giocare un ruolo importante in malattie ormono-dipendenti, disturbi cardiovascolari, neoplasie.

12.1.2 Nutraceutici dalle alghe

Le alghe marine contengono molti nutrienti, proteine, acidi grassi polinsaturi a lunga catena (PUFA), fibre, vitamine e minerali, oltre ad antiossidanti e altri prodotti bioattivi. Per queste ragioni esse vengono usate in varie diete per combattere malattie croniche e disturbi cardiovascolari.

Anche se il contenuto in lipidi delle alghe è molto basso, dallo 0,3% (*Ulva lactuca*) al 7% (*Caulerpa lentillifera*), esse sono ricche in PUFA, come l'acido eicosa-pentaenoico (EPA) C20:5, omega-3 e l'acido docosaesaenoico C22:6, omega-3 (DHA) e vengono usate per produrre oli ricchi in questi acidi.

L'attività antiossidante può provenire da pigmenti come clorofilla e carotenoidi, vitamine e precursori di vitamine come α -tocoferolo, β -carotene, niacina, tiamina, acido ascorbico, fenoli, polifenoli, idrochinone, fosfolipidi, in grado di inibire direttamente o indirettamente i processi ossidativi.

Sono anche presenti polisaccaridi quali alginati e fucani che, oltre a espletare un'attività antiossidante, sono fibre dietetiche con caratteristiche che non si ritrovano in piante terrestri.

Anche se originari delle alghe marine, gli oli omega-3 sono predominanti nei pesci e nei mammiferi marini che se ne nutrono, in particolare sgombri e aringhe, nel fegato di merluzzo o nel grasso di mammiferi marini quali foche e squali.

Gli omega-3 PUFA includono l'acido grasso essenziale α -linolenico (C18:3 omega-3, ALA) e i suoi metaboliti a lunga catena, derivanti dal suo allungamento e desaturazione quali EPA, DPA (acido docosapentaenoico, C22:5 omega-3). DHA e ALA sono anche riccamente presenti nei semi di lino e, in misura minore, nelle noci, nella soia e nella canola (Tabella 12.1).

Gli oli omega-3 trovano largo impiego nella prevenzione/terapia di molte malattie croniche e possono essere inclusi in prodotti da forno, pasta, latticini, succhi e integratori della dieta sotto forma di liquidi o di capsule.

Gli alimenti di origine marina sono di grande interesse per la nutrizione umana e nella prevenzione di malattie, come è stato dimostrato negli ultimi tre decenni. Vi sono crescenti evidenze secondo cui l'assunzione regolare di omega-3 PUFA può contribuire alla profilassi cardiovascolare. I meccanismi biochimico-molecolari alla base del valore dietetico degli omega-3 sono oggetto di studi molto approfonditi e al riguardo è facilmente disponibile, via internet, un articolo molto attuale di un ricercatore italiano, Raffaele De Caterina (De Caterina, 2011). Dal punto di vista storico, queste ricerche nascono circa 50 anni or sono da osservazioni di tipo epide-

Tabella 12.1 Contenuto in EPA e DHA (% sul totale degli acidi grassi) nel pesce. Adattato da Newton e Snyder (1997)

Pesce	EPA (%)	DHA (%)
Sardina	3	9-3
Acciuga (Pacifico)	18	11
Sgombro	8	8
Capelano	9	3
Aringa	3-5	2-3
Pesce d'acqua dolce	5-13	1-5

Tabella 12.2 Riassunto dei fitochimici e delle loro bioattività

Fitochimici	Fonte alimentare	Attività biologiche
Flavoni	Sedano, prezzemolo	Antiossidante, antiproliferativa, anti-ipertensiva, anti-tumorale
Flavononi	Agrumi	Anti-trombotica, blocco del ciclo cellulare, induzione enzimi fase-2
Flavonoli	Cipolle, tè, fagiolini, pomodori	Inibizione enzimi fase-1, inibizione ossidazione LDL, migliora tono vascolare
Flavan-3-oli	Tè, cacao, mele, piccoli frutti, fagioli	
Antocianidine	Fragole, mirtilli, ribes nero	
Isoflavoni	Soia	
Acidi fenolici	Caffè, crusca, semola, frutta	Antinfiammatoria
Lignani	Semi di lino, frutta, verdure	Estrogenica
Stilbeni	Uva, arachidi	Antiossidante, cardioprotettiva, prolunga la durata della vita
Fitosteroli	Frumento	Diminuzione livelli colesterolo
Carotenoidi	Pomodori, carote, peperoni	Antiossidante, antinfiammatoria, anti-tumorale

miologico sulla bassa incidenza di eventi cardiovascolari nelle popolazioni Inuit della Groenlandia, la cui dieta è molto ricca in PUFA omega-3 o n-3. Questi ultimi verrebbero convertiti nel nostro organismo a una serie molto diversificata di metaboliti “buoni”, caratterizzati da una debole attività pro-trombotica e da una significativa attività anti-aterogena e antinfiammatoria. A questo proposito, la American Heart Association (AHA) raccomanda una dieta ricca in ALA, EPA e DHA, con l'unica avvertenza riguardo all'origine degli alimenti, che devono essere privi di eventuali contaminanti (vedi, a parte, il caso mercurio).

Anche l'incidenza di tumori del colon, negli stadi pre- e post-iniziali, verrebbe ridotta da una dieta ricca in omega-3 e diversi studi sottolineano come sia importante ridurre il rapporto fra acidi grassi omega-6 e omega-3.

La ricerca sugli acidi grassi (omega-3, omega-6) e sugli alimenti ad essi correlati è molto attuale e i dati, sia sperimentali che epidemiologici, riportati dalla letteratura scientifica suggeriscono che possano giocare un ruolo importante anche nella salute mentale e in funzioni neuronali quali la visione, la depressione e la schizofrenia.

Un utile riassunto dei fitochimici e delle loro bioattività è riportato in Tabella 12.2.

12.2 Cibi funzionali

L'idea di alterare i cibi per renderli più salutari non è certamente nuova. Già nel 1905, in Olanda, Nutricia produceva per i diabetici un latte sterilizzato a basso contenuto di zuccheri. Per anni i supermercati hanno venduto pane arricchito in vitamine e minerali, latte con aggiunta di vitamina D e sale allo iodio. In anni recenti vi è stato un vero e proprio boom nel mercato dei cibi funzionali. Nel 2007 i cibi funzionali hanno rappresentato il 6% del mercato totale dell'industria alimentare negli Stati Uniti e il settore sta crescendo a ritmi tre volte più rapidi rispetto a quelli dell'industria alimentare in genere (Stafford, 2009). La Nestlé Nutrition, nel 2008, ha chiuso l'esercizio con vendite per 10,4 miliardi di franchi svizzeri, che costituiscono circa il 10% delle vendite totali del gruppo. Cosa si intenda esattamente per cibo salutare è ancora materia di dibattito ed esistono diverse scuole di pensiero che vanno dai nutraceutici, al cibo medicale, al cibo funzionale. Quest'ultimo è il settore più significativo e deve il suo nome alla presenza di ingredienti funzionali, la cui attività è focalizzata su certe funzioni del nostro organismo. I cibi funzionali includono prodotti come gli yogurt probiotici, indicati per il tratto digestivo o i succhi d'arancia con aggiunta di calcio, per le ossa. Il centro di ricerca della Danone comprende 200 ricercatori, quello della Nestlé a Losanna coinvolge uno staff di 700 persone, di cui 300 ricercatori.

Nel luglio 2008, la Danone ha annunciato di avere completato la prima sperimentazione clinica del Souvenaid, una bevanda multinutriente progettata per migliorare la funzione cognitiva in pazienti con sintomi di Alzheimer e lo sviluppo di cibo funzionale collegato all'HIV è attualmente in fase preclinica di studio.

A differenza della Danone, che pone l'enfasi sul cibo medicale, la Nestlé non si dedica a questo comparto, privilegiando prodotti con solo benefici nutrizionali, come cereali per la colazione, zuppe o surgelati, indicati per consumatori in buona salute che vogliono continuare a star bene o migliorare lo stato di salute.

Tra le grandi industrie che si sono concentrate sulla progettazione di cibi funzionali, cioè cibi che contengono ingredienti salutari, va ricordato il gigante Unilever, le cui ricerche sono focalizzate nel ridurre i grassi "cattivi" contenuti nei cibi e nel creare alimenti che contengono ingredienti benefici quali vitamina D e acidi grassi omega-3 o n-3. L'obiettivo è quello di rendere quanto più possibile salutari la margarina, gli oli per condire e per cuocere. È in gioco un gigantesco interesse economico, dato che nel 2007 il prezzo degli oli vegetali è triplicato nel giro di un anno. Le industrie alimentari devono anche riguadagnare il favore dei consumatori e, a questo scopo, hanno abbassato i livelli di zuccheri, sale, acidi grassi *trans*. Unilever ha eliminato dalla margarina i grassi parzialmente idrogenati e gli acidi *trans*, dato il loro coinvolgimento nella patogenesi di patologie cardiovascolari.

È ormai comunemente accettato che i grassi di origine vegetale sono da preferire a quelli di origine animale. Chi mangia pesce due volte alla settimana introduce nell'organismo acidi grassi che sono alla base di meccanismi di cardioprotezione. Ma, essendo il pesce un alimento costoso, si è pensato di incorporare questi acidi grassi nelle margarine. Per fare questo si devono risolvere alcuni problemi tecnologici non irrilevanti; infatti, emulsioni strutturate, come la margarina, erano tradizionalmente stabilizzate con derivati della glicerina (triacetilgliceroli), che formano un reticolo

cristallino capace di contenere grandi quantità di acidi grassi saturi. Attualmente, per preparare un'emulsione alternativa contenente una minima quantità di cristalli di grasso, si scioglie il grasso in anidride carbonica super critica (CO₂ liquida sotto pressione). L'anidride carbonica viene poi riportata allo stato gassoso (facendola espandere a pressione atmosferica); si formano cristalli di grasso molto piccoli e con una grande area superficiale, che stabilizzano l'emulsione della margarina.

Anche l'incorporazione di acidi grassi omega-3 comporta alcuni problemi, vista la facilità con cui si ossidano, conferendo al cibo uno sgradevole gusto di pesce. Per evitare ciò si ricorre all'aggiunta di sostanze chelanti e di antiossidanti.

Anche le bevande a base di probiotici rappresentano una sfida per l'industria alimentare, data la loro sensibilità alla luce; in questo caso, si interpone un sottile film di materiale nero all'interno della confezione in vetro, per evitare l'esposizione alla luce.

La priorità assoluta per i cibi confezionati come yogurt o ketchup è assicurarsi che non vi siano contaminazioni microbiche, dato che i microbi si riproducono velocemente in alimenti ricchi di acqua. Questo comporta che le chiusure dei contenitori siano a tenuta perfetta.

Nel caso di prodotti di origine marina, in particolare a base di pesce, è importante disporre di un metodo analitico che sia il più rapido, sensibile e accurato possibile per determinare le contaminazioni batteriche dovute a *Pseudomonas*. In assenza di una corretta conservazione o di un rapido congelamento del pescato, i batteri proliferano, producendo metaboliti sgradevoli, che alla lunga lo rendono immangiabile. Per decidere quanto esso sia fresco, si ricorre ad analisi mediante RT-PCR che permettono di ridurre i tempi di analisi rispetto a metodi tradizionali.

12.3 Integratori

Tre persone su dieci, in Inghilterra, ricorrono a integratori. La maggior parte di questi ultimi contengono antiossidanti comuni e le vitamine A, C ed E.

Gli antiossidanti, come abbiamo sottolineato più volte, sono in grado di catturare i radicali liberi e non vi è dubbio che una dieta ricca in frutta e verdure, che contengono antiossidanti, sia consigliabile, in quanto si accompagna a un miglioramento generalizzato dello stato di salute. I radicali liberi provocano gravi danni, in particolare quelli derivanti da specie reattive dell'ossigeno atmosferico, ma non dobbiamo sottovalutare il rischio associato ai comuni ossidanti chimici. Essi determinano la perdita di un atomo di idrogeno in un legame -C-H, con conseguente presenza di un elettrone spaiato su questo atomo di carbonio, il che rende i radicali liberi intermedi instabili che reagiscono immediatamente con le molecole e le macromolecole presenti nei sistemi biologici e ne alterano le proprietà.

Gli antiossidanti naturali, presenti nel nostro organismo, neutralizzano la maggior parte di questi radicali, ma quelli che sfuggono producono danni, DNA incluso. Con la cronicizzazione, il danno può raggiungere un livello tale da provocare mutazioni che possono essere alla base di certi tumori. È documentato il coinvolgimento dei radicali liberi nella genesi di disturbi neurodegenerativi e cardiovascolari; il ricorso ad antiossidanti con funzione preventiva è quindi pienamente giustificato.

