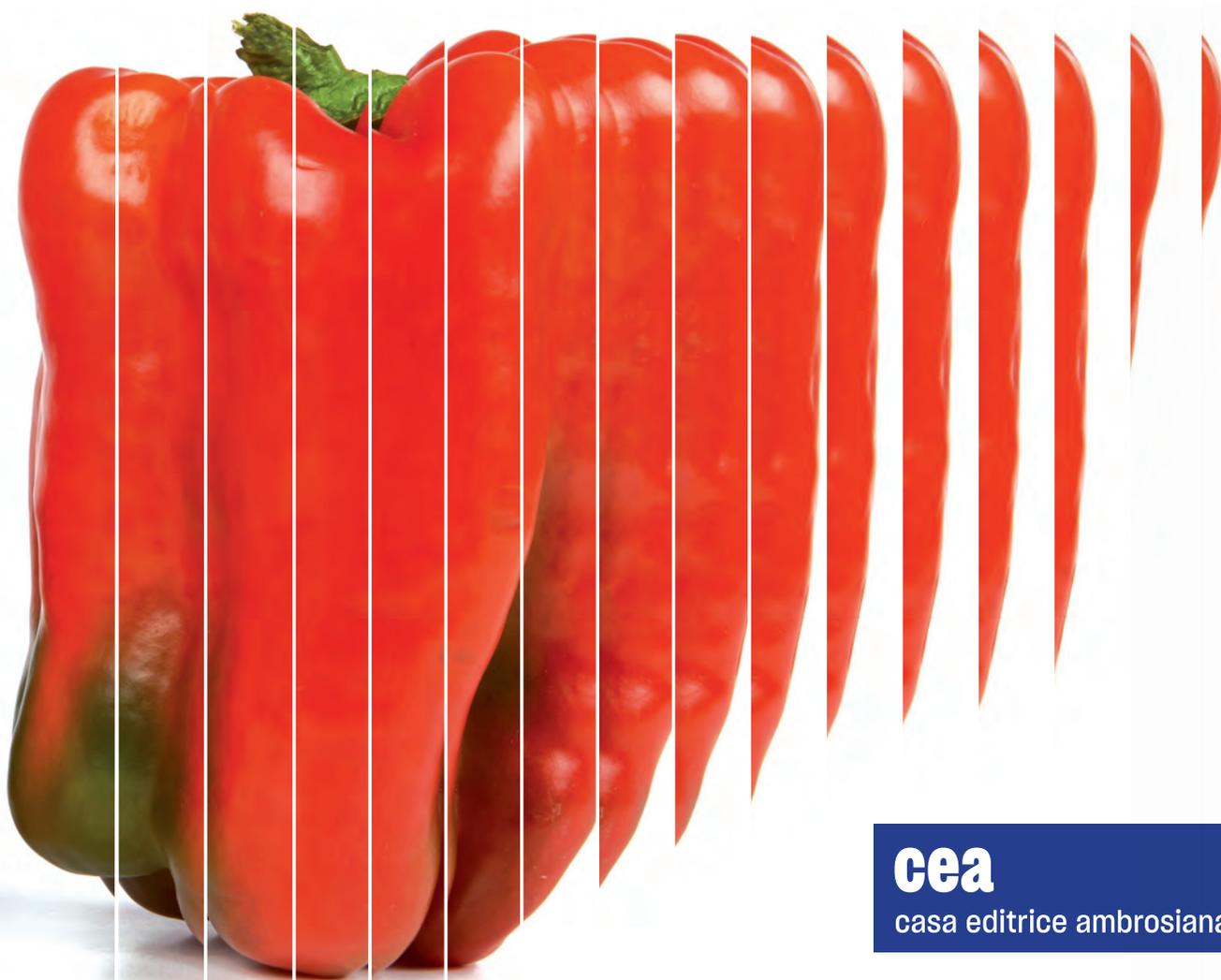


a cura di
Luisa Mannina
Maria Daglia
Alberto Ritieni

La chimica e gli alimenti

**nutrienti e aspetti
nutraceutici**



cea

casa editrice ambrosiana

a cura di
Luisa Mannina
Maria Daglia
Alberto Ritieni

La chimica e gli alimenti

**nutrienti e aspetti
nutraceutici**

cea

casa editrice ambrosiana

Indice generale

Gli alimenti tra nutrizione e benessere

Antonio Casini

1 Principi e indicazioni per un miglior uso degli alimenti	1
2 Fabbisogni, equivalenti calorici e dieta bilanciata	2
PER APPROFONDIRE/1 Equazione di Harris-Benedict	3
3 Proteine	4
▪ Reazioni avverse alle proteine	5
4 Carboidrati	6
PER APPROFONDIRE/2 Il glutine e la celiachia	7
5 Lipidi	8
6 Micronutrienti	9
7 Composti ad attività nutraceutica e alimenti funzionali	10
PER APPROFONDIRE/3 La storia della Chimica degli alimenti in Italia	10

1

Principi di legislazione alimentare

Maria Daglia, Alessandra Baldi, Arianna Di Lorenzo, Carmen Di Giovanni

1.1 Integratori alimentari	12
PER APPROFONDIRE/1 <i>Botanicals</i> negli integratori alimentari	13
▪ Notifica, etichettatura e pubblicità	14
1.2 Alimenti addizionati di vitamine, minerali e altre sostanze	15
▪ Notifica, etichettatura e pubblicità	15
1.3 Alimenti destinati ai celiaci: “senza glutine” o “a contenuto di glutine molto basso”	15
▪ Etichettatura	15
PER APPROFONDIRE/2 LARN	16
1.4 Alimenti “senza lattosio” o a “ridotto tenore di lattosio”	16
▪ Etichettatura	16

1.5 Prodotti destinati a gruppi specifici della popolazione	17
▪ Alimenti per la prima infanzia	17
▪ Alimenti a fini medici speciali	19
▪ Prodotti per la riduzione del peso corporeo	20
1.6 Etichettatura dei prodotti alimentari	21
▪ Indicazioni obbligatorie	22
▪ Denominazione dell'alimento	22
▪ Indicazioni obbligatorie complementari	23
▪ Elenco di ingredienti e allergeni	23
▪ Paese di origine	26
▪ Dichiarazione nutrizionale	27
▪ Indicazioni volontarie	29
▪ Indicazioni nutrizionali e salutistiche	29
PER APPROFONDIRE/3 Etichetta semaforo	30
PER APPROFONDIRE/4 EFSA	31
Bibliografia	31