È accertato che i soggetti che hanno alti livelli ematici di vitamine A, C, E e di β -carotene hanno una minore probabilità di manifestare gravi patologie quali cancro, diabete o disturbi cardiaci, ma resta da chiarire se questo sia dovuto alla presenza di alte dosi di antiossidanti o più semplicemente a una dieta, nel suo complesso, più equilibrata. La maggior parte degli studi controllati, condotti in Europa e negli Stati Uniti e volti a confrontare l'effetto degli antiossidanti esogeni, cioè assunti con la dieta, in confronto con placebo, non hanno mostrato alcun effetto benefico. Studi mirati, condotti a metà degli anni '90 su gruppi di fumatori, a cui veniva somministrato β -carotene, non hanno mostrato alcun effetto positivo per quanto riguarda l'insorgenza dei tumori polmonari; anzi, due studi hanno evidenziato un aumento del rischio di questa neoplasia in fumatori trattati con β -carotene. Uno di questi studi è stato coordinato nel 1992 dall'US National Cancer Institute, l'altro nel 1993 da un gruppo di ricercatori danesi. Nello studio danese, ai fumatori sono stati somministrati vitamina E e β -carotene e i risultati, sorprendentemente, hanno messo in luce un aumento del 23% di casi di cancro alla prostata.

Le forme sintetiche delle vitamine sono molto diverse dai complessi delle vitamine naturali presenti nei cibi. Ad esempio, la vitamina E naturale è una miscela di quattro tocoferoli e quattro tocotrienoli, ma la vitamina E usata negli studi clinici è costituita da solo α -tocoferolo. Inoltre, va considerato che nelle diete dei paesi occidentali è presente più γ -tocoferolo che α -tocoferolo e questo ovviamente può alterare il significato dei risultati clinici.

Molti carotenoidi assorbiti dal nostro organismo sono contenuti in frutta e vegetali crudi ma, se si assumono dosi elevate di β -carotene, queste possono bloccare l'assunzione di altri carotenoidi.

Vi è poi il delicato problema di che cosa rappresenti "la giusta dose". Un classico pregiudizio nella nutrizione è quello di ritenere che se una certa quantità, ad esempio 10 microgrammi (1 microgrammo = 1/1000 di milligrammo) di una certa vitamina ha effetti salutari, una maggior quantità della stessa dia ulteriori benefici. Niente di più sbagliato, non vi è una correlazione rigorosamente lineare fra dosi assunte e vantaggi nutrizionali e alte dosi di vitamine possono avere, al contrario, effetti negativi sulla salute.

In realtà, non sappiamo con certezza quale sia la dose ottimale degli integratori antiossidanti, anche se questa è probabilmente modesta e varia comunque da persona a persona.

Va inoltre tenuto presente che una concentrazione moderata di specie reattive dell'ossigeno è essenziale per le reazioni di "citotossicità" che inducono danno alle cellule, incluse quelle precancerose; i detriti delle cellule danneggiate sono successivamente eliminati ad opera del processo di fagocitosi. Bisogna anche sottolineare che alti livelli di antiossidanti potrebbero alterare in modo significativo il bilancio *redox* fisiologico, un momento fondamentale dei processi di respirazione cellulare e fotosintesi.

13.1 Biotecnologie del cibo

La quasi totalità di piante attualmente coltivate è il frutto di decine di migliaia di anni di selezione genetica a partire da piante selvatiche. Gli scambi di geni fra varietà e specie hanno portato molto spesso a profonde modificazioni nella morfologia della pianta selvatica iniziale, come ad esempio nel progressivo passaggio dalla teosinte (*Euchlaena mexicana*) al mais. Molte specie come il tabacco, il frumento, la colza sono state addomesticate dall'uomo sotto forma di anfignoidi (addizioni di genomi differenti).

Il grande aumento della produttività agricola osservato negli ultimi due secoli è dovuto in buona parte all'ibridizzazione sessuata intra- o inter-specifica delle piante e allo sfruttamento di mutanti.

Anche se le prime rudimentali applicazioni biotecnologiche risalgono a più di ottomila anni fa, la conoscenza nel pubblico dei concetti fondamentali della biotecnologia e dell'ingegneria genetica sono un fenomeno relativamente recente. Spesso, i termini biotecnologia e ingegneria genetica sono usati come sinonimi, ma in realtà la biotecnologia ha una connotazione molto più ampia.

L'ingegneria genetica comprende un insieme di tecniche biologiche moderne, che consentono di manipolare il patrimonio genetico di un organismo introducendo, modificando o eliminando dei geni specifici. Essa consente di trasferire geni tra specie non correlate e di generare organismi geneticamente modificati (OGM), che presentano caratteristiche addizionali o modificate, codificate dai geni introdotti *ex novo*.

A sua volta, per biotecnologia si intende una qualsiasi applicazione tecnologica che utilizzi sistemi biologici, organismi viventi o loro derivati per ottenere o modificare prodotti o processi per usi specifici.

La prima pianta geneticamente ingegnerizzata è stata quella del tabacco; in essa fu inserito nel 1983 un gene di resistenza agli antibiotici, mentre il primo cibo (OGM) approvato è stato il pomodoro *Flavr Savr*, prodotto dalla società californiana Calgene. Venduto a partire dal 1994, fu ritirato dal commercio dopo alcuni anni, nonostante la FDA avesse dichiarato che non vi erano evidenze di rischi per la salute e che il suo valore nutrizionale era rimasto inalterato.

In agricoltura e nella tutela dell'ambiente, l'applicazione delle biotecnologie nella produzione del cibo offre vantaggi potenziali sia per il consumatore che per il produttore. Per esempio, l'inserzione nel genoma della pianta di un gene d'origine batterica (il *Bacillus thuringiensis*, *Bt*), che codifica l'espressione di una proteina tossica per tre classi di insetti, lepidotteri, coleotteri e ditteri, ma innocua per i mammiferi e per l'uomo, conferisce al mais una grande resistenza a un insetto distruttore (*Ostrinia nubilalis*). Quest'ultimo scava cunicoli nel culmo e nelle pannocchie, provocando, nella pianura padana, un danno valutato nell'ordine del 5% della produzione di mais. D'altra parte, l'introduzione nell'agricoltura delle piante così trasformate ha anche ridotto in modo molto significativo l'impiego di pesticidi.

Gli erbicidi, invece, agiscono nella maggior parte dei casi fissandosi in modo selettivo su una proteina che catalizza una tappa chiave nella sintesi di molecole essenziali per la pianta. Così, la modifica apportata nella pianta al sito di fissazione del glifosato (un erbicida commercializzato sotto il nome di *Round-up*), conferisce alla proteina bersaglio una capacità di resistenza (insensibilità) a questo erbicida. In altri termini, l'inserzione nel genoma della pianta del corrispondente gene modificato porta a una pianta che tollera il glifosato. Questa nuova caratteristica, che non differisce da ciò che si sarebbe ottenuto a seguito di una mutazione spontanea, permette l'utilizzo di un erbicida totale senza alterare la crescita della specifica coltura così trasformata.

Anche la conoscenza sempre più avanzata del metabolismo della pianta, acquisita mediante studi di mutazioni selettive, consente di cambiare le qualità nutrizionali e gustative degli alimenti in essa contenuti, oltre ad aumentarne la resistenza ai diversi stress quali temperatura, salinità, siccità, attacchi batterici, funghi, virali, ecc.

La produzione e l'uso di OGM presenta quindi grandi opportunità ma provoca, allo stesso tempo, preoccupazioni di tipo etico, di salvaguardia dell'ambiente e di sicurezza. A dispetto di queste potenzialità e dell'entusiasmo della comunità scientifica, specialmente in Europa vi sono seri dubbi sulle piante e i cibi ingegnerizzati. Le preoccupazioni principali possono essere così riassunte:

- I cibi ingegnerizzati possono essere mangiati in tutta sicurezza?
- I regolamenti posti in atto da ogni singola nazione sono sufficienti a tutelare la salute dei consumatori?
- Questi prodotti sono sicuri per l'ambiente? in che misura ne risentirà la biodiversità? quanto influiranno sulle altre piante, sugli insetti e sui volatili?
- In che misura le nuove tecnologie influiranno sull'agricoltura tradizionale, la vita rurale e, soprattutto, le coltivazioni biologiche?
- In che misura le multinazionali, come la Monsanto, condizioneranno il mercato?

Vi è quindi tutta una serie di perplessità e timori provocate dalla crescita esponenziale della capacità dell'uomo di alterare il corredo genetico. Le biotecnologie e/o i prodotti da esse derivanti provocano controversie molto vivaci, che hanno spinto certi estremisti a praticare addirittura vere e proprie forme di ecoterrorismo, come è accaduto nel caso dell'attacco nel 2001 ai laboratori di genetica di Toby Bradshaw dell'Università di Washington, Seattle, che ha causato danni per 3 milioni di dollari (Service, 2001).

È evidente che è necessario, da parte della comunità e degli stessi produttori, un dialogo molto più aperto che nel passato, che dia risposte convincenti a questi inter-

rogativi, rimediando i gravi danni prodotti dall'aggressiva campagna promozionale a favore dei cibi ingegnerizzati utilizzata inizialmente dall'industria.

A questo proposito, non si può non ricordare il caso di *Terminator*, un sistema così chiamato dai suoi detrattori con grande efficacia mediatica. Le cosiddette tecnologie *gene terminator* producono semi sterili, il che impedisce alla semente di germogliare al secondo raccolto; in tal modo si impedisce ai coltivatori di conservarli per una semina successiva. Queste tecnologie consistevano nel prevenire la disseminazione dei transgeni nell'ambiente, associando ad essi un altro transgene la cui espressione impediva, nei grani ottenuti, lo sviluppo dell'embrione. L'industria che ne aveva programmato l'utilizzo, acquisito il know-how e i diritti d'uso, alla fine non ha dato seguito al progetto, ma questo ha comunque causato grande sconcerto nell'opinione pubblica.

D'altra parte, i ricercatori e i politici sono ben consapevoli che, per vincere la sfida della sicurezza alimentare dei nove miliardi di persone previsti per il 2050, è indispensabile il contributo della ricerca del settore privato. Per la Monsanto, il budget annuale per la sola ricerca è di 1,2 miliardi di dollari, una cifra superiore al totale delle spese in campo agricolo del governo federale degli Stati Uniti nel 2007, pari a 1,1 miliardi di dollari (il dato più recente disponibile) (Gilbert, 2010).

Né si possono ignorare i delicati problemi connessi all'accesso alle proprietà intellettuali di tecnologie cruciali, quali i marker genetici e le sequenze dei geni chiave e dei *promoters* che guidano l'espressione genica, in mano ai settori privati. Senza i vantaggi che possono derivare da questa proprietà intellettuale, le multinazionali avrebbero pochi incentivi a investire nella ricerca, ma questo è in contrasto con gli interessi della collettività, soprattutto nei paesi in via di sviluppo. Per questi ultimi, i vantaggi potenziali delle piante biotecnologiche, per quanto sostanziali, non saranno risolutivi a meno che i semi non vengano loro forniti a costo zero o a un valore nominale. Questo implica pesanti investimenti pubblici da parte dei governi nazionali.

Modificazioni genetiche di piante, funghi e batteri dell'acido lattico sono da tempo largamente impiegate nella produzione di cibo (soprattutto le modificazioni di piante) e come fonte di ingredienti. Più che per l'utilizzo di questi ultimi come tali, le maggiori preoccupazioni sono quelle che riguardano l'impiego di OGM nei cibi.

Infatti, è relativamente facile provare la purezza e le proprietà di un ingrediente OGM, dal momento che è sufficiente confrontare le sue proprietà con quelle del corrispondente organismo non modificato. Gli analisti possono, ad esempio, identificare facilmente la soia e il mais OGM come tali, ma tutto diventa molto più difficoltoso quando essi vengono trattati e mescolati in cibi composti e complessi. Per questa ragione, nel 1998, dopo un lungo dibattito, l'Unione Europea ha deciso l'obbligo di etichettatura di tutti i prodotti, sia impacchettati che sfusi, contenenti soia o mais OGM.

Vi sono vari metodi per individuare organismi OGM; secondo la legislazione che regola l'obbligo di etichettatura, si possono utilizzare sia metodi basati sull'analisi delle proteine, che metodi basati sullo studio del DNA. I primi metodi analitici, che utilizzano anticorpi o enzimi, consentono di individuare i prodotti sulla base del nuovo gene introdotto o dei metaboliti ad esso collegati. I vantaggi del metodo basato sull'analisi delle proteine (ELISA) sono la facilità d'impiego, il basso costo e la possibilità di ottenere risultati in tempo reale. I limiti sono quelli legati alla va-

riabilità dei livelli di espressione delle proteine, monitorate nei diversi tessuti delle piante, che può precludere un'appropriatezza determinazione quantitativa.

Un'altra limitazione deriva dalla termolabilità delle proteine, che fa sì che questa metodica possa essere usata solo su cibi freschi o cibi allo stato grezzo e non su quelli trattati.

Al contrario, i metodi basati su una tecnica di amplificazione del DNA, specifica e sensibile, (la cosiddetta *Polymerase Chain Reaction*, PCR) possono essere applicati a organismi OGM durante tutta la catena alimentare. Essi sono affidabili per identificare modificazioni genetiche e per questo sono quelli preferiti dai ricercatori.

Un esempio di applicazioni della PCR in tempo reale (RT-PCR) è rappresentato dalle accurate determinazioni quantitative di OGM nei semi di soia *Roundup Ready* (RR), nella farina di soia, nel semolino, nel cibo per animali, nei fiocchi di granoturco (corn-flakes) e nell'amido (Shrestha et al., 2010).

Per tutte queste ragioni, al fine di provare la sicurezza delle piante geneticamente modificate usate come alimenti, è assolutamente indispensabile approfondire le conoscenze di genomica (studio del genoma degli organismi viventi), proteomica (identificazione e caratterizzazione di proteine) e metabolomica (studio dell'insieme di tutti i metaboliti di un organismo).

D'altra parte, i progressi ottenuti negli anni sessanta nella produzione di cibo attraverso la *Rivoluzione Verde*, così chiamata per i grandi progressi di produttività resi possibili dalla creazione di nuove varietà di riso, frumento e mais ad alte rese, hanno da tempo raggiunto un limite, mentre la popolazione continua a crescere.

Diventa a questo punto necessaria una seconda *Rivoluzione Verde*, abbinata a una moderna ingegneria genetica, se si vuole aumentare la produzione dei raccolti anche in terre meno favorite e individuare nuove varietà vegetali in grado di tollerare siccità, salinità e mancanza di nutrienti del suolo.

Ai giorni nostri il riso rappresenta la dieta base per più di tre miliardi di persone e le sue rese dovranno raddoppiare prima del 2050, per soddisfare le necessità nutrizionali della popolazione in continua crescita. Bisogna anche tenere presente che tra il 10 e il 30% del raccolto annuale va perduto a causa dell'infezione da parte del fungo *Magnaporthe oryzae*.

Nessuno ama i pesticidi, ma non dimentichiamo che, se non ci fossero, non esisterebbe dal 40 al 50% del cibo, bisognerebbe raddoppiare la superficie dei terreni coltivati per soddisfare le necessità alimentari dell'attuale popolazione mondiale e sarebbe impossibile sfamare in prospettiva 9 miliardi di persone. La protezione dei raccolti con prodotti chimici quali pesticidi, erbicidi, fungicidi e insetticidi è vitale per ottenere raccolti con alte rese.

Lo sviluppo di un nuovo pesticida costa circa 250 milioni di dollari e sono necessari circa dieci anni per completare le prove di sicurezza e tossicità per gli uomini e per l'ambiente. Ma anche se disponiamo di dati sufficienti e sicuri, i prodotti chimici continuano ad essere guardati con sospetto. Esempio sotto questo profilo è stato il caso dell'atrazina. Questo erbicida (2-cloro-4 etilammino-6-isopropilammino-1,3,5-triazina) è stato per la prima volta registrato negli Stati Uniti dalla Geigy nel 1956 ed è diventato l'erbicida usato nel 75% di tutte le coltivazioni di granoturco di quel paese.

Tuttavia, l'atrazina è stata proibita in Europa dal 2003, per il timore che i suoi residui potessero contaminare le falde acquifere. Già nel 2006 l'EPA (*Environmental Protection Agency*, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente) degli Stati Uniti sosteneva che: “[...] c'è una ragionevole certezza che non vi possa essere alcun danno per la popolazione complessiva degli Stati Uniti, bambini compresi [...]” ma, nonostante questo segnale tranquillizzante, l'atrazina continua a rappresentare un caso politico.

Già nel 1998 sei multinazionali (Astra-Zeneca, Aventis, Dow, Dupont, Monsanto e Novartis) avevano utilizzato i loro OGM su una superficie pari a 29 milioni di ettari di terreni in tutto il mondo, esclusa la Cina. Nello stesso anno, il 40% del cotone, il 35% dei semi di soia e il 25% di mais prodotto negli Stati Uniti erano costituiti da varietà OGM.

Nel 2009, dopo 13 anni di commercializzazione, sono stati prodotti globalmente raccolti transgenici su 135 milioni di ettari, in 25 nazioni.

Una pietra miliare della sicurezza delle coltivazioni OGM è costituita dalla cosiddetta equivalenza della composizione, che viene verificata e regolata da organismi internazionali e valutata caso per caso.

L'esame delle eventuali modificazioni delle proprietà nutrizionali della pianta transgenica si basa su un approccio di tipo comparativo. Si cercano gli effetti “non voluti” derivanti dalla modificazione genetica o le eventuali interazioni fra la nuova proteina e il metabolismo che caratterizza le piante non trasformate. Si confronta, a questo scopo, la composizione dei nutrienti principali della pianta transgenica con quella delle linee isogeniche (linee geneticamente identiche), non geneticamente modificate. Si cercano anche i fattori antinutrizionali e i fattori tossici eventualmente presenti nella specie (per esempio, la solanina nelle patate). Perché il confronto sia corretto, la pianta transgenica deve essere coltivata nelle condizioni del suo utilizzo futuro. In questo modo si dimostra l'equivalenza fra la pianta geneticamente modificata e quella non geneticamente modificata.

Sono stati finora completati molti studi di equivalenza di prodotti transgenici per cotone, soia, grano, riso, patate e in tutti i casi la composizione delle coltivazioni transgeniche è risultata equivalente a quella delle piante non transgeniche (Herman et al., 2009).

La composizione normale di molte coltivazioni non transgeniche mostra un'ampia variabilità e, tuttavia, queste coltivazioni continuano ad essere considerate sicure. Alcune, come le patate, contengono componenti endogeni che, ad alte concentrazioni, possono essere tossici per uomini e animali. Per queste ragioni le nuove varietà di queste coltivazioni sono continuamente monitorate, indipendentemente dai metodi usati per generarle.

Anche se da più di dieci anni è stata dimostrata la totale assenza di cambiamenti di composizione nei prodotti transgenici, le regole internazionali diventano paradossalmente sempre più rigorose senza che ne venga data alcuna giustificazione scientifica e questo rappresenta un forte ostacolo all'innovazione.

Le principali caratteristiche introdotte nelle piante OGM sono state, come già accennato, la resistenza agli erbicidi e la tolleranza-resistenza agli insetti, con conseguenze positive sull'ambiente nel trattamento di erbe infestanti, contaminazioni della falda freatica, suolo e aria.

La resistenza agli insetti ha ridotto l'uso di insetticidi e pesticidi ma, nonostante gli studi scientifici riguardanti gli ovvi vantaggi delle coltivazioni transgeniche, questi non sono riconosciuti unanimemente. Secondo C.M. Brenbrook, la varietà transgenica del grano Bt (*Bacillus thuringiensis*) ha consentito la riduzione dell'uso di pesticidi, ma solo nei primi tre anni e non negli anni successivi. In ogni caso, la varietà di grano transgenico Bt ha dimostrato di poter resistere efficacemente ai principali infestanti per più di un decennio, con benefici economici per gli agricoltori degli Stati Uniti valutati in miliardi di dollari. Un risultato recente, non del tutto sorprendente, è rappresentato dal fatto che i maggiori benefici economici dal 1996 al 2009 hanno riguardato le coltivazioni di grano non Bt poste in prossimità di coltivazioni di grano Bt (Hutchinson et al., 2010).

Indubbiamente, la controversia circa i costi, i rischi e i benefici dell'agricoltura biotecnologica non è ancora del tutto risolta (Batista e Oliveira, 2009). Per guadagnarsi la fiducia dei consumatori, le piante OGM attualmente in sviluppo dovranno dimostrare di poter dare cibi chiaramente riconoscibili come più salutari, caratterizzati cioè da un maggior contenuto di vitamine, da una capacità di poter durare più a lungo sugli scaffali, da un complessivo profilo nutrizionale convincente e affidabile.

Anche a questo proposito, la tecnologia OGM può essere applicata con successo alla produzione di piante con migliori qualità nutrizionali. Un gran numero di persone nei paesi in via di sviluppo vive con una dieta costituita da pochi alimenti base (cassava, frumento, riso e grano), povere di alcuni macronutrienti (carboidrati, lipidi e proteine) e di molti micronutrienti essenziali (17 minerali e 13 vitamine). La mancanza di questi ultimi mette a rischio 250 milioni di bambini e per mancanza di vitamina A mezzo milione di bambini rischiano la cecità. Miliardi di persone sono, a loro volta, a rischio per carenza di ferro e 1,5 miliardi per carenza di iodio (Della-Penna D, 1999). Da ciò deriva la necessità di modificare direttamente i livelli di micronutrienti nei raccolti di piante alimentari.

Uno degli sviluppi più sensazionali finora realizzati in questo senso è stata l'introduzione, nei grani di riso, di geni in grado di produrre β -carotene, il precursore della vitamina A. Il β -carotene è un pigmento necessario per la fotosintesi presente nei tessuti verdi di tutte le piante. Esso è presente anche nelle parti verdi del riso, ma non nei chicchi. Per indurre le cellule del cereale a produrlo nei grani, gli esperti di ingegneria genetica hanno aggiunto nel suo rizoma il gene della fitene sintetasi del mais e quello della carotene desaturasi della *Erwinia uredovora* (un batterio fitopatogeno). I grani di questa nuova varietà transgenica (*golden rice 2*) hanno un colore giallo-oro e contengono 35 microgrammi di β -carotene per grammo di riso secco, in forma biodisponibile per l'uomo e in quantità sufficiente da consentire agli abitanti di regioni povere di godere di un supplemento di vitamina A (Tang et al., 2009). Gli scienziati hanno anche aggiunto al riso i geni in grado di triplicare il contenuto di ferro nutrizionale.

In conclusione, anche se la stragrande maggioranza degli studi hanno dimostrato che non vi sono rischi, restano alcune preoccupazioni riguardanti il potenziale trasferimento orizzontale di materiale genetico da un organismo a un altro, senza che fra i due organismi vi sia alcuna relazione di parentela. Per trasferimento genetico orizzontale si intende quello relativo al trasferimento genetico tra individui appartenenti alla stessa

specie o a specie diverse, attraverso processi diversi da quello di una normale riproduzione dai genitori ai discendenti, detto trasferimento genetico verticale.

Ne è un esempio recente quello relativo alla soia (*Glycine max*), una delle coltivazioni strategiche OGM, dato che rappresenta il 64% della soia consumata nel mondo. Nel caso del *Golden rice*, gli autori (Tang et al., 2009) hanno monitorato i consumatori per quanto riguarda gli eventuali effetti negativi dovuti al consumo del *Golden rice*, ma non hanno riscontrato alcuna controindicazione, incluse reazioni allergiche e disturbi intestinali. Essi però insistono sul fatto che, prima di fare asserzioni definitive sulla sicurezza per uso umano, vi sia la necessità di meglio capire quali possano essere le conseguenze a seguito di un'esposizione cronica nel consumo dell'alimento. Questo è un problema generale per l'utilizzo degli OGM, conoscere gli effetti a lungo termine su un grande numero di consumatori.

Per queste ragioni, la chiave di volta della regolamentazione riguardante gli OGM è certamente l'accurata valutazione dei rischi ad essi associati. Lo studio della tossicità potenziale delle nuove proteine che le piante transgeniche sintetizzano e la loro eventuale allergenicità restano degli obiettivi prioritari per i ricercatori.

Sarebbe di per sé un grande progresso la stipula di un accordo che riconosca le buone ragioni di chi spinge a favore di una riduzione delle regolamentazioni sui raccolti di prodotti geneticamente modificati, senza comprometterne la sicurezza. In questa prospettiva, varietà di interesse pubblico, quali golden cassava, golden banana, riso ricco in zinco e proteine, potrebbero passare dal banco allo stomaco in cinque anni, anziché in quindici (Potrykus I, 2010), un grande risultato per le biotecnologie del cibo.

13.1.1 Patate geneticamente modificate

La patata è originaria del Perù ed è conosciuta in Italia fin dal Cinquecento. La sua diffusione, nel corso del XVIII secolo, rappresentò come nel caso del mais un antidoto alla fame, come indicato dalla singolare coincidenza delle date di introduzione della sua coltivazione nei diversi paesi con quelle delle carestie. In molti paesi, soprattutto nell'Europa centro-settentrionale, ha rappresentato il cibo d'emergenza per tutto il diciottesimo e diciannovesimo secolo, quando la dieta contadina conobbe un grande impoverimento qualitativo a causa dell'aumento della popolazione europea. Fu per questa ragione che in seguito alla perdita di due raccolti di patate, tra il 1845 e il 1852, causata da una micosi, un terzo della popolazione irlandese, falcidiata dalla fame e dalle malattie, emigrò negli Stati Uniti.

La Commissione Europea ha autorizzato, il 2 marzo 2010, la coltivazione, per uso industriale e quindi non destinata al consumo alimentare, della patata geneticamente modificata (OGM) Amflora della BASF; è la prima volta in 12 anni che viene autorizzata la coltivazione di un nuovo OGM. Lo scopo è quello di produrre amido con amilopectina pura per applicazioni nell'industria della carta, dei tessili e degli adesivi.

È stata anche rilasciata un'autorizzazione complementare che permette di usare i sottoprodotti dell'amido per produrre mangimi. Secondo alcuni, questo OGM contiene un gene resistente agli antibiotici, che potrebbe indurre resistenza ai farmaci

se venisse rilasciato nell'ambiente, ma la sicurezza della patata Amflora è stata accertata da anni dalla European Food Safety Authority.

Vi sono ancora in lista d'attesa 17 prodotti OGM da utilizzare per la coltivazione, assieme a 44 prodotti OGM per alimenti.

13.2 Nutridinamica

Negli ultimi dieci anni è aumentata la richiesta da parte del mercato di cibi funzionali, ad esempio alimenti, bevande e altri prodotti contenenti fitosteroli per abbassare il colesterolo.

Un altro esempio è rappresentato dalla fortificazione degli alimenti con vitamine, ad esempio acido folico, una strategia comune negli Stati Uniti, così come l'espansione del mercato dei probiotici. Sono anche in via di sviluppo nuove categorie di cibi funzionali, contenenti ingredienti bioattivi, generati per via enzimatica o per fermentazione microbica da alimenti grezzi.