2

Autenticazione degli alimenti

33

Davide Bertelli, Ivana Lidia Bonaccorsi, Paola Dugo, Maria Plessi

2.1 Qualità degli alimenti	33
PER APPROFONDIRE/1 IL RASFF	34
▪ Marchi di qualità	34
2.2 Autenticazione e tracciabilità	35
PER APPROFONDIRE/2 Frodi alimentari	36
▪ Autenticazione dei prodotti alimentari	36
2.3 Soluzioni analitiche al problema dell'autenticazione	37
▪ Metodi di analisi convenzionali	37
▪ Metodi avanzati di analisi	38
▪ Spettroscopia nell'infrarosso	38
▪ Analisi separative	39
▪ Tecniche cromatografiche	39
▪ Analisi non separative	40
▪ Spettrometria di massa	40
PER APPROFONDIRE/3 Tecniche cromatografiche	40
▪ Risonanza magnetica nucleare	44
▪ Analisi isotopiche	45
Bibliografia	46

3

Sali minerali e acqua 47

*Antonello Santini, Giancarlo Tenore, Giuliana Vinci,
Anna Maria Giusti, Donatella Capitani, Noemi Proietti*

A SALI MINERALI 47**3.1 Funzioni dei sali minerali** 47**3.2 Classificazione dei sali minerali** 48

PER APPROFONDIRE/1 Bioaccessibilità e biodisponibilità 48

3.3 Le tabelle nutrizionali dei minerali 49**3.4 I LARN per i minerali** 49**3.5 Macroelementi** 49

- Sodio 49
- Potassio 49
- Magnesio 50
- Calcio 51

3.6 Oligoelementi o elementi presenti in traccia 51

- Ferro 51
- Rame 52
- Zinco 52
- Manganese 52
- Selenio 52
- Iodio 53
- Fluoro 53
- Cobalto 53

3.7 Effetto del trattamento termico 54**3.8 Metodologie analitiche avanzate** 54

- Spettroscopia di assorbimento atomico (AAS) 54
- Gascromatografia a elevata risoluzione abbinata alla spettrometria di massa (HR GC-MS) 55
- Spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS) 56

B ACQUA 58**3.9 Acque destinate al consumo umano** 58

- Caratteristiche delle acque destinate al consumo umano 58

PER APPROFONDIRE/2 L'acqua sulla Terra 59

3.10 Acqua: caratteristiche di composizione 62

- Attività dello ione H⁺ 62
- Conducibilità elettrica specifica 63
- Torbidità 63
- Residuo secco determinato a 180 °C (o residuo calcolato) 63
- Durezza 63
- Componenti principali 63
- Sostanze azotate 64
- Ferro e manganese 64

- Altre sostanze chimiche 64
- Il cloro 65
- Parametri microbiologici 65

3.11 Attività dell'acqua 66

- Misurazione dell'attività dell'acqua 66

Bibliografia 67

4

Vitamine liposolubili 69

*Lina Cossignani, Francesca Blasi, Giovanni Burini,
Domenico Montesano*

4.1 Le vitamine, composti organici essenziali per gli esseri umani 69**4.2 Vitamine A (retinolo) e carotenoidi** 70

- Caratteristiche chimico-fisiche e stabilità 73
- Proprietà nutrizionali 74
- Valori LARN 76
- Biodisponibilità 77
- Stati carenziali e tossicità 77
- Fonti alimentari, integratori e prodotti nutraceutici 79

4.3 Vitamina D 81

- Caratteristiche chimico-fisiche e stabilità 83
- Proprietà nutrizionali 84
- Valori LARN 86
- Biodisponibilità 86
- Stati carenziali e tossicità 86
- Fonti alimentari, integratori e prodotti nutraceutici 87

4.4 Vitamina E (α-tocoferolo) 88

- Caratteristiche chimico-fisiche e stabilità 88
- Proprietà nutrizionali 92
- Valori LARN 93
- Biodisponibilità 93
- Stati carenziali e tossicità 94
- Fonti alimentari, integratori e prodotti nutraceutici 94

4.5 Vitamina K 96

- Caratteristiche chimico-fisiche e stabilità 97
- Proprietà nutrizionali 97
- Valori LARN 97
- Biodisponibilità 98
- Stati carenziali e tossicità 99
- Fonti alimentari, integratori e prodotti nutraceutici 99

4.6 Determinazione analitica delle vitamine liposolubili 100

- Analisi della vitamina A 101
- Analisi della vitamina D 102
- Analisi della vitamina E: tocoferoli (α, β, γ e δ) e tocotrienoli 102
- Analisi della vitamina K 102

Bibliografia 103

5

Vitamine idrosolubili 105*Elena Dreassi, Irene Dini***5.1 Tiamina (vitamina B₁)** 106

- Caratteristiche chimico-fisiche e stabilità 106
- Proprietà nutrizionali 107
- Valori LARN 107
- Biodisponibilità 107
- Stati carenziali e tossicità 107
- Fonti alimentari, integratori e prodotti nutraceutici 108

5.2 Riboflavina (vitamina B₂) 109

- Caratteristiche chimico-fisiche e stabilità 109
- Proprietà nutrizionali 109
- Valori LARN 110
- Biodisponibilità 110
- Stati carenziali e tossicità 111
- Fonti alimentari, integratori e prodotti nutraceutici 111

5.3 Niacina o vitamina PP (vitamina B₃) 111

- Caratteristiche chimico-fisiche e stabilità 111
- Proprietà nutrizionali 111
- Valori LARN 111
- Biodisponibilità 111
- Stati carenziali e tossicità 112
- Fonti alimentari, integratori e prodotti nutraceutici 112

5.4 Acido pantotenico (vitamina B₅) 113

- Caratteristiche chimico-fisiche e stabilità 113
- Proprietà nutrizionali 113
- Valori LARN 113
- Biodisponibilità 113
- Stati carenziali e tossicità 113
- Fonti alimentari, integratori e prodotti nutraceutici 113

5.5 La piridossina (vitamina B₆) 114

- Caratteristiche chimico-fisiche e stabilità 114
- Proprietà nutrizionali 114
- Valori LARN 114
- Biodisponibilità 114
- Stati carenziali e tossicità 114
- Fonti alimentari, integratori e prodotti nutraceutici 114

5.6 Biotina, vitamina H (vitamina B₇) 114

- Caratteristiche chimico-fisiche e stabilità 114
- Proprietà nutrizionali 114
- Valori LARN 115
- Biodisponibilità 115
- Stati carenziali e tossicità 116
- Fonti alimentari, integratori e prodotti nutraceutici 116

5.7 Acido folico (vitamina B₉) 116

- Caratteristiche chimico-fisiche e stabilità 116
- Proprietà nutrizionali 116
- Valori LARN 116
- Biodisponibilità 116
- Stati carenziali e tossicità 117
- Fonti alimentari, integratori e prodotti nutraceutici 118

5.8 Cobalamina (vitamina B₁₂) 118

- Caratteristiche chimico-fisiche e stabilità 118
- Proprietà nutrizionali 118
- Valori LARN 118
- Stati carenziali e tossicità 118
- Biodisponibilità 118
- Fonti alimentari, integratori e prodotti nutraceutici 119