In molti casi, la struttura molecolare di questi ingredienti bioattivi è nota, ma mancano le informazioni sulle loro interazioni con le altre componenti dell'alimento, sul loro destino una volta ingeriti e sul loro metabolismo finale.

È perciò necessario identificare quali siano i fattori chiave che influenzano la biodisponibilità (nutricinetica) e la bioefficacia dei componenti del cibo, così come l'analisi dei processi a cui essi sono sottoposti e il loro impatto fisiologico.

Questi fattori sono correlati alla matrice del cibo e al modo in cui i diversi componenti interagiscono fra di loro. Ciò porta al nuovo concetto di nutridinamica, una disciplina che si propone di studiare come le componenti del cibo siano influenzate dalla matrice di questo e dal cibo stesso e quali possano essere le ricadute (gli effetti) esercitati sul nostro organismo.

Incominciamo considerando i carboidrati, uno dei componenti principali del cibo e di grande importanza, dato l'impatto che l'indice glicemico ha sulla salute e sull'obesità; quest'ultima è provocata da uno sbilanciamento fra il cibo assunto e l'attività fisica, anche se possono intervenire fattori genetici.

Sono state proposte varie diete per ridurre il peso corporeo e la sindrome metabolica, inclusa dislipidemia e resistenza all'insulina, che porta a diabete di tipo 2 e a complicazioni cardiovascolari. A questo scopo vengono consigliate diete con bassa energia, con pochi acidi grassi saturi e carboidrati raffinati. Tuttavia, vi sono pochi dati a sostegno dell'efficacia dei cibi funzionali per ridurre i problemi legati al peso e vi sono pochi studi interventistici di sufficiente durata riguardanti l'impatto della dieta su patologie come diabete e obesità.

Vanno evitati picchi elevati di glicemia in seguito ad assunzione di carboidrati; dopo ingestione di bevande o cibi base come il pane bianco o riso (contengono amido facilmente digeribile) si verifica un brusco rialzo glicemico postprandiale.

I carboidrati possono coprire il 60% delle necessità energetiche quotidiane che devono essere soddisfatte evitando gli effetti negativi dovuti a un'elevata glicemia.

Va tenuto presente che i tipi di carboidrati presenti in materiali grezzi o prodotti alimentari e le interazioni che hanno luogo durante la preparazione del cibo, in-

fluenzano le loro proprietà bioattive, la digeribilità, la cinetica e gli effetti postprandiali. In altri termini, la biodisponibilità dei carboidrati è determinata, oltre che dall'identità chimica, anche dalla forma fisica del cibo.

I carboidrati possono essere classificati in due categorie principali, quelli che possono essere digeriti e assorbiti nell'intestino piccolo (intestino tenue) e i carboidrati non glicemici, quelli che raggiungono il grande intestino (intestino crasso), in larga misura sotto forma non modificata.

Questi ultimi comprendono i polimeri delle cellule della parete vegetale e i cosiddetti oligosaccaridi non digeribili, i prebiotici (si veda la voce in proposito). Essi vengono convertiti dalle colonie microbiche in acidi grassi a corta catena, che agiscono da "carburante" per il nostro corpo senza aumentare in modo significativo la glicemia.

L'indice glicemico dei carboidrati (*Glycemic Index*, GI) riflette la rapidità con cui uno zucchero polimerico (complesso) si converte in glucosio del sangue, mentre il carico glicemico (*Glycemic Load*, GL) riflette la quantità di cibo glicidico che modifica la glicemia. GL è un parametro più significativo rispetto a GI, sia in termini nutrizionali che per quanto riguarda problemi di peso, poiché condensa, in un unico valore numerico, qualità e quantità di carboidrati assunti.

In soggetti sani, il pane di segala abbassa la risposta insulinica postprandiale rispetto al pane bianco. Esiste inoltre una correlazione fra l'idrolisi dell'amido e la struttura della matrice e dei suoi granuli. Il comportamento dell'amido varia anche in funzione di processi quali la cottura in forno o la frittura. Nel caso delle patate, ad esempio, la frazione di amido resistente è alta nelle patate grezze, ma è bassa (circa 1%) nelle patate bollite. Questo carboidrato non è consumato da solo, ma come parte di un cibo; i cibi, a loro volta, fanno parte di un pasto e ciò si riflette nell'indice glicemico. Si è visto recentemente che il consumo di aceto o noccioline riduce in modo significativo i livelli di glucosio nel sangue dopo un pasto ad alto GL con prodotti a base di pane e di riso. Oltre ad abbassare la glicemia e la risposta insulinica, in soggetti normali l'aceto aumenta il senso di sazietà dovuto al pane.

Vi è un crescente interesse nella produzione di cibi contenenti folati, perché una carenza di questa vitamina B può portare a complicanze neuronali o cardiovascolari. I folati sono presenti nei cibi come poliglutammati (da 5 a 7 unità), a differenza dell'acido folico di sintesi che contiene una sola unità di glutammato (monoglutammati) e ha una maggiore biodisponibilità. Negli spinaci, la biodisponibilità dei folati è pari al 30% di quella dell'acido folico, mentre nel lievito essa è pari al 57%.

Va ricordato che la biodisponibilità del folato presente nei cibi aumenta se si assume latte vaccino. Un altro modo per aumentare la biodisponibilità di folati è quella di assumere batteri lattici (LAB) per produrre prodotti ricchi in folati, ad esempio con il *Lactococcus lactis*.

13.2.1 Proprietà dei carboidrati nei cibi

I carboidrati presenti nei cibi possano essere caratterizzati da: a) la loro identità chimica; b) la matrice dell'alimento che può variare a seconda del processo di prepara-

zione dell'alimento stesso. Queste proprietà chimico-fisiche determinano il decorso gastrointestinale e l'utilizzo dei carboidrati della dieta.

Le proprietà della matrice vanno in larga parte perdute quando i grani interi sono macinati o quando la frutta, come le mele, viene cotta o gli agrumi spremuti. I granuli di amido, viste le loro dimensioni ridotte, restano relativamente intatti. La loro forma cristallina, determinata dall'origine botanica, è importante per determinarne la digeribilità. I granuli di amido delle patate sono molto resistenti all'azione dell'amilasi pancreatica, la digeribilità dei legumi è intermedia, quella dei cereali buona.

Per quanto riguarda l'amido, va anche considerato il rapporto amilosio/amilopectina, in quanto il primo tende a formare strutture secondarie, difficili da disperdere e questo si ripercuote sulla digeribilità.

Il fattore di gran lunga più importante resta comunque il processo a cui è sottoposto l'alimento. I granuli di amido, scaldati in presenza di acqua, si rompono e gelatinizzano in forme facilmente aggredibili dall'amilasi pancreatica.

Questo processo non è reversibile; se si raffredda in assenza di acqua, come nel caso di certi cibi cotti al forno (biscotti), non si ha gelatinizzazione e l'amido presente viene perciò digerito lentamente.

Dal punto di vista dietetico, i carboidrati si suddividono in carboidrati glicemici e non glicemici. Per quanto riguarda i primi, va rilevato che fruttosio e galattosio provocano una risposta glicemica che è circa il 20% di quella provocata dalla stessa quantità di glucosio. Se consideriamo l'utilizzo da parte dell'organismo, la biodisponibilità dei carboidrati glicemici è correlata alla velocità con cui sono ossidati, così il fruttosio è ossidato più rapidamente del glucosio.

I carboidrati non glicemici non sono assorbiti e utilizzati direttamente nello stomaco e nel piccolo intestino. Le pareti cellulari delle piante, contenenti polisaccaridi non amidacei (Non Starch Polysaccharides, NSP, fibre della dieta), svolgono un ruolo unico nel rallentare la digestione e l'assorbimento dei carboidrati, che vengono da esse incapsulati.

Alcune piante NSP promuovono l'azione di acidi biliari, abbassando il colesterolo e possono svolgere un'azione protettiva nei confronti delle neoplasie del colon, specie se ricche in lecitine che legano il galattosio.

I carboidrati scarsamente fermentabili, come quelli della crusca del grano, che tendono ad essere insolubili, hanno un ruolo importante nell'assorbire l'acqua e nel favorire la massa fecale.

Dopo la digestione e l'assorbimento nel piccolo intestino, i tre monosaccaridi derivanti dal metabolismo sono glucosio, fruttosio e galattosio. La risposta glicemica deriva da una complessa interazione di fattori.

La composizione totale dei macronutrienti di pasti misti, influenza la risposta glicemica in un modo che non riflette la somma dei valori di GI di ogni singola componente del pasto, soprattutto quando questo include grassi e proteine.

Per esempio, il pane bianco ha un GI di 70 se considerato da solo, ma se alla stessa quantità di pane bianco si aggiunge prosciutto e formaggio, il GI diventa 50. Il consumatore potrebbe concludere, sbagliando, che l'aggiunta di formaggio e prosciutto migliori le proprietà dei carboidrati del pane bianco.

Al contrario la pasta, che ha un profilo di macronutrienti simili al pane bianco,

costituisce un termine di paragone più appropriato e ne è un valido sostituto, dato che ha un GI più basso, cioè 40.

Il valore di GI è solo qualitativo e per essere usato in modo quantitativo richiede che sia noto anche il contenuto di carboidrati. Per esempio, la carote e il pane bianco hanno valori di GI simili, ma le carote, a parità di peso, hanno meno carboidrati. Malgrado l'alto valore di GI, le carote non vanno escluse dalla dieta, ma consigliate per la bassa quantità di carboidrati e fonte di micronutrienti.

Vi sono poi i polisaccaridi non amidacei. Questi si suddividono in due categorie: a) quelli intrinseci, che impartiscono rigidità alla struttura della pianta e incapsulano gli altri nutrienti, in tal modo controllandoli; e b) quelli aggiunti, come le gomme e altri additivi. I primi (intrinseci), ad esempio i cereali, sono quelli di interesse ai fini di diete ricche in fibre con effetti salutari.

Ricordiamo, infine, l'amido resistente chiamato *Resistant Starch* (RS) cioè amido retrogradato. Si tratta di amido fisicamente inaccessibile, presente in cibi con strutture dense o rigide, quali grani interi di cereali e legumi o in cibi che sono stati prima cotti e poi raffreddati, come pane, cereali per la colazione e patate fredde. Questi amidi non possono essere idrolizzati senza una preventiva dispersione chimica.

13.2.2 Fibre della dieta

Le diete ricche in fibre naturali, quelle ricche in frutta, vegetali e grani interi, hanno effetti benefici sulla salute. Queste diete hanno effetti salutari anche perché tendono ad essere ricche in vitamine, antiossidanti e altri fitochimici e spesso hanno anche un basso contenuto di grassi.

Il termine “fibre della dieta” è stato coniato per descrivere le pareti delle cellule della pianta che resistono alla digestione da parte degli enzimi del nostro organismo. I principali componenti delle cellule delle piante (circa il 90%) sono costituiti da polisaccaridi, che non hanno legami α -glicosidici.

Gli esperti di OMS e FAO sono concordi nel riconoscerli come i principali fattori della dieta nella prevenzione dell'obesità e del diabete (World Health Organization, 2003).

13.3 Nutrigenomica

Il cibo influenza le persone in modo diverso. L'attuale ricerca nutrizionale cerca di guardare oltre gli ingredienti, nel tentativo di capire quali possano essere i loro effetti a livello genetico ed epigenetico. L'epigenetica è una branca della genetica che studia come e quando i geni sono attivati o disattivati. Si è scoperto che certi geni, presenti nel DNA di bambini concepiti durante un periodo di prolungata malnutrizione (inedia, fame), presentano una particolare modificazione che disattiva un gene senza alterare il codice genetico. Due esempi storici sono stati quelli relativi alle conseguenze della grave carenza di cibo patita nell'inverno del 1944 nell'Olanda occupata dai nazisti e alla grande fame cinese dal 1958 al 1961.

A partire dal primo pasto a base di latte, passando attraverso pasti abbondanti o periodi di digiuno, i nostri geni influenzano la nostra dieta e a loro volta i nutrienti, o la loro mancanza, influenzano l'espressione genica. Le differenze nel cibo e nella sua cultura hanno lasciato il loro segno sul nostro genoma (Grayson, 2010).

La nutrigenomica sostiene che la nutrizione ha anche orientato l'evoluzione della specie umana a partire dall'*Homo sapiens*; ad esempio, l'uso del fuoco ha trasformato il cibo grezzo rendendolo più sicuro, digeribile e appetibile. La cottura ha consentito di aumentare la resa energetica del metabolismo e ha permesso di migliorare la nutrizione del nostro cervello, consentendone un maggiore sviluppo.

Un cervello di grandi dimensioni rappresenta un grosso investimento e impegno in termini metabolici. È molto probabile che la carne fosse presente nella dieta degli australopithecini, anche se essi si nutrivano essenzialmente di piante. Data la ricchezza di nutrienti, anche piccole quantità di carne potrebbero avere avuto un grande impatto sull'assunzione di calorie. Altri ingredienti che avrebbero potuto affiancarsi alla carne sono i tuberi che però, per essere digeribili, richiedono di essere cotti. La cottura, oltre a rendere maggiormente assimilabili proteine e amidi, potrebbe avere migliorato l'efficienza del sistema immunitario nella difesa da parassiti e infezioni batteriche. I primi ritrovamenti che testimoniano la presenza di fuochi controllati sono stati trovati in Israele 800000 anni fa. Alimenti marini sarebbero entrati stabilmente nelle diete tra 200000 e 1500000 anni fa (Eisenstein, 2010) fornendo una ricca fonte di acidi grassi polinsaturi favorevoli per la crescita della corteccia cerebrale.

Nonostante la nostra limitata comprensione dell'ecoambiente batterico che prospera nel nostro intestino, è sempre più evidente che il suo profilo genetico è indissolubilmente legato alla nostra funzionalità metabolica. La composizione e l'attività di queste comunità batteriche sono direttamente un sottoprodotto dell'ambiente che ci circonda, della cultura e della dieta. Jeffrey Gordon, un microbiologo dell'Università di Washington, ha mostrato che vi sono differenze nei profili batterici perfino di gemelli. I Giapponesi, come abbiamo scritto altrove, possono digerire i carboidrati provenienti da alghe marine in modo molto efficiente. Questo è stato reso possibile da un trasferimento ancestrale di geni da batteri presenti nelle alghe stesse all'uomo, il che ha permesso alla flora batterica dei Giapponesi di produrre enzimi di tipo porfirinasi e agarasi in grandi quantità (Hehemann et al., 2010). Un esempio famoso dell'effetto della dieta sulle mutazioni genetiche è quello descritto nel 2007 da Perry e collaboratori (Perry et al., 2007). Essi hanno dimostrato che chi si nutre con diete molto ricche in amidi, produce copie supplementari del gene che codifica per le amilasi salivari, gli enzimi che trasformano i carboidrati.

A sua volta, il latte è un nutriente efficace a condizione che si sia provvisti dell'enzima lattasi, che consente di digerire i carboidrati in esso contenuti; se questo enzima non è presente, si possono verificare diarrea e flatulenza. La maggior parte dei genetisti cita la persistenza della lattasi come un esempio paradigmatico di evoluzione umana recente, guidata da cambiamenti di cultura e dieta (Eisenstein, 2010).

Questo campo di indagine, inizialmente ristretto a un piccolo gruppo di ricercatori, ora attrae molti studiosi interessati a conoscere come i nostri geni interagiscono con la nostra dieta; in altri termini, una dieta personale rappresenta qualcosa di molto più ricco e complesso del semplice numero di calorie che vengono introdotte nel-

l'organismo o del rapporto fra proteine, carboidrati e grassi. Si cerca di capire come la dieta possa interagire col genoma per produrre un particolare fenotipo (insieme delle caratteristiche di un organismo). Una prima ricaduta potrebbe essere capire come una dieta si ripercuota in modo ottimale sul nostro stato di salute cardiovascolare, mentre a più lungo termine vi potrebbero essere ripercussioni positive su cervello e invecchiamento.

Per raggiungere questi risultati, si impongono tecnologie e metodi di ricerca innovativi rispetto a quelli tradizionali della scienza della nutrizione. Essi possono essere mutuati dall'esperienza acquisita nello sviluppo dei prodotti farmaceutici. Ancor prima di pianificare esperimenti sull'uomo, questo approccio così rivoluzionario dovrebbe confermare l'esistenza delle interazioni nutrienti-genoma, sia positive che negative, attraverso l'uso di modelli animali.

Già ora si assiste a modifiche nella regolamentazione degli additivi nutrizionali negli Stati Uniti e in Europa; la nutrigenomica potrà trasformare la nostra definizione di salute e malattia e rendere meno definita la distinzione tra cibo e farmaco, tra sperimentatore e paziente.

I ricercatori impegnati in questo nuovo campo di indagine si trovano ad affrontare una sfida ancora più impegnativa di quella che si è affrontata per combattere la malattia; la salute, la salute ottimale, è molto di più dell'assenza di malattia, sostiene Kenneth Korman che dirige la compagnia Interleukin Genetics.

La nutrizione personalizzata richiederà l'identificazione e l'utilizzo di una nuova generazione di indici biologici (*biomarkers*), dato che quelli attuali sono diagnostici solo per le patologie.

13.4 Nutrendo il futuro

La sfida ineludibile dell'alimentazione è quella di poter nutrire nove miliardi di persone nel 2050. È rimasto poco tempo, abbiamo 40 anni per trasformare radicalmente l'agricoltura e avere più cibo, senza stravolgere l'ambiente e, nello stesso tempo, affrontare i cambiamenti climatici. Anche se è difficile valutare l'ampiezza di un problema drammatico come l'assunzione inadeguata (in difetto o eccesso) di alimenti, il numero delle persone sottonutrite già supera il miliardo.

Il nostro pianeta è in pericolo, come è testimoniato dalla desertificazione del Nord-Ovest della Cina e dei pascoli della Mongolia e dalle grandi tempeste di sabbia dell'Africa Nord-Centrale (Banwart, 2011). La velocità di erosione e la perdita di suolo fertile in campi arati in maniera convenzionale sono, in certe località, di 1-2 ordini di grandezza superiori rispetto alla velocità di formazione del suolo; si perde quasi mezzo centimetro all'anno di prezioso strato (Montgomery, 2007). Nello stesso tempo, la produzione agricola dovrà aumentare del 50% entro il 2030, per soddisfare le esigenze alimentari della popolazione mondiale e raddoppiare entro il 2050 (Godfray et al., 2010).

Il suolo si forma quando le rocce si frantumano e si dissolvono, con l'aiuto di microrganismi del suolo, creando delle particelle che, legandosi alle biomasse e a organismi viventi, formano aggregati di 0,25-10 mm. Questi aggregati forniscono

un buon equilibrio di nutrienti minerali e organici, che vengono rielaborati dai microbi in forme utili per le piante. I pori al loro interno trattengono un'umidità sufficiente per la crescita biologica, facilitano il drenaggio e consentono all'ossigeno di raggiungere le radici.

Questo prezioso capitale naturale si perde quando i suoli sono dilavati dalle piogge o dalle tempeste di sabbia nei periodi di siccità.

A questo si aggiunge la cementificazione; dagli anni '50 ad oggi le superfici delle città europee sono aumentate dell'80% e il fenomeno è in continua espansione. Con l'aumento della temperatura, i microbi degradano la materia organica più rapidamente e una maggiore quantità di anidride carbonica è rilasciata nell'atmosfera. Si valuta che in Inghilterra e nel Galles, a causa del cambiamento climatico, la perdita del contenuto in carbonio del suolo sia dello 0,6% all'anno. Il suolo non solo sostiene l'agricoltura e le foreste, ma immagazzina il carbonio, trasforma i nutrienti, sostiene la biodiversità.

Per assicurare l'approvvigionamento di cibo nel futuro è necessario adeguare quantità e qualità dei prodotti dell'agricoltura, così come la loro produzione intensiva, a condizioni compatibili con l'ambiente, garantendo la sostenibilità delle risorse impiegate.

Sarà anche necessario seguire il percorso degli alimenti dalla produzione ai luoghi di vendita attraverso la loro preparazione e conservazione. A partire dagli anni '80, questi obiettivi sono perseguiti attraverso la cosiddetta "agricoltura di precisione", che consente di ottimizzare i trattamenti della catena di produzione degli alimenti in modi e tempi corretti (Gebbers e Adamchuck, 2010).

Una migliore conoscenza delle variazioni dei suoli e delle condizioni di coltivazione, combinate con l'avvento di tecnologie quali i sistemi di telerilevamento e monitoraggio topografico satellitare, servono a questi scopi. Le applicazioni spaziano dall'industria del tè in Tanzania e Sri Lanka, alla produzione di canna da zucchero e cereali in Brasile, Argentina, Australia, Europa e Stati Uniti e di riso in Cina, India e Giappone. Le tecnologie dell'agricoltura di precisione possono essere applicate con successo anche alla gestione ottimale di frutteti e all'allevamento di bestiame.

Scienziati e ingegneri dovranno fornire nuove strategie per far sì, ad esempio, che agricoltori e piccoli proprietari possano conciliare i tempi e le modalità dei raccolti con le necessità del bestiame. È chiaro comunque che, anche se l'innovazione giocherà un ruolo cruciale, la tecnologia e la scienza da sole non potranno garantire la sicurezza dell'approvvigionamento del cibo. L'economia, la politica, gli aspetti psicologici del problema, saranno anch'essi importanti.

L'interesse primario sarà focalizzato sulla disponibilità degli alimenti base, ma sarà comunque indispensabile un cambio di mentalità e accettare l'idea di ridurre e/o ri-orientare la domanda, ad esempio mangiare meno carne e ricorrere a insetti come altre fonti di proteine.

13.5 Sostenibilità e alimenti marini

Gli alimenti marini (pesci e crostacei) ottenuti attraverso la pesca o l'acquacoltura contribuiscono per almeno il 15% al consumo di proteine di circa 3 miliardi di per-

sono, e in misura pari al 50% in realtà geografiche particolari quali le piccole isole e negli stati dell’Africa occidentale (Smith et al., 2010). Gli alimenti di origine marina costituiscono la fonte principale di acidi grassi omega-3, che sono essenziali per lo sviluppo del cervello e forniscono importanti micronutrienti per popolazioni a basso tenore di vita e di sviluppo. Lo sviluppo neurologico ottimale del feto dipende da nutrienti specifici derivanti esclusivamente dalla dieta, incluso l’acido docosaesaenoico (DHA), un acido grasso essenziale omega-3, di cui gli alimenti marini sono la fonte maggiore. L’assunzione di basse quantità di alimenti marini durante la gravidanza può causare carenza di acidi grassi essenziali omega-3 (es. DHA e EPA), con conseguente ritardo nello sviluppo neuronale.

In condizioni di elevata carenza di DHA si possono manifestare gravi disturbi cerebrali, quali il ritardo mentale, che possono essere migliorati aumentando la quantità di DHA nella dieta. I risultati di uno studio recente (Hibbeln et al., 2007) hanno messo in luce che l’assunzione regolare da parte della madre di almeno 340 grammi al giorno di alimenti marini, può avere ricadute benefiche sullo sviluppo del neonato. Questi studi hanno messo in evidenza che i rischi derivanti dalla perdita di micronutrienti, in seguito al consumo di una quantità inferiore a 340 grammi, sono maggiori dei rischi connessi alla possibile presenza di tracce di contaminanti.

Il pesce è importante nell’alimentazione e nella dieta di larghi strati della popolazione di paesi in via di sviluppo che soffrono per la carenza di vitamine e minerali. Esso ha un ruolo essenziale perché il suo consumo regolare permette di correggere le deficienze nella biodisponibilità di vitamina A, calcio, ferro, zinco e di altri nutrienti essenziali (Roos et al., 2007).

Dati relativi al 2006 indicano che nella pesca e nell’acquacoltura sono impiegate più di 40 milioni di persone, mentre circa 500 milioni sono coinvolte in vario modo nella produzione di alimenti marini. Il 92% dell’acquacoltura ittica globale ha luogo nei paesi in via di sviluppo. Due esempi significativi in questo contesto sono quelli del Cile e del Messico; nel primo si concentra l’allevamento del salmone, mentre nel secondo, nella penisola della Baja California, quella delle aragoste (*Paralichthys interruptus*).

Glossario

Acidi. Sono specie chimiche che cedono protoni (specie H⁺) a un mezzo acquoso.

Acidi grassi saturi. Acidi carbossilici di formula generale R-COOH in cui R è una lunga catena di atomi di carbonio, legati fra di loro e con atomi di idrogeno, mediante legami semplici.

Acido Docosaesaenoico (DHA, DocosaHexaenoic Acid). Acido grasso n-3 a 22 atomi di carbonio. Protegge dalle patologie cardiovascolari e contribuisce al mantenimento di una funzionalità cerebrale ottimale. È presente in elevate quantità nei pesci grassi, aringhe, sardine, salmone, sgombro.

Acido Eicosapentaenoico (EPA, EicosaPentaenoic Acid). Acido grasso n-3 a 20 atomi di carbonio. È un precursore della sintesi di DHA e può essere metabolizzato a prostaglandine con scarsa attività pro-infiammatoria. È presente nei pesci grassi.

Acidi grassi essenziali (EFA, Essential Fatty Acids). Acidi grassi n-3 e n-6 che non sono sintetizzati dal nostro organismo ma vanno assunti con la dieta (pesce, noci, oli vegetali, vegetali a foglia verde scuro).

Addensanti. Sostanze quali amido, fecola di patate, gomma arabica, che servono a ispessire preparati alimentari.

Additivi alimentari. Nome generico che indica le sostanze aggiunte agli alimenti per conferire loro particolari proprietà antiossidanti, stabilizzanti, aromatiche, ecc.

Amido. Polisaccaride di origine naturale presente soprattutto nelle patate e nei cereali, costituito da amilosio e amilopectina.

Amilasi. Enzima che catalizza l'idrolisi di polisaccaridi come l'amido.

Amminoacidi. Composti organici di formula generale RCH(NH₂)COOH, che presentano un gruppo amminico (NH₂) e un gruppo carbossilico COOH sullo stesso

atomo di carbonio. Sono i monomeri da cui si formano i polimeri chiamati peptidi e proteine.

Antiossidanti. Se utilizzati come additivi alimentari possono essere definiti come sostanze in grado di diminuire la velocità di ossidazione degli alimenti. Vedi la voce *ossidazione*.

Antociani o antocianine. Pigmenti colorati presenti in vegetali, frutta, vino rosso. Appartengono alla classe dei flavonoidi.