5.9 Acido ascorbico (vitamina C) 119

- Caratteristiche chimico-fisiche e stabilità 119
- Proprietà nutrizionali 119
- Valori LARN 120
- Biodisponibilità 120
- Stati carenziali e tossicità 120
- Fonti alimentari, integratori e prodotti nutraceutici 121

5.10 Determinazione delle vitamine idrosolubili negli alimenti 121

- Stabilità e determinazione delle vitamine idrosolubili 121
- Determinazione della tiamina 121
- Determinazione delle flavine (vitamina B₂) 122
- Determinazione delle vitamine del gruppo della niacina 122
- Determinazione dei vitameri B₆ 122
- Determinazione dell'acido pantotenico 122
- Determinazione della biotina 123
- Determinazione dei folati 123
- Determinazione della vitamina B₁₂ 123
- Determinazione di acido ascorbico e deidroascorbico 123

Bibliografia 124

6

Lipidi 125

Nadia Mulinacci, Marzia Innocenti, Lina Cossignani, Francesca Blasi, Domenico Montesano, Giacomo Dugo, Marcello Saitta, Nicola Cicero, Giuseppa Di Bella, Luisa Mannina, Anatoly P. Sobolev, Stefania Cesa, Antonio Casini, Cinzia Ingallina, Andrea Salvo

6.1 Caratteristiche dei lipidi 125**6.2 Lipidi saponificabili** 126

- Acidi grassi 126
- Acilgliceroli 128
- Fosfolipidi 128
- Glicolipidi 129
- Cere 129
- Steridi 129

6.3 Lipidi non saponificabili 129

- Steroli 129
- Terpeni e terpenoidi 130

PER APPROFONDIRE/1 **Importanza biologica dello squalene** 131

6.4 Irrancidimento	131
▪ Autossidazione	132
▪ Fotossidazione	135
▪ Antiossidanti: meccanismo di azione e strutture chimiche	135
6.5 Caratteristiche nutrizionali e ruolo biologico	137
▪ Assunzione di lipidi e salute	137
▪ Digestione, assorbimento e trasporto dei lipidi	138
▪ Principali fonti alimentari di lipidi	138
Bibliografia	145

7**Alimenti lipidici** 147

Nadia Mulinacci, Marzia Innocenti, Lina Cossignani, Francesca Blasi, Domenico Montesano, Giacomo Dugo, Marcello Saitta, Nicola Cicero, Giuseppa Di Bella, Luisa Mannina, Anatoly P. Sobolev, Stefania Cesa, Antonio Casini, Cinzia Ingallina, Andrea Salvo

7.1 Olio di oliva	147
▪ Frazione saponificabile	147
PER APPROFONDIRE/1 Caratteristiche degli oli di oliva e produzione dell'olio extravergine di oliva	148
▪ Frazione insaponificabile	151
▪ Composti fenolici	154
▪ Classificazione degli oli di oliva	155
▪ Qualità e genuinità	156
PER APPROFONDIRE/2 Aspetti legislativi e merceologici	160
7.2 Oli di semi	161
▪ Raffinazione degli oli alimentari	162
▪ Trasformazioni che avvengono nel corso della frittura	163
7.3 Burro	164
▪ Definizione	164
▪ Composizione	165
▪ Difetti e alterazioni	166
▪ Tecnologie di produzione	166
PER APPROFONDIRE/3 Aspetti legislativi e merceologici	166
PER APPROFONDIRE/4 Le fasi per la produzione del burro	167
7.4 Margarine	167
7.5 Alimenti funzionali, dietetici e integratori a base di lipidi	167
▪ Prodotti contenenti acidi grassi ω -3	167
▪ Prodotti utili per il controllo del colesterolo	169
PER APPROFONDIRE/5 Etichettatura degli alimenti	170
PER APPROFONDIRE/6 Lipidi strutturati	171
Bibliografia	171

8**Amminoacidi, proteine e peptidi** 173

Stefano Sforza, Augusta Caligiani

8.1 Dagli amminoacidi alle proteine	173
8.2 Amminoacidi: struttura e proprietà	174
8.3 Proteine	177
▪ Struttura e classificazione di peptidi e proteine	177
▪ Proprietà chimico-fisiche delle proteine: solubilità, punto isoelettrico	178
PER APPROFONDIRE/1 Solubilità delle proteine	178
8.4 Metabolismo azotato e valori nutrizionali delle proteine	179
▪ Amminoacidi essenziali e qualità nutrizionale delle proteine	179
▪ Digeribilità e qualità nutrizionale delle proteine	181
▪ Raccomandazioni nutrizionali	183
8.5 Reattività di amminoacidi e proteine negli alimenti	183
▪ Denaturazione e degradazione delle proteine	183
▪ Idrolisi delle proteine	183
▪ Modificazioni chimiche di amminoacidi, peptidi e proteine	184
Bibliografia	186

9**Alimenti e integratori alimentari proteici** 187

Augusta Caligiani, Anna Arnoldi, Carmen Lammi, Stefano Sforza

9.1 Proteine animali e vegetali	187
9.2 Latte e derivati	188
▪ Proteine del latte vaccino	188
▪ Produzione di lattini formulati per l'infanzia: principali modifiche al latte vaccino	191
9.3 Carne	192
▪ Proteine della carne	192
9.4 Prodotti ittici	194
▪ Proteine del pesce	194
9.5 Uova	194
▪ Proteine dell'uovo	195
9.6 Legumi	196
▪ Proteine dei legumi	196
9.7 Proteine e reazioni allergiche	197

9.8 Produzione, applicazioni e usi di aminoacidi e proteine	199
▪ Produzione di aminoacidi	199
▪ Produzione di proteine da fonti convenzionali e alternative	199
▪ Produzione di idrolizzati proteici	201
▪ Esempi di applicazioni nei prodotti dietetici e negli integratori alimentari	202
9.9 Molecole azotate bioattive	203
▪ Molecole azotate bioattive di origine animale: creatina, carnitina, taurina e altre	203
▪ Peptidi bioattivi	204
▪ Bioaccessibilità e biodisponibilità dei peptidi	204
▪ Peptidi ad attività oppioide	204
▪ Peptidi ACE-inibitori	206
▪ Peptidi attivi sul controllo del colesterolo	206
▪ Altri peptidi bioattivi	206
9.10 Metodologie analitiche applicate	207
▪ Separazione di proteine e peptidi con metodologie chimico-fisiche	207
▪ Analisi degli aminoacidi	207
▪ Analisi dei peptidi	209
▪ Analisi delle proteine	210
PER APPROFONDIRE/1 Fenilchetonuria	212
Bibliografia	212

10**Carboidrati** 213

Pasquale Agozzino, Giuseppe Avellone, Danila Di Majo, Vita Di Stefano, Maurizio La Guardia, Nadia Mulinacci