Aritmia. Alterazione del ritmo cardiaco comprendente qualunque modifica del ritmo normale; la bradicardia, la tachicardia e la fibrillazione atriale e ventricolare sono solo alcuni esempi di aritmie.

Aterosclerosi. Una degenerazione vascolare caratterizzata da perdita di elasticità, depositi di grassi, infiammazione, fibrosi, calcificazione e ispessimento delle pareti delle arterie. Le placche aterosclerotiche sono le tipiche lesioni di questa patologia.

Caloria. Unità di misura dell'energia fornita dal cibo. Le calorie alimentari sono in realtà kilocalorie.

Carboidrati o idrati di carbonio. Termine per designare glucidi e polisaccaridi.

Carico glicemico (GL, *Glycaemic Load*). È il prodotto dell'indice glicemico medio della dieta giornaliera per la quantità totale di carboidrati consumati in una giornata. È un indice dell'effetto complessivo dei carboidrati della dieta sulla glicemia.

Carotenoidi. Pigmenti naturali liposolubili con colorazioni dal rosso all'arancio, caratterizzati dall'alternanza di legami semplici e legami doppi carbonio-carbonio.

Catalisi. Aumento della velocità di reazione di processi chimici e biochimici, dovuto all'intervento di specie chimiche, chiamate catalizzatori, che non vengono consumate nel corso della reazione. Gli *enzimi*, vedi sotto, sono dei catalizzatori biologici.

Colesterolo. Alcol tetraciclico appartenente alla famiglia degli steroidi, presente in tutti i tessuti. È precursore di acidi biliari e di ormoni steroidei.

Collagene. Proteina fibrosa caratteristica dei tessuti connettivi, costituita da una tripla elica di peptidi interconnessi.

Denaturazione. Se riferita a proteine indica una modificazione della loro struttura tridimensionale a causa di fattori fisici come il calore o chimici.

Enzima. Proteina dotata di proprietà catalitiche, in grado di accelerare di milioni di volte le reazioni di tipo biologico.

Fabbisogno nutrizionale. Quantità di energia e di nutrienti necessaria a garantire lo stato di salute e benessere dell'individuo per una composizione corporea e un livello di attività fisica ottimali.

Fenoli. Derivati del benzene per sostituzione di un atomo di idrogeno dell'anello benzenico con un gruppo OH.

Fibre. Componenti di piante, frutta, vegetali, noci, cereali integrali che non sono digeriti-assimilati dall'organismo. Esistono in forma solubile e insolubile. Le fibre solubili possono contribuire a regolarizzare i livelli ematici di zucchero e colesterolo LDL.

Flavonoidi. Sostanze di natura polifenolica presenti in frutta, fiori, noci, cacao; sono dei fitochimici.

Glucidi. Idrossialdeidi o idrossichetoni, che comprendono le classi di monosaccaridi, disaccaridi e polisaccaridi.

Idrofilia. Proprietà delle sostanze che mostrano affinità per l'acqua, a causa dei gruppi polari in esse presenti.

Idrofobicità. Proprietà delle sostanze con scarsa affinità per l'acqua e alta affinità per sostanze organiche poco polari.

Indice glicemico (GI, *Glycemic Index*). Indice della risposta glicemica indotta, nello stesso soggetto, da una quantità specifica di carboidrati in rapporto a un'equivalente quantità di carboidrati proveniente da un alimento standard. È direttamente correlato alla rapidità di assorbimento degli zuccheri.

Infiammazione. Complesso di reazioni che si verificano localmente in risposta a un agente lesivo.

Leucotrieni e Prostaglandine. Modulatori della risposta cellulare. Sono in pratica sostanze prodotte dall'organismo derivate da AA che hanno un'azione importante su molti organi e sul metabolismo.

Lipidi. Famiglia eterogenea di sostanze idrofobe, solubili in solventi organici, comprende grassi, fosfolipidi, carotene, vitamina E, colesterolo. Il termine deriva dal greco *lipos*, che significa grasso.

Lipoproteine. Complesso proteico che comprende proteine e lipidi e che funge da trasportatore del colesterolo.

Lipoproteine ad alta densità (HDL, *High-Density Lipoprotein*). Lipoproteine che portano il colesterolo al fegato dove ha luogo il metabolismo e l'escrezione. Note come "colesterolo buono".

Lipoproteine a bassa densità (LDL, *Low-Density Lipoprotein*). Lipoproteine che trasportano il colesterolo ai tessuti; alti livelli di LDL sono associati a patologie vascolari. Noto come "colesterolo cattivo".

Macronutriente. Nutriente presente nella dieta in quantità elevate che ha definiti effetti nutrizionali, un ruolo metabolico certo ed è fonte di energia per l'organismo umano.

Metabolismo basale. Energia consumata da un individuo a riposo e a digiuno in 24 ore (kJ o Kcal).

Metanalisi. Tecnica che combina i risultati di molti studi, di impianto simile e che hanno esaminato quesiti simili, per aumentare la numerosità del campione di valori su cui si ragiona e quindi l'affidabilità delle conclusioni.

Micronutrienti. Sostanze quali vitamine, sali minerali o elementi in traccia indispensabili per la crescita e lo sviluppo. Non sono fonte d'energia, ma hanno definiti effetti nutrizionali e un ruolo certo nel metabolismo dell'organismo umano.

Monoinsaturi. Acidi carbossilici di formula generale R-COOH con un doppio legame.

Neuroni. Cellule cerebrali deputate a funzioni superiori. Comunicano tra di loro attraverso connessioni definite sinapsi.

Ossidazione. Con questo termine si indicava in origine la reazione di un elemento o un composto con ossigeno, che spesso veniva in essi incorporato. Il processo inverso, la perdita di ossigeno, veniva a sua volta chiamato riduzione. In senso più generale vengono ora chiamate ossidazioni quei processi che comportano perdita di elettroni da parte di un elemento o un composto, e riduzioni i processi in cui vengono acquisiti elettroni.

Osteoporosi. Rarefazione del tessuto osseo per diminuzione dell'attività degli osteoblasti, legata all'età o a malattie.

Patologie coronariche. Degenerazioni aterosclerotiche delle arterie coronariche che possono causare angina pectoris, infarto del miocardio e morte improvvisa.

Peptidi. Composti organici costituiti da due o più α -amminoacidi, uniti fra di loro da un legame peptico, detto anche ammidico (-CONH-).

pH. È la misura standard dell'attività dei protoni ed è compresa fra 0 e 14. Una soluzione acquosa è detta neutra se ha un pH eguale a 7, acida se ha un pH minore di 7 e basica se ha un pH maggiore di 7.

Polinsaturi. Acidi carbossilici di formula generale R-COOH con due o più doppi legami.

Prebiotici. Sostanze non digeribili di origine alimentare che, assunte in quantità adeguata, favoriscono selettivamente la crescita e l'attività di uno o più batteri già presenti nel tratto intestinale o assunti insieme al prebiotico.

Precursore. Sostanza dalla quale nell'organismo se ne forma un'altra, più complessa e in genere più attiva, attraverso il metabolismo.

Pressione arteriosa. Pressione del sangue nelle arterie dovuto all'attività contrattile del muscolo cardiaco e alla resistenza vascolare periferica, distinta in sistolica o massima e diastolica o minima.

Probiotici. Microrganismi che si dimostrano in grado, una volta ingeriti in adeguate quantità, di esercitare funzioni benefiche per l'organismo. Alimenti/integratori con probiotici contengono, in numero sufficientemente elevato, microrganismi probiotici vivi e attivi, in grado di raggiungere l'intestino, moltiplicarsi ed esercitare un'azione di equilibrio sulla microflora intestinale mediante colonizzazione diretta.

Proteina C-reattiva (PCR). Proteina sintetizzata nel fegato (con la proprietà di essere precipitata dal polisaccaride C del pneumococco) il cui tasso serico aumenta negli stati infiammatori e infettivi.

Proteine. Composti organici costituiti da lunghe catene di α -amminoacidi (più di 100), unite assieme da un legame peptidico. Vedi oltre

Radicali liberi. Intermedi di reazione altamente reattivi, contenenti un elettrone spaiato. Sono coinvolti in molte reazioni, quali la polimerizzazione e l'ossidazione dei grassi.

RDA (*Recommended Daily Allowance*). Dose giornaliera raccomandata per la popolazione generale.

Terpeni. Gruppo vasto ed eterogeneo di composti altamente volatili, costituiti in gran parte da multipli di unità strutturale di base di cinque atomi di carbonio, detta unità isoprenica.

Trans. Acidi grassi insaturi con almeno un doppio legame in configurazione *trans*, che derivano da una serie di processi naturali o tecnologici. Quelli di origine industriale, che si formano quando un grasso liquido (olio) viene trasformato in un

grasso solido attraverso un processo chimico detto idrogenazione, hanno effetti negativi per la salute.

Trigliceridi. Lipidi che si presentano come una combinazione di una molecola di glicerolo cui sono legati tre acidi grassi. Rappresentano la più comune forma di molecole di grassi negli alimenti e nell'organismo. I trigliceridi circolano nel sangue trasportati dalle lipoproteine; alti livelli sono considerati un fattore di rischio per patologie cardiovascolari.

Vitamine. Famiglia largamente eterogenea di composti con strutture e solubilità molto diverse, coinvolti in molti processi metabolici e in funzioni di regolazione negli organismi viventi. Sono così chiamate per il loro ruolo biologico e per la presenza del gruppo amminico NH_2 .

Bibliografia

- AA.VV. (2010) Resveratrol for a longer life--if you're a yeast. The cardiovascular promise of this red wine compound has not been confirmed in humans. *Harv Heart Lett* 21(3):4
- Allen V (2004) Frying tonight? *Chemistry World*, <http://www.rsc.org/chemistryworld/Issues/2004/September/fryingtonight.asp>. Data di consultazione 15 giugno 2012
- Al-Saqhir S, Thurner K, Wagner KH et al (2004) Effects of different cooking procedures on lipid quality and cholesterol oxidation of farmed salmon fish (*Salmo salar*). *J Agric Food Chem* 52:5290–5296
- American Heart Association (2001) Wine and your heart. *Circulation* 103:471
- American Heart Association (2006) Diet and lifestyle recommendations revision 2006. *Circulation* 114:82–96
- American Heart Association (2010) Dietary guidelines for Americans
- Arab L, Liu W, Elashoff D (2009) Green and black tea consumption and risk of stroke: a meta-analysis. *Stroke* 40:1786–1792
- Autori vari (2003) Linee Guida per una Sana Alimentazione Italiana. INRAN/MiPAF, Roma
- Banwart S (2011) Save our soils. *Nature* 474:151–152
- Barham P, Skibsted LH, Bredie WL et al (2010) Molecular gastronomy: A new emerging scientific discipline. *Chem Rev* 110:2313–2365
- Batista R, Oliveira MM (2009) Facts and fiction of genetically engineered food. *Trends Biotechnol* 27(5):277–286
- Beauchamp GK, Keast RS, Morel D et al (2005) Phytochemistry: ibuprofen-like activity in extra-virgin olive oil. *Nature* 437:45–46
- Borrell B (2010) Toxicology: The big test for bisphenol A. *Nature* 464:1122–1124
- Bouchard C (2007) The biological predisposition to obesity: beyond the thrifty genotype scenario. *Int J Obesity* 31:1337–1339
- Bourn D, Prescott J (2002) A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 42(1):1–34
- Butler A, Moffett J (1997) The chief of spices. *Chemistry in Britain* 33(10):37–38
- Butt MS, Sultan MT (2011) Coffee and its consumption: benefits and risks. *Crit Rev Food Sci Nutr* 51:363–373
- Cadahía E, Fernández de Simón B, Jalocho J (2003) Volatile compounds in Spanish, French and American oak woods after natural seasoning and toasting. *J Agric Food Chem* 51:5923–5932
- Camporesi P (1980) Alimentazione, folklore, società. Pratiche editrice, Parma
- Capone P (2005) L'arte del vivere sano. Il regimen Sanitatis Salernitano e l'età moderna. Angelo Guerini, Milano
- Caris-Veyrat C, Amiot MJ, Tyssandier V et al (2004) Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans. *J Agr Food Chem* 52:6503–6509
- Carlino C (ed) (2004) Il grande dizionario di cucina. Sellerio, Palermo

- Chandrashekar J, Hoon MA, Ryba NJ, Zuker CS (2006) The receptors and cells for mammalian taste. *Nature* 444:288–294
- Church TS et al (2011) US National Health and Nutrition Examination Surveys. *PLoS ONE*
- Cochrane S, Beyer K, Clausen M et al (2009) Factors influencing the incidence and prevalence of food allergy. *Allergy* 64:1246–1255
- Colonna S, Guatteri F (2008) *Cucina e scienza*. Hoepli, Milano
- Coulter T (2009) *Food. The chemistry of its components*. RSC Publishing, Cambridge
- Crupkin M, Zambelli A (2008) Detrimental impact of trans fats on human health: Stearic acid-rich fats as possible substitutes. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 7(3):271–278
- Dalcanale E, Allai M, Gardini S (1999) The electronic nose in the food industry: the extra virgin olive oil case. *La chimica e l'industria*. 81:465–469
- Davies E (2002) *Chemistry in Britain* 32–35
- Davies E (2010) *Chemistry World* 7(11):44
- Day L, Seymour RB, Pitts KF et al (2009) Incorporation of functional ingredients into foods. *Trends Food Sci Technol* 20:388–395
- De Caterina R (2011) N-3 fatty acids in cardiovascular disease. *New Engl J Med* 364:2439–2450
- De Curtis A, Murzilli S, Di Castelnuovo A et al (2005) Alcohol-free red wine prevents arterial thrombosis in dietary-induced hypercholesterolemic rats: experimental support for the 'French paradox'. *J Thromb Haemost* 3:346–350
- DellaPenna D (1999) Nutritional genomics: Manipulating plant micronutrients to improve human health. *Science* 285:375–379
- Dichie J (2007) *Con Gusto – Storia degli italiani a tavola*. Laterza, Bari
- Dudley JL, Lekli I, Mukherjee S et al (2008) Does white wine qualify for French paradox? Comparison of the cardioprotective effects of red and white wines and their constituents: resveratrol, tyrosol, and hydroxytyrosol. *J Agric Food Chem* 56:9362–9373
- Eisenstein M (2010) Evolution: The first supper. *Nature* 468(7327):S8–S9
- Farkas J, Mohacsi-Farkas C (2011) History and future of food irradiation. *Trends in Food Science and Technology* 22:121–126
- Fitzpatrick DF, Hirschfield SL, Coffey RG (1993) Endothelium-dependent vasorelaxing activity of wine and other grape products. *Am J Physiol* 265(2 Pt 2):H774–H778
- Gebbers R, Adamchuk VI (2010) Precision agriculture and food security. *Science* 327:828–831
- Ghasemi-Varnamkhasti M, Mohtasebi SS, Rodriguez-Mendez ML et al (2011) Potential application of electronic nose technology in brewery. *Trends in Food Science and Technology* 22:165–174
- Gibb K (2005) Uncorking wine's characteristics. *Chemistry World* 2(12):38–42
- Gilbert N (2010) *Nature* 466:29
- Godfray HC, Beddington JR, Crute IR et al (2010) The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327:812–818
- Gomez-Plaza E, Cano-Lopez M (2011) A review on micro-oxygenation of red wines: Claims, benefits and the underlying chemistry. *Food Chem* 125:1131–1140
- Grayson M (2010) Nutrigenomics. *Nature* 468(7327):S1
- Hall KD, Heymsfield SB, Kemnitz JW et al (2012) Energy balance and its components: implications for body weight regulation. *Am J Clin Nutr* 95(4):989–994
- Harris M (1990) *Buono da mangiare. Enigmi del gusto e consuetudini alimentari*. Giulio Einaudi Editore, Torino
- Heaton K, Kelly SD, Hoogewerf J, Woolfe M (2008) Verifying the geographical origin of beef: The application of multi-element isotope and trace element analysis. *Food Chemistry* 107: 506–515
- Hehemann JH, Correc G, Barbeyron T et al (2010) Transfer of carbohydrate-active enzymes from marine bacteria to Japanese gut microbiota. *Nature* 464(7290):908–912
- Herman RA, Chassy BM, Parrott W (2009) Compositional assessment of transgenic crops: an idea whose time has passed. *Trends Biotechnol* 27:555–557
- Herrero M, Thornton PK, Notenbaert AM et al (2010) Smart investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed. *Crop-Livestock Systems*. *Science* 327:822–825

- Hibbeln JR, Davis JM, Steer C et al (2007) Maternal seafood consumption in pregnancy and neurodevelopmental outcomes in childhood (ALSPAC study): an observational cohort study. *Lancet* 369(9561):578–585
- Hutchinson WD, Burkness EC, Mitchell PD et al (2010) Areawide suppression of European corn borer with Bt maize reaps savings to non-Bt maize growers. *Science* 330:222–225
- Jones N (2010) A taste of things to come. *Nature* 468:752–753
- Katan MB, Grundy SM, Jones P et al (2003) Efficacy and safety of plant stanols and sterols in the management of blood cholesterol levels. *Mayo Clin Proc* 78(8):965–978
- Koletzko B, Abiodun PO (1992) The fatty acid composition of human milk in Europe and Africa. *J Pediatr* 120(4 Pt 2):S62–70
- Larsen CS (2003) Animal source foods and human health during evolution. *J Nutr* 133(11 S 2):3893S–3897S
- Liger-Belair G, Polidori G, Jeandet P (2008) Recent advances in the science of champagne bubbles. *Chem Soc Rev* 37:2490–2511
- Lopparelli RM, Cardazzo B, Balzan S et al (2007) Real-time TaqMan polymerase chain reaction detection and quantification of cow DNA in pure water buffalo mozzarella cheese: Method validation and its application on commercial samples. *J Agric Food Chem* 55:3429–3434
- Mantegazza P (1893) *Almanacco igienico popolare, Annoventesimottavo*. Dumorland, Milano
- Marlow HJ, Hayes WK, Soret S et al (2009) Diet and the environment: does what you eat matter? *Am J Clin Nutr* 89(suppl):1699S–1703S
- Mattes RD, Popkin BM (2009) Nonnutritive sweetener consumption in humans: effects on appetite and food intake and their putative mechanisms. *Am J Clin Nutr* 89:1–14
- McCance RA, Widdowson EM (2002) *The composition of foods*. Royal Society of Chemistry, Cambridge
- McCune LM, Kubota C, Stendell-Hollis NR et al (2011) Cherries and health: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 51:1–12
- Mennella JA, Lukasewycz LD, Castor SM, Beauchamp GK (2011) The timing and duration of a sensitive period in human flavor learning: a randomized trial. *Am J Clin Nutr* 93:1019–1024
- Montanari M (2009) *Il riposo delle polpette*. Laterza, Bari
- Montanari M (2010) *L'identità italiana in cucina*. Laterza, Bari
- Montealegre C, Marina Alegre ML, García-Ruiz C (2010) Traceability markers to the botanical origin in olive oils. *J Agric Food Chem* 58:28–38
- Montgomery DR (2007) Soil erosion and agricultural sustainability. *Proc Nat Acad Sci USA* 104:13268–13272
- Mozaffarian D, Katan MB, Ascherio A et al (2006) Trans Fatty Acids and Cardiovascular Disease. *N Engl J Med* 354:1601–1613
- Mozaffarian D, Psaty BM, Rimm EB (2004) Fish intake and risk of incident atrial fibrillation. *Circulation* 110:368–373
- Mozaffarian D, Rimm EB (2006) Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. *JAMA* 296:1885–1899
- Namitha KK, Negi PS (2010) Chemistry and biotechnology of carotenoids. *Crit Rev Food Sci Nutr* 50:728–760
- Neel JV (1962) Diabetes mellitus: A 'thrifty' genotype rendered detrimental by 'progress'? *Am J Hum Genet* 14:353–362
- Newton I, Snyder D (1997) Nutritional aspects of long-chain omega-3 fatty acids and their use in bread enrichment. *Cereal Foods World* 3:126–131
- Nicholls H (2008) Trouble brewing. *Chemistry World* 43, August
- Nigdikar SV, Williams NR, Griffin BA et al (1998) Consumption of red wine polyphenols reduces the susceptibility of low-density lipoproteins to oxidation in vivo. *Am J Clin Nutr* 68:258–265
- Oomah BD, Sitter L (2009) Characteristics of flaxseed hull oil. *Food Chem* 114:623–628
- Parks DA, Booyse FM (2002) Cardiovascular protection by alcohol and polyphenols: role of nitric oxide. *Ann NY Acad Sci* 957:115–121

- Pedreschi R, Hertog M, Lilley KS, Nicola B (2010) Proteomics for the food industry: opportunities and challenges. *Crit Rev Food Sci Nutr* 50:680–692
- Perry GH, Dominy NJ, Claw KG et al (2007) Diet and the evolution of human amylase gene copy number variation. *Nature Genetics* 39(10):1256–1260
- Pollan M (2008) *In difesa del cibo*. Adelphi, Milano
- Potrykus I (2010) Regulation must be revolutionized. *Nature* 466(7306):561
- Powe CE, Knott CD, Conklin-Brittain N (2010) Infant sex predicts breast milk energy content. *Am J Hum Biol* 22(1):50–54
- Prentice AM, Roberts SB, Prentice A et al (1983) Dietary supplementation of lactating Gambian women. I. Effect on breast-milk volume and quality. *Hum Nutr Clin Nutr* 37(1):53–64
- Primrose S, Woolfe M, Rollinson S (2010) Food forensics: methods for determining the authenticity of foodstuffs. *Trends Food Sci Technol* 21:582–590
- Rao AV, Ali A (2007) Biologically active phytochemicals in human health: Lycopene. *Int J Food Prop* 10:279–288
- Renaud F, de Logeril M (1992) Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. *Lancet* 339:1523–1526
- Rhodes CN, Lofthouse JH, Hird S et al (2010) The use of stable carbon isotopes to authenticate claims that poultry have been corn-fed. *Food Chemistry* 118(4):927–932
- Rivlin RS (2009) Can garlic reduce risk of cancer? *Am J Clin Nutr* 89:17–18
- Rohlf's Dominguez P (2011) Flavor exposure during sensitive periods of development as a key mechanism of flavor learning: implications for future research. *Am J Clin Nutr* 93(5):909–910
- Ronksley PE, Brien SE, Turner BJ et al (2011) Association of alcohol consumption with selected cardiovascular disease outcomes: a systematic review and meta-analysis. *BMJ* 342:d671
- Roos N, Wahab MA, Chamnan C, Thilsted SH (2007) The role of fish in food-based strategies to combat vitamin A and mineral deficiencies in developing countries. *J Nutr* 137:1106–1109
- Rotondo S, de Gaetano G (2000) Protection from cardiovascular disease by wine and its derived products: epidemiological evidence and biological mechanisms. *World Rev Nutr Diet* 87:90–113
- Rousseau D, Smith P (2008) Microstructure of fat bloom development in plain and filled chocolate confections. *Soft Matter* 4:1706–1712
- Schuckit MA (2010) Goodman-Gilman's *The pharmacological basis of therapeutics*, 12th edn. McGraw-Hill, New York
- Serafini M, Bugianesi R, Maiani M et al (2003) Plasma antioxidants from chocolate. *Nature* 424:1013
- Serra S, Fuganti C, Brenna E (2005) Biocatalytic preparation of natural flavours and fragrances. *Trends Biotechnol* 23:193–198
- Service RF (2001) Arson strikes research labs and tree farm in Pacific Northwest. *Science* 292:1622–1623
- Sforza S, Corradini R, Tedeschi T, Marchelli R (2011) Food analysis and food authentication by peptide nucleic acid (PNA)-based technologies. *Chem Soc Rev* 40:221–232
- Shahidi F (2009) Nutraceuticals and functional foods: Whole versus processed foods. *Trends Food Sci Technol* 20:376–387
- Shrestha H, Hwu KK, Chang MC (2010) Advances in detection of genetically engineered crops by multiplex polymerase chain reaction methods. *Trends Food Sci Technol* 21:442–454
- Singh J, Dartois A, Kaur L (2010) Starch digestibility in food matrix: a review. *Trends Food Sci Tech* 21:168–180
- Smith MD, Roheim CA, Crowder LB et al (2010) Sustainability and global seafood. *Science* 327:784–786
- Soleas G, Diamandis EP, Goldberg DM (1997) Resveratrol: A molecule whose time has come? And gone? *Clinical Biochemistry* 30:91–113
- Speakman JR (2006) Thrifty genes for obesity and the metabolic syndrome – time to call off the search? *Diab Vasc Dis Res* 3:7–11
- Stadelman WJ (1999) The incredibly functional egg. *Poult Sci* 78:807–811
- Stafford N (2009) *Chemistry World* 50:5

- St Leger AS, Cochrane AL, Moore F (1979) Factors associated with cardiac mortality in developed countries with particular reference to the consumption of wine. *Lancet* i:1017–1020
- Sun Q, Townsend MK, Okereke OI et al (2011) Alcohol consumption at midlife and successful ageing in women: a prospective cohort analysis in the nurses' health study. *PLoS Med* 8(9):e1001090
- Tang G, Qin J, Dolnikowski GG et al (2009) Golden Rice is an effective source of vitamin A. *Am J Clin Nutr* 89(6):1776–1783
- Vissers MN, Zock PL, Katan MB (2004) Bioavailability and antioxidant effects of olive oil phenols in humans: a review. *Eur J Clin Nutr* 58:955–965
- Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, Fernandez-Lopez J, Perez-Alvarez JA (2011) Spices as functional foods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 51:13–28
- Wallerath T, Poleo D, Li H, Förstermann U (2003) Red wine increases the expression of human endothelial nitric oxide synthase: a mechanism that may contribute to its beneficial cardiovascular effects. *J Am Coll Cardiol* 41:471–478
- Wolever TM, Brand-Miller JC, Abernethy J et al (2008) Measuring the glycemic index of foods: interlaboratory study. *Am J Clin Nutr* 87(1):2475–2575
- Wollny T, Aiello L, Di Tommaso D et al (1999) Modulation of haemostatic function and prevention of experimental thrombosis by red wine in rats: a role for increased nitric oxide production. *Brit J Pharmacol* 127:747–755
- World Health Organization (2003) Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO, Geneva
- Zhang Y, Hoon MA, Chandrashekar J et al (2003) Coding of sweet, bitter, and umami tastes: different receptor cells sharing similar signaling pathways. *Cell* 112:293–301

Siti web

<http://lpi.oregonstate.edu>
www.piramideitaliana.it
www.sinu.it/larn/introduzione.asp
www.theheart.org