10.1 Caratteristiche generali	213
▪ Classificazione	214
▪ Proiezione di Fischer	214
▪ Serie steriche	214
▪ Attività ottica	214
▪ Anomeri	216
▪ Nomenclatura: un riepilogo	217
▪ Zuccheri riducenti	217
10.2 Principali monosaccaridi	218
▪ Glucosio	218
▪ Fruttosio	218
10.3 Derivati dei monosaccaridi	218
▪ Prodotti di riduzione	218
▪ Prodotti di ossidazione	218
10.4 Glicosidi	219
10.5 Disaccaridi	219
▪ Saccarosio	219
▪ Lattosio	220
▪ Lactulosio e lactiolo	220

▪ Maltosio	220
PER APPROFONDIRE/1 Intolleranza al lattosio	221
▪ Il galattosio	221
10.6 Oligosaccaridi	222
10.7 Polisaccaridi	222
▪ Amidi	222
▪ Enzimi amilolitici	223
▪ Derivati dell'amido	224
▪ Glicogeno	224
▪ Cellulosa	225
10.8 Sostanze dolci	225
▪ Potere dolcificante	226
▪ Dolcificanti di massa o dolcificanti "bulk"	227
▪ Edulcoranti naturali	227
▪ Polialcoli	228
▪ Edulcoranti intensivi o intensi	229
▪ Edulcoranti sintetici	230
▪ Dolcificanti intensi: caratteristiche specifiche, strutture, proprietà	230
▪ Sweet protein	235
PER APPROFONDIRE/2 Altre sweet protein	237
▪ Sicurezza d'uso dei dolcificanti intensi	237
10.9 Fibra alimentare	239
▪ Amido resistente	239
▪ Inulina	240
▪ Pectine	240
▪ Alginati e carragenine	242
▪ Ruoli della fibra nell'alimentazione umana	242
PER APPROFONDIRE/3 Indicazioni nutrizionali e sulla salute per i carboidrati	243
Bibliografia	245

11**Cereali** 247

Pasquale Agozzino, Giuseppe Avellone, Danila Di Majo, Vita Di Stefano, Maurizio La Guardia

11.1 Caratteristiche generali	247
▪ Proteine	248
▪ Glucidi	250
▪ Lipidi	251
▪ Vitamine	251
▪ Minerali	251
11.2 Frumento	251
▪ Pane	254
PER APPROFONDIRE/1 Caratteristiche merceologiche degli sfarinati di frumento	255
▪ Pasta	256
11.3 Riso	259
▪ Composizione chimica e classificazione	260

11.4 Mais	260
▪ Composizione chimica e valori nutrizionali	261
11.5 Segale	262
11.6 Orzo	262
11.7 Avena	262
11.8 Miglio	262
11.9 Componenti ad attività nutraceutica dei cereali	263
▪ Avenantramide	263
▪ Acido fitico e fitati	263
▪ γ -Orizanolo	263
▪ β -Glucani	264
Bibliografia	264

12

Costituenti bioattivi degli alimenti di origine vegetale 265

Sauro Vittori, Gianni Sagratini, Dennis Fiorini, Vita Di Stefano, Alberto Angioni, Roberta Budriesi, Matteo Micucci, Giorgia Sarais

PER APPROFONDIRE/1 Lo studio degli alimenti	265
PER APPROFONDIRE/2 Le vie dei metaboliti primari	266
PER APPROFONDIRE/3 Gli alcaloidi derivati dagli amminoacidi	267
PER APPROFONDIRE/4 Biodisponibilità e nutraceutici	268
12.1 Via dello shikimato	269
▪ Polifenoli non flavonoidi	269
PER APPROFONDIRE/5 I fitoestrogeni	273
▪ Polifenoli flavonoidi	274
▪ Tannini	278
12.2 Via del mevalonato	279
▪ Saponine	279
12.3 Alchilresorcinoli	281
12.4 Metodi innovativi di analisi	282
▪ Estrazione solido-liquido	282
▪ Estrazione con fluidi supercritici	283
Bibliografia	283

13

Il miele e i prodotti dell'alveare 285

Luca Rastrelli, Mariateresa Russo, Sonia Carabetta, Anna Lisa Piccinelli, Imma Pagano, Luca Campone, Serena Rizzo

13.1 Definizione e classificazione	285
13.2 Produzione naturale	285

13.3 Composizione chimica	286
▪ Zuccheri	286
▪ Acqua	286
▪ Proteine	287
▪ Acidi organici	288
▪ Vitamine	289
▪ Sostanze minerali	289
▪ Costituenti minori	289
13.4 Proprietà chimico-fisiche	290
▪ Colore	290
▪ Cristallizzazione	290
▪ Indice di rifrazione	291
▪ Potere rotatorio	291
▪ Densità e peso specifico	291
▪ Viscosità	291
▪ Igroscopicità	291
▪ Conducibilità elettrica	291
13.5 Proprietà biologiche	291
▪ Proprietà nutrizionali	291
▪ Attività antiossidante	292
▪ Attività antimicrobica	292
▪ Altre attività biologiche	292
13.6 Lavorazione del miele	292
13.7 Conservazione del miele	293
13.8 Normativa	293
13.9 Controllo della genuinità	294
13.10 Controllo della qualità	295
13.11 Determinazione dell'origine geografica	295
13.12 Determinazione dell'origine botanica	296
▪ Analisi chimico-fisiche	296
▪ Analisi della componente polifenolica	296
▪ Analisi melissopalnologica	297
13.13 Residui presenti nel miele	297
13.14 Altri preziosi prodotti dell'alveare	299
▪ Polline	299
▪ Pappa reale	299
▪ Propoli	299
Bibliografia	300

14

Caffè, tè, cacao e bevande alcoliche 301

Chiara Cordero, Erica Liberto, Monica Locatelli, Fabiano Travaglia, Jean Daniel Coisson

A ALIMENTI E BEVANDE NERVINE

14.1 Caffè	301
▪ Dalla coltivazione al prodotto finito	301

- Composizione chimica 303
- Componenti bioattivi ed effetti fisiologici 306
- Caffè e salute 309

PER APPROFONDIRE/1 Le indicazioni sulla salute approvate per la caffeina 310

14.2 Tè 311

- Cenni botanici 311
- Classificazioni e processi di trasformazione 311
- Utilizzo e preparazione della bevanda 312
- Composizione chimica 313
- Componenti bioattivi ed effetti fisiologici 317

14.3 Cacao 321

- Prodotti di cacao e cioccolato 321
- Grassi vegetali diversi dal burro di cacao 322
- Composizione chimica 322
- Cenni di tecnologia 325
- Componenti bioattivi ed effetti fisiologici 326

B BEVANDE ALCOLICHE

14.4 Vino 330

- Composizione chimica 330
- Cenni di vinificazione 333
- Componenti bioattivi ed effetti fisiologici 334

14.5 Birra 335

- Composizione chimica 336
- Cenni di birrificazione 338
- Componenti bioattivi ed effetti fisiologici 339

14.6 Etanolo e tossicità 340

Bibliografia 341

15 Prodotti biologici, biodinamici e OGM 343

Alberto Angioni, Giacomo Luigi Petretto

A PRODOTTI BIOLOGICI E BIODINAMICI

15.1 Il metodo biologico 343

- Legislazione 344
- Certificazione dei prodotti biologici 344
- Alimenti biologici 345
- Fitofarmaci 345
- Profilo nutrizionale 346

15.2 Metodo biodinamico 346

- Il sistema fattoria 346

15.3 Differenza fra alimenti biologici e biodinamici 347

B PRODOTTI GENETICAMENTE MODIFICATI

15.4 Metodi biotecnologici 348

- Nascita e sviluppo dell'agro-biotech 348
- Cenni sui metodi di trasformazione genetica 349
- Sicurezza dei prodotti OGM 350
- Normativa 351
- Alimenti OGM 352

15.5 Alimenti biologici, biodinamici e OGM a confronto 352

Bibliografia 354

16 Prodotti alimentari non convenzionali 357

Alessia Fazio, Pierluigi Plastina, Elena Dreassi, Alberto Ritieni

A NOVEL FOOD

PER APPROFONDIRE/1 Novel food 358

16.1 Alghe 358

- Classificazione 359
- Caratteristiche 359
- Composizione delle principali alghe edibili 360

16.2 Insetti per consumo umano 361

- Entomofagia 361
- Insetti e sicurezza alimentare 362
- Composizione dei principali insetti edibili 362
- Trasformazione degli insetti in alimenti 364

B CANAPA

16.3 Canapa 365

- Cenni storici 365
- Aspetti normativi 365
- Olio di semi di canapa 365
- Composizione dell'olio di semi di canapa 365
- Farina di semi di canapa 366

C GHIACCIO, GELATI, CHEWING GUM, CARMELLE

16.4 Ghiaccio 368

- Autoproduzione e produzione industriale 368
- Sicurezza alimentare 368

16.5 Gelati 369

- Miscela 369
- Prodotto finito 369
- Composizione 370

16.6 Gomme da masticare 370

- Composizione della fase insolubile in acqua 370
- Composizione della fase solubile in acqua 371
- Gomme da masticare con composti bioattivi 372

16.7 Caramelle 372

▪ Composizione	372
▪ Produzione e stoccaggio	373
PER APPROFONDIRE/2 Sciroppo di glucosio e zucchero invertito	374
Bibliografia	374

17**Formulazione degli integratori alimentari** 375

Franca Ferrari, Silvia Rossi, Maria Cristina Bonferoni, Giuseppina Sandri

17.1 Compresse	375
▪ Proprietà dei materiali funzionali al processo di compressione	377
▪ Eccipienti per compresse	378
17.2 Capsule	381
▪ Capsule di gelatina rigide	382
▪ Capsule di gelatina molli	385
▪ Capsule riempite con liquidi e semisolidi	387
▪ Capsule diverse dalla gelatina	388
17.3 Polveri e granulati	388
17.4 Soluzioni	390
▪ Scelta del solvente per soluzioni acquose	390
▪ Scelta del solvente per soluzioni non acquose	391
▪ Formulazione di soluzioni per uso orale	391
17.5 Sistemi dispersi	392
▪ Sospensioni	392
▪ Emulsioni	394
17.6 Gel linguali	395
Bibliografia	395

18**Fattori antinutrizionali** 397

Anna Arnoldi, Gilda Aiello, Giovanna Boschin, Carmen Lammi

18.1 Caratteristiche generali e classificazione dei fattori antinutrizionali	397
▪ Funzioni fisiologiche	397
▪ Meccanismi d'azione	398
▪ Effetti positivi e negativi	398
▪ Modulazione della produzione	398
▪ Classificazione	398
18.2 Proteine	398
▪ Inibitori delle proteasi	398
▪ Inibitori delle α -amilasi	399

▪ Lectine	399
▪ Avidina	399
18.3 Polifenoli	399
▪ Gossipolo	399
▪ Tannini	400

18.4 Zuccheri e loro derivati	400
▪ α -Galattosidi	400
▪ Saponine	400

PER APPROFONDIRE/1 Sindrome LES	401
▪ Glucosidi cianogenetici	401

18.5 Acidi organici	402
▪ Acido ossalico	402
▪ Acido fitico	402
▪ Acido erucico	402

18.6 Composti solforati	403
▪ Glucosinolati e sulforafano	403
▪ Goitrina	403
PER APPROFONDIRE/2 Latirismo	404

18.7 Composti azotati	404
▪ Acido ossalildiamminopropionico	404
▪ Ammine biogene	404

18.8 Alcaloidi	405
▪ Solanina e tomatina	405
▪ Alcaloidi chinolizidinici	405
▪ Vicina e convicina	405

18.9 Metodi per inattivare i fattori antinutrizionali	406
▪ Trattamenti termici	406
PER APPROFONDIRE/3 Favismo	406

▪ Decorticazione	407
▪ Germinazione	407
▪ Fermentazione	407
▪ Estrazione e altre tecniche di separazione	407
▪ Macerazione	407

Bibliografia	407
---------------------	-----

19**Contaminanti e additivi** 409

Alberto Angioni, Anna Lisa Piccinelli, Pierluigi Caboni, Nicola Cicero, Chiara Dall'Asta, Giuseppa Di Bella, Arnaldo Dossena, Giacomo Dugo, Gianni Galaverna, Luca Rastrelli, Rossella Vadalà

A CONTAMINANTI ALIMENTARI

19.1 Che cosa sono i contaminanti	409
▪ Legislazione e tenori massimi	410
19.2 Contaminanti ambientali	410
▪ Diossine	410
PER APPROFONDIRE/1 Il disastro di Seveso	412

- Policlorobifenili 412
- Idrocarburi policiclici aromatici 413
- Agrofarmaci 414
- Metalli pesanti 416

19.3 Plastica e plastificanti 419

- Polimeri e additivi 419
- Plastificanti 420
- Migrazione dei plastificanti dalle matrici polimeriche 422
- Tossicità 424
- Metodiche analitiche 425
- Cenni sulla legislazione nazionale e comunitaria 425

19.4 Contaminanti da processo 427

- Acrilammide 427
- Monocloropropandioli (MCPD) e glicidolo 428

19.5 Tossine naturali negli alimenti 428

- Micotossine 428
- Aflatossine 431
- Aflatossina M1 434
- Ocratossina A 435
- Zearalenone 436
- Fumonisine 437
- Deossinivalenolo 438
- Micotossine: situazione attuale e prospettive 438
- Alcaloidi tropanici 439
- Alcaloidi pirrolizidinici 440

B ADDITIVI ALIMENTARI

19.6 Che cosa sono gli additivi alimentari 442

- Legislazione 442

19.7 Coloranti 445

- Clorofille e relativi complessi rameici (E140-E141) 445
- Carotenoidi 445
- Conservanti 449
- Antibiotici 451
- Acidificanti 451
- Antiossidanti 451
- Sinergisti 452
- Stabilizzanti, addensanti, gelificanti 452
- Emulsionanti 454
- Agenti umettanti, disidratanti 455
- Additivi utilizzati per conferire un sapore o un aroma 455
- Aromi 456
- Enzimi 457
- Coadiuvanti tecnologici 457
- Additivi alimentari: riflessioni e prospettive 458