Indice analitico

2,4,6-tricloroanisolo (TCA) 150
3-mercapto-2-metilpentan-1-olo (aroma delle cipolle) 171
3-metilbut-2-ene-1-tiolo (MBT) 161

A

Acesulfame K (E950) 175
Acetaldeide 162
Acetato di etile 162
Aceto 215, 229
Acidi grassi insaturi 40
 monoinsaturi 42
 acido erucico 42
 acido oleico 42
 polinsaturi 42
 acidi grassi linoleico (LA) 42
 acido arachidonico 42
 α -linolenico (ALA) 42, 212
 DHA (acido docosaesaenoico) 43, 216
 EPA (acido eicosapentaenoico) 43
 trans 44
Acidi grassi omega-3 211, 218, 235
Acidi grassi polinsaturi (PUFA) 215
Acidi grassi saturi 40
Acidi peptidonucleici (*Peptide Nucleic Acid*, PNA) 187
Acido acetico 180
Acido arachidonico (AA) 212
Acido benzoico 179
Acido carnosico 129
Acido citrico 98
Acido clorogenico 104
Acido docosaesaenoico (DHA) 211, 216
Acido docosapentaenoico 216
Acido eicosapentaenoico (EPA) 216
Acido folico 228
Acido formico 181
Acido γ -aminobutirrico (GABA) 144
Acido γ -linolenico (GLA) 212
Acido grasso essenziale α -linolenico 216
Acido lisergico 195
Acido malico 150
Acido propionico 180, 181
Acido sorbico 179
Acido tartarico 99, 148
Acquacoltura 235
Aflatossine 195
Agar-agar 167
Agricoltura 6
Agricoltura di precisione 234
Albume 63
Alcaloidi 104
Alcol-deidrogenasi (ADH) 143
Aldeide (E)-2-nonenale 161
Aldeidi di Strecker 18
Alghie 232
Alitame 175
Allattamento 14
Allergeni 185-186
 nelle noccioline 198
Allilsolfuro 130
Allina 169
Alloro 119
Amaro 17
American Heart Association (AHA) 152, 217
Amido 166, 227, 230
Amido resistente (*Resistant Starch*) 231
Amilasi 122
Amilopectina 168
Ammioacidi 57

- Analisi delle proteine (ELISA) 223
 Anetolo 116
 Anidride carbonica 148
 Anidride carbonica supercritica 193, 219
 Anidride solforosa 149, 179
 Antibiotici 191
 Antiossidanti 154, 159, 186, 203, 219
 Antociani 147, 173, 213
 Antocianine 111
 Aromatizzanti *nature-like* 171
 Aromi 169
 Arsenico 196
 Asparagina 188
 Aspartame 166, 174, 175
 Atopia 186
 Atrazina 224
 Attività dell'acqua (*activity of water*, aW)
 132
- B**
- β-carotene 220, 226
 Bambini 14
 Basilico 117
 Batteri 165
 Batteri lattici (LAB) 229
 Benzoato di sodio 179
 Bevande energetiche 137
 Bilancio *redox* 220
 Birra 159
 Bourbon 162
 Bromuro di metile 202
 Burro 56
- C**
- Caffè 103
 Caffeina 104, 137, 192
 Calcio 85
 Calore latente di evaporazione
 dell'acqua 132
 Canfora 118
 Capsaicina 123
 Capsiato 123
 Caramellizzazione 22
 Carboidrati 23
 amido 28
 amilosio 28
 amilopectina 28
 Rapidly Digestible Starch, RDS 28
 Slowly Digestible Starch, SDS 28
 disaccaridi 26
 lattosio 26
 maltosio 26
 saccarosio 26
 monosaccaridi 23
 enantiomeri 24
 fruttosio 26
 glucosio 25
 isomeri 24
 mannitolo 25
 polioli 25
 sorbitolo 25
 oligosaccaridi 27
 polisaccaridi (glicani) 27
 agenti gelificanti 27
 Cardamomo 128
 Carico glicemico 229
 Carne 64
 Carote 213, 231
 Carote nere 213
 Carotene desaturasi 226
 Caroteni 100
 Carotenoidi 100, 172
 Carragenina 166
 Carvacrolo 118
 Catechine 102, 215
 Cereali integrali 30
 Cereali raffinati 30
 Champagne 157
 Chemestesi 121
 Chiodi di garofano 128
 Cibi funzionali 213
 Cibi ingegnerizzati 222
 Ciclamato 175
 Ciliegie 111
 Cinnamomo o cannella 127
 Cioccolato 107
 Cirrosi alcolica 145
 Citrale 119
 Clorofilla 172
 Cloruro di sodio (NaCl) 177
Clostridium botulinum 178, 193
 Colesterolo 48, 160, 167
 Collagene 64, 199
 Colloidi 160
 Coloranti 171
 Conduzione 20
 Conservanti 176
 Consistenza del cibo 113
 Consumo di carne 68
 Consumo moderato di alcol 146, 153

- Convezione 20
Coriandolo 120, 126
Cottura 17
Cottura
 in acqua 20
 in pentola a pressione 21
 sotto vuoto 21
Crescione 120
Crocetina 172
Cucine del mondo 4
Cultura del cibo 1
Cumino 120
Curcuma 126
Curcumina 126
Curry 126
- D**
DDT (diclorodifeniltricloroetano) 190
Densità energetica 13
Designazione Europea di Origine Protetta (DOP) 183
Di-2-etilesil-adipato (DEHA) 189
Dieta mediterranea 10
Dietilstilbestrolo (DES) 191
Disidratazione 139
Dodecenale 120
Dolce 16
Dolcificanti 174
Dragoncello 119
- E**
Emulsionanti 167
Endocannabinoidi 109
Endotelina-1 (ET-1) 156
Epigallocatechina gallato 106
Epigenetica 231
Equilibrio energetico 10
Equilibrio idrico 138
Erbe aromatiche 116
Erbicidi 222
Esestrolo 191
Estragolo 119
Estrogeni 191
Etanolemia 143
Etanolo 141
Etilvanillina 170
Evoluzione della dieta 4
- F**
Fabbisogno 10
Fabbisogno calorico 12
Fattori “antinutrizionali” 9
Fenilalanina 175, 199
Feniletilammmina (PEA) 107
Fenoli 129, 214
Fermentazione di grano e orzo 159
Fermentazione malo-lattica 149
Ferro 87
Fertilizzanti 201
Fibre alimentari 34
 β -glucani 38
 agar 37
 alginati 37
 cellulosa 36
 gomme 38
 inulina 37
 lignina 35
 pectine 37
Finocchio 116
Fitene sintetasi 226
Fitosteroli 48
Flavanoli 147, 154
Flavonoidi 102, 144, 154
Flora batterica 232
Folati 229
Food Standards Agency (FSA) 202
Forno “misto” convezione-vapore 21
Forno a microonde 21
Forno con ventilazione 21
Fortificazione degli alimenti 228
Fosfolipidi 47
Fosforo 85
Foto protezione 101
Frittura 20
Frutta 90
Frutto-oligosaccaridi (FOS) 212
Fruttosio 174
Funghi patogeni 165
Furanocumarine 203
- G**
Gastronomia 1
Gemme gustative 16
Genomica 224
Genotipo risparmiatore 7
Gestazione 14
Gingerolo 125
Glicerina 218
Glicosidasi 215, 216
GLP-1 (*Glucagone-Like Peptide-1*) 124

Glutammato monosodico (MSG) 166, 168
Glutine 31, 32
Golden rice 227
Grano duro 33
Grassi 39
Grigliata 20
Guaranà 137, 193
Gusto 16

I

Idrocarburi aromatici policiclici 189
Idrocarburi terpenici 117
Idrolisi 22
Idrossianisolo butilato (BHA) 99, 179
Impronta gustativa (*imprinting*) 114
Indice glicemico 29, 228, 229
Inosina monofosfato (IMP) 168
Iodio 89
Irraggiamento 20
Irrancidimento dei grassi 46
Isoflavoni 214

L

LARN (Livelli di Assunzione
Raccomandati di Nutrienti) 10
Latte 60
Latte materno 14, 61
LDL ossidate 102
Lecitina 47, 107, 193
Legami a idrogeno 133
Legami di van der Waals 133
Legumi 71
 arachidi 72
 soia 72
Licopene 100, 102, 214
Lieviti 157, 165
Limonene 117
Linee Guida per una Sana Alimentazione
 Italiana (INRAN/MiPAF) 8
Lipasi pancreatica 122
Lipoproteine a bassa densità (LDL) 107, 111
Lipoproteine ad alta densità (HDL) 144
Liquirizia 174
Luteina 172

M

Macroelementi 82
Macronutrienti 11, 226
Magiorana 118
Magnesio 84

Marinatura 65
Matrice oleosa 115
Mele 110
Melissa 119
Menta 119
Mentolo 119
Mercurio 196
Metabolismo “basale” 11
Metabolomica 184, 224
Microbiota 103, 186
Microelementi 82
Micronutrienti 226
Micro-ossigenazione 149
Mioglobina 66
Miristicina 128
Monossido di azoto 106

N

Naso artificiale 204
Naso elettronico 160
Nitrati 191
Nitrato di potassio 178
Nitrosammine 178
Nitrossido 155
Noce moscata 128
Nootkaone 176
Nutraceutici 211
Nutricinetica 228
Nutrigenomica 233

O

Oleoresine 117
Oli di semi 211
Oli DOP e IGP 52
Oli essenziali 117
Olio
 d’oliva 49, 99
 di cocco 56
 di colza 56
 di mais 55
 di oliva vergine 208
 di palma 56
 di palmisti 56
 di semi d’arachide 55
 di semi di girasole 55
 di semi di lino 55
 di sesamo 55
 di soia 54
 extravergine di oliva 208
 vergine 208

Origano 118
Ortaggi 90
Ossalati 193
Ossidazione 22, 97
Ossidazione degli oli 54
Ossido nitrico 120, 192

P

Pancreatite alcolica 145
Pane 32
Papaina 160
Papille 16
“Paradosso francese” 144, 151
Pasti principali 11
Patate 31
Pectine 166
Pepe 124
Peperoncino 123
Pesce 65, 70
Pesticidi 202, 224
Phytochemicals 9
Picrocrocina 128
Piombo 195
Piperina 124
Pirrolizidine 193
Polifenoli 102, 154, 214
Polisaccaridi non amidacei (*Non Starch Polysaccharides*, NSP) 230, 231
Polivinilcloruro (PVC) 189
Polivinilpirrolidone 160
Polymerase Chain Reaction (PCR) 183
Potassio 84, 111
Prebiotici 186
Preparati proteici idrosilati (*Protein Hydrolyzed Formulas*, PHF) 114
Prezzemolo 117
Probiotici 186
Procianidine 156
Propoli 184
Proteomica 197, 224
PUFA omega-3 217

Q-R

Quantità benessere (QB) 10
Quercetina 110
Radical scavenging 98
Radicale superossido 150
Radicali liberi 97, 173, 219
Rafano 120
Rame 88

Reazione di Maillard 17, 115, 133, 161, 187, 215
Reflusso gastroesofageo 145
Resveratrolo 154
Retrogradazione dell'amido 168
Rosmarino 118, 129
Rosso d'uovo 63, 167

S

Saccarina 174
Saccarosio 174
Safranale 128
Salamoia 177
Salato 17
Salnitro 178
Salvia 118
Santoreggia 119
Selenio 89, 215
Sete 139
Sinigrina 120
Sistema immunitario 232
Sistemi sensoriali 16
Sodio 83
Soia 227
Solanina 192
Specie reattive dell'ossigeno (ROS) 110
Spina bifida 106
Spinaci 120
Sport drinks 137
Spuntini 11
Stilbeni 154
Stress biotici 197
Sucralosio 176
Surgelati 207

T

Tannini 147-148, 154
Tartrazina (E102) 166
Tasso alcol emico 141
Taste Receptor Cells (TRC) 16
Tè nero 105
Tè verde 105
Teanina 106
Tempera del cioccolato 168
Temperaggio 109
Teobromina 192
Terpeni 204
Tetrodotossina 194
Texture 113
Timo 118

Timolo 118
Tocoferoli 220
Tocotrienoli 220
Torrefazione 20
Tossicità epatica dell'etanolo 143
Triclorofenolo (TCP) 150
Trigliceridi 46, 107

U-V

Umami 17, 115, 168
Uovo 63
Valore energetico 11
Vaniglia 129
Vanillina 169, 170
Vinilcloruro (VCM) 189
Vino 147
Virtual Aroma Synthetiser 171
Vitamina A (retinolo) 80, 235
Vitamina B1 (tiamina) 76
Vitamina B2 (riboflavina) 77
Vitamina B5 (acido pantotenico) 78

Vitamina B6 (piridossina) 78
Vitamina B9 (acido folico) 78
Vitamina B12 (cobalamina) 79
Vitamina C (acido ascorbico) 79, 98
Vitamina D (calciferolo) 81, 218
Vitamina E (tocoferolo) 81
Vitamina H (biotina) 78
Vitamina K 82
Vitamina PP (niacina) 78
Vitamine idrosolubili 76
Vitamine liposolubili 80

W-X-Z

Whisky 161
Whisky-lattori 163
Xantofille 100
Zafferano 128, 172
Zafferanone 128
Zenzero 125
Zinco 89
Zucchero di palma 198