Bibliografia 458

20

Caratteri organolettici degli alimenti 463

Mariateresa Russo, Luca Rastrelli, Rosa Di Sanzo, Sonia Carabetta, Luca Campone, Salvatore Fuda

20.1 Basi molecolari dei caratteri organolettici e loro percezione 464

20.2 Colore 464

- Percezione del colore 465
- PER APPROFONDIRE/1 **La luce visibile** 465
- Pigmenti pirrolici 467
- Polieni 470
- Flavine 479
- Chinoni 480
- Prodotti dell'imbrunimento 481

20.3 Sensi chimici e sistema somatosensoriale 481

20.4 Olfatto 482

- Codice degli odori 482
- Interazione con i recettori olfattivi 483
- Basi molecolari dell'odore degli alimenti 486

20.5 Gusto 489

- Codifica del gusto 493
- Sapore dolce 495
- Sapore salato 498
- Sapore acido o aspro 499
- Sapore amaro 499
- Umami 501
- Altri gusti 502

20.6 Percezioni somatosensoriali 503

- Astringenza 504
- Piccante 504
- Pungente 504
- Bruciante e/o freddo 505
- Metallico 505

20.7 Il suono del cibo 505

20.8 Valutazione dei caratteri organolettici degli alimenti 505

- Naso elettronico 506
- Lingua elettronica 506

PER APPROFONDIRE/2 **Struttura e meccanismi molecolari dell'olfatto e del gusto** 506

PER APPROFONDIRE/3 **Analisi sensoriale**
(a cura di Giacomo Dugo, Michelangelo Leonardi, Vincenzo Lo Turco) 511

Bibliografia 512

Indice analitico 514

Prefazione

La Chimica degli alimenti nasce ufficialmente nel 1813 con la pubblicazione *Elements of Agricultural Chemistry* da parte di Sir Humphry Davy, grazie alla quale è considerato uno dei padri fondatori di questa disciplina relativamente moderna. A partire da Davy, fu stabilita la connessione tra l'agricoltura e la chimica, impiantando saldamente le basi delle scienze degli alimenti.

A ragione del vero, risulta molto affascinante evidenziare come la consapevolezza dell'importanza degli alimenti sia già chiara in età Greca e Romana, seppur fondata su nozioni non ancora pienamente comprese, anche se certamente già intuite. Ippocrate, infatti, nel V sec. a.C., dichiara senza mezzi termini che l'arte medica non avrebbe avuto ragione di esistere sin dalle origini se gli esseri umani avessero fin da principio adottato un regime dietetico equilibrato. Galeno nel II sec. d.C., citando a sua volta Ippocrate, afferma che la dietetica ha acquisito con il tempo un valore tale da poter essere considerata la più utile e feconda tra tutte le discipline di carattere medico. L'arrivo di Celso, nel I sec. d.C., permette di poter catalogare gli alimenti in "*boni e mali succi*", e i numerosi passi della letteratura antica – indicando come di ogni alimento siano state indagate a fondo la natura e la composizione, seppur non espresse in termini di proteine, carboidrati o grassi – documentano che è stata abbozzata una vera e propria Chimica degli alimenti *ante litteram*, fatto che non riveste un interesse di carattere esclusivamente storico, ma che offre validi spunti da sviluppare per il futuro.

L'evoluzione della conoscenza degli alimenti e dell'alimentazione nei secoli è stata graduale ma costante e ha promosso nel tempo una mole cospicua di indagini bibliografiche, di cui non è possibile trattare adeguatamente in queste pagine se non per sommi capi. Come sintetizzare altrimenti eventi storici dalla caratura fondamentale, come la diffusione delle pratiche agricole nella Mezzaluna Fertile, la nascita dell'alimentazione mediterranea nella Magna Grecia e una miriade di influssi e complessi processi storici che hanno permesso di godere di un'immensa varietà di alimenti e di una ricchezza e varietà nutrizionale pressoché infinita in Italia e, in particolare, nell'Italia meridionale e insulare, terra d'origine della famosa "alimentazione mediterranea". La società odierna, per ragioni meramente consumistiche, che in questo testo non saranno analizzate, quali effetti e motivazioni economiche, favorisce la diffusione in misura sempre crescente di abitudini alimentari che non supportano una vita sana ed equilibrata, ma che indirizzano verso l'uso sempre più ampio di prodotti alimentari, spesso ultraprocesati, che comportano l'esposizione a severi rischi per la salute dei consumatori.

A partire dal 1990 si è aperto un nuovo capitolo, ancora perlopiù a livello nazionale, quando, oltre agli studi sulla composizione, si è prestata maggiore attenzione alla presenza di contaminanti organici e inorganici, nonché ai metaboliti secondari e ai microcostituenti di interesse nutraceutico o salutistico. Negli anni successivi tutto ciò è stato oggetto di innumerevoli momenti di confronto scientifico, grazie anche alla disponibilità di tecniche analitiche sempre più avanzate. Questi sviluppi tecnologici hanno permesso di indagare in modo sempre più approfondito la composizione degli alimenti, permettendone anche la loro tracciabilità.

Oggi la Chimica degli alimenti è una disciplina scientifica trasversale in continua e proficua evoluzione, e gli aspetti analitici quali-quantitativi che supportano le ipotesi biologiche delle interazioni che alcuni microcomponenti presenti in specifici alimenti possono avere con il metabolismo umano permettono anche di valutarne gli aspetti legati alla sicurezza sia degli alimenti definiti convenzionali sia di quelli innovativi.

Il settore della Chimica degli alimenti, che si giova della conoscenza analitica della composizione chimica, copre un'area scientificamente nuova, rappresentata dal neologismo "nutraceutica", che dal punto vista normativo trova la rispondenza negli integratori alimentari o negli alimenti funzionali. La disciplina nutraceutica è la crasi, non solo semantica, tra i termini "nutriente" e "farmaceutica", che richiede la contemporanea conoscenza di aspetti chimici e biologici. Nel prossimo futuro la nutraceutica sarà la nuova frontiera capace di fornire scientificità alle tante osservazioni dei secoli scorsi circa gli aspetti benefici di determinati alimenti.

Questo testo vuole essere un aggiornamento indispensabile, stimolante e utile per gli studenti dei corsi di Laurea interessati agli aspetti chimici, nutrizionali e salutistici degli alimenti e per quanti vogliono approfondire le proprie conoscenze in questo affascinante settore della Chimica degli alimenti. Questa disciplina, e le conoscenze di cui essa si fa portavoce, è il punto di partenza per la conoscenza degli alimenti e per sostanziare scientificamente gli effetti che gli alimenti, anche non convenzionali, hanno sulla salute umana. L'obiettivo finale è cercare di formare, attraverso tali conoscenze scientifiche, una categoria di professionisti che possa promuovere e diffondere il pensiero di Ippocrate, ovvero che un'accurata scelta degli alimenti possa apportare sostanziali benefici alla nostra salute.

Giacomo Dugo

Introduzione generale

Il compagno di viaggio più antico degli esseri umani è da sempre il cibo; ogni momento storico della permanenza sul Pianeta del genere umano, ma anche ogni istante importante della vita del singolo essere, è da sempre segnato da un momento conviviale, da un momento in cui il cibo, inteso nel senso più ampio, è l'attore principale sia nel bene sia nel male. Questa continua vicinanza porta ad assumere un atteggiamento che gli anglosassoni definiscono *confident*, per cui tutti rendono nota la propria opinione, raccontano le proprie esperienze alimentari ed esprimono dei suggerimenti a chi ascolta.

Questo accade perché gli alimenti contengono, nel vero senso della parola, la storia, la cultura di un popolo, la religione, le tradizioni, le mode estemporanee, oltre a forti interessi economici che nel passato hanno giustificato molte guerre fra nazioni. Raramente oggi troviamo altri argomenti che sui media – ma anche in un semplice scompartimento ferroviario o intorno a una tavola – possano suscitare e catalizzare interesse come accade quando si tratta di cibo e di alimentazione in generale.

Ogni alimento è davvero un *unicum* e gli alimenti stessi sono stati, spesso, il metodo migliore e meno cruento per colonizzare culturalmente altri popoli, prima di conquistarli in modo definitivo.

Nei secoli scorsi si aveva solo una visione “calorica” degli alimenti, ovvero erano solo un modo per alimentare il metabolismo con l'introduzione di grassi, zuccheri e proteine. Questa visione, che oggi appare molto riduttiva, era alla base di un modo di alimentarsi focalizzato a sostenere il corpo per consentire il lavoro, la lotta o, al limite, la sola sopravvivenza della specie umana.

Nella parte del mondo più ricca, gli alimenti hanno assunto sempre di più un ruolo sociale, tanto che spesso importanti accordi economici o politici si raggiungono attorno a un tavolo conviviale.

La storia dell'umanità ci insegna che, in qualunque settore, essa resta sempre ancorata a determinati stereotipi che si ripropongono periodicamente: ciò si verifica anche per il cibo e per l'alimentazione; infatti, dopo oltre duemila anni, si è ritornati nell'alveo del “sei quello che mangi”, oppure del “fai del cibo la tua medicina”, secondo il principio dei corsi e ricorsi storici.

Nell'ultimo mezzo secolo, con lo studio dei modelli nutrizionali e l'avvento della dieta mediterranea, si è ridato al cibo un ruolo chiave nella prevenzione e anche nel supporto terapeutico sia delle persone sane sia di quelle afflitte da patologie cronico-degenerative.

Oggi è comune sentire parlare di alimenti e salute umana, del connubio fra cosa e come si mangia e lo stato generale di benessere di un individuo. Insomma, gli alimenti si sono appropriati del terzo ruolo, ovvero il cibo è visto come fonte di salute e di benessere per chi consapevolmente fa delle scelte alimentari corrette.

Nel panorama editoriale dei testi riguardanti la Chimica degli alimenti, questi ultimi sono descritti per la loro composizione o per le loro proprietà tecnologiche, reologiche o per le caratteristiche commerciali e sensoriali. Vi è un vuoto culturale, che può e deve essere in parte colmato, di testi destinati a platee di studenti di corsi di Laurea e di Facoltà come, per esempio, Farmacia, Chimica e Tecnologie Farmaceutiche, Medicina,

Biologia, Scienze Farmaceutiche Applicate e similari, che sono maggiormente interessati al ruolo degli alimenti per il contributo che possono dare a chi li consuma, al fine di migliorare e sostenere un livello di salute e uno stato di benessere ottimali.

Questa necessità di conoscenze, che non è nuova nei confronti degli alimenti, richiede però un approccio nuovo, che si potrebbe introdurre in questo modo: talvolta è facile vedere il futuro con gli occhi di un neofita, ma è molto più interessante e complesso rileggere il passato in modo nuovo, usando gli occhi dell'esperienza.

Il testo che proponiamo comprende gli aspetti legislativi più importanti che si sono succeduti in questo settore negli ultimi anni, e descrive la composizione chimica degli alimenti in termini di macro- e micronutrienti e di metaboliti secondari e dei loro effetti salutistici. Non sono trascurati gli aspetti analitici avanzati e l'approccio fondamentale alla sicurezza di questi prodotti, da cui derivano nuove criticità e punti di rischio a volte inattesi per tutti gli attori della filiera; non da ultimo, vengono riprese e discusse alcune categorie di alimenti che sono state solo in parte approfondite nei testi già in uso.

I Curatori

Luisa Mannina, Maria Daglia, Alberto Ritieni

Gli alimenti tra nutrizione e benessere

1. **Principi e indicazioni per un miglior uso degli alimenti**
2. **Fabbisogni, equivalenti calorici e dieta bilanciata**
3. **Proteine**
Reazioni avverse delle proteine
4. **Carboidrati**
5. **Lipidi**
6. **Micronutrienti**
7. **Composti ad attività nutraceutica e alimenti funzionali**

1. Principi e indicazioni per un miglior uso degli alimenti

Un'alimentazione varia ed equilibrata, insieme a una costante attività fisica, è alla base di una vita condotta in buone condizioni di salute. Tuttavia, per una corretta alimentazione, non è sufficiente assumere tutti gli alimenti a nostra disposizione, sia pure nelle giuste proporzioni e intrinsecamente sicuri e di alta qualità nutrizionale. Per la corretta alimentazione del singolo individuo è necessario

tener conto di una serie di aspetti che riguardano principalmente:

- i dati biometrici di ogni individuo, come altezza e peso, sesso, età;
- il tipo di attività fisica svolta;
- la presenza eventuale di patologie correlate all'alimentazione o geneticamente determinate, comprese le allergie e le intolleranze;
- l'accesso o meno a un'alimentazione completa ed equilibrata (Fig. 1);

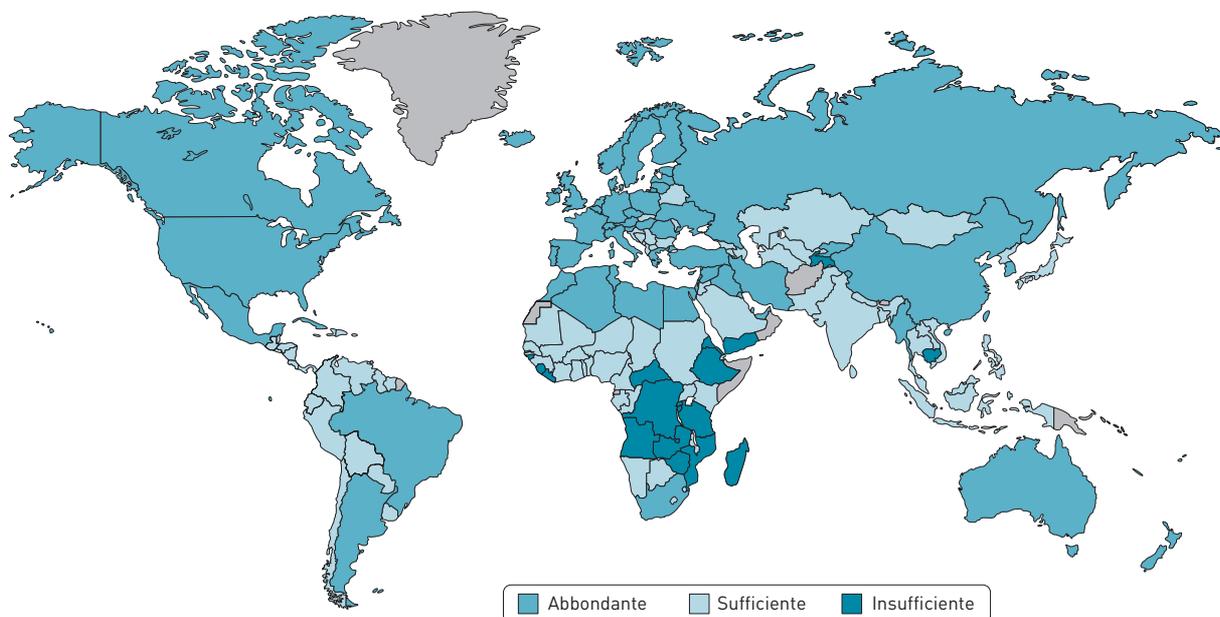


Figura 1 Disponibilità in termini di kilocalorie a persona per giorno in varie regioni geografiche. Abbondante: oltre 2900 kcal; sufficiente: 2100-2899 kcal; insufficiente: meno di 2099 kcal. (Fonte: World Resource Institute.)

- le abitudini alimentari, comprese quelle derivanti da dogmi culturali o religiosi (per esempio, vegetariani ecc.);
- le condizioni fisiologiche particolari (quali gravidanza e allattamento), specifici regimi dietetici ecc.

Il **fabbisogno calorico** è fortemente influenzato, fatte salve le condizioni fisiopatologiche, dalla composizione corporea, dal tipo di attività svolta, dal sesso e dall'età di ogni individuo. Il peso corporeo è proporzionale, se correlabile direttamente alla massa magra, al numero di cellule di ciascuno e, quindi, alla spesa calorica complessiva, che può essere divisa in tre quote:

- il metabolismo basale (Fig. 2), ossia il fabbisogno di energia del corpo perfettamente a riposo e in condizioni di omeotermia con l'ambiente e assenza di alterazioni febbrili (70%);
- il dispendio energetico corrispondente all'attività fisica (circa il 20%);
- il dispendio di energia derivante dalla termogenesi indotta degli alimenti (10%).

Tralasciando il metabolismo correlato all'attività fisica, per la cui valutazione esistono tabelle specifiche riportanti il consumo energetico orario, analizzeremo i fattori che influenzano il primo.

La spesa energetica di base (*Basal Energy Expenditure*, BEE), riferita al peso corporeo, è massima nei primi mesi di vita e nel primo periodo dell'accrescimento, per poi calare inesorabilmente, soprattutto a partire dai sessant'anni in poi. Inoltre, è importante ricordare che un'alterazione febbrile di 1-2 °C e condizioni patologiche particolari, come le forme tumorali attive, fanno aumentare sensibilmente il metabolismo basale. Nella **Tabella 1** sono riportati dei calcoli semplificati per stimare le kilocalorie consumate per effetto del metabolismo basale, distinte per sesso e per età dell'individuo.

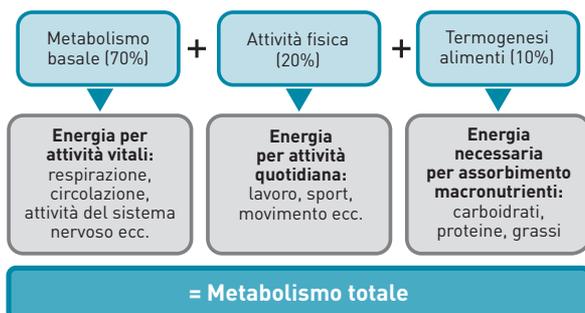


Figura 2 Metabolismo totale e basale.

Tabella 1 Stima del fabbisogno giornaliero di kilocalorie per il metabolismo basale.

	Età	Metabolismo basale (kcal)
Uomini	< 3	(peso × 59,5) – 31
	3-9	504 + (peso × 22,7)
	10-17	651 + (peso × 17,5)
	18-29	679 + (peso × 15,3)
	30-59	879 + (peso × 11,6)
	> 60	609 + (peso × 12,3)
Donne	< 3	(peso × 55,3) – 31
	3-9	485 + (peso × 20,3)
	10-17	746 + (peso × 12,2)
	18-29	496 + (peso × 14,7)
	30-59	829 + (peso × 8,7)
	> 60	688 + (peso × 9)

Per un uomo adulto di circa 70 kg il metabolismo basale può arrivare anche a 1800-2000 kcal, mentre per una donna di pari età è circa il 20% inferiore ed è meno influenzato dalle caratteristiche somatiche (vedi Equazione di Harris-Benedict nella scheda Per approfondire/1). Per una prima valutazione approssimata del peso corporeo si può stimare la situazione individuale tramite il cosiddetto **indice di massa corporea (IMC)**, o in termini anglosassoni **BMI**, da *Body Mass Index*, dato dal rapporto fra il peso in kg (*P*) e il quadrato dell'altezza espressa in m (*h*):

$$IMC = P/h^2$$

In funzione del valore numerico ottenuto, la persona può essere classificata come obesa (IMC > 30) e con vari gradi di obesità, sovrappeso (25 < IMC < 30), normopeso (18,5 < IMC < 25) e sottopeso (IMC < 18,5) (Fig. 3). Tale valutazione permette, con altri dati biometrici più mirati alla valutazione della massa magra (plicometria, bioimpedenziometria), di formulare un corretto regime dietetico.

2. Fabbisogni, equivalenti calorici e dieta bilanciata

Il fabbisogno calorico complessivo deve essere soddisfatto dall'introito alimentare, in modo da raggiungere un "bilancio in pareggio". Se l'individuo ha un introito calorico superiore al suo fabbisogno, tende ad aumentare le riserve energetiche e, di conseguenza, il peso. Viceversa, se tale introito è inferiore, il peso corporeo tende a diminuire, in quanto l'organismo fa ricorso alle proprie riserve energetiche strutturali, iniziando dai carboidrati, e a seguirne utilizza i grassi e, infine, nel caso di digiuno pro-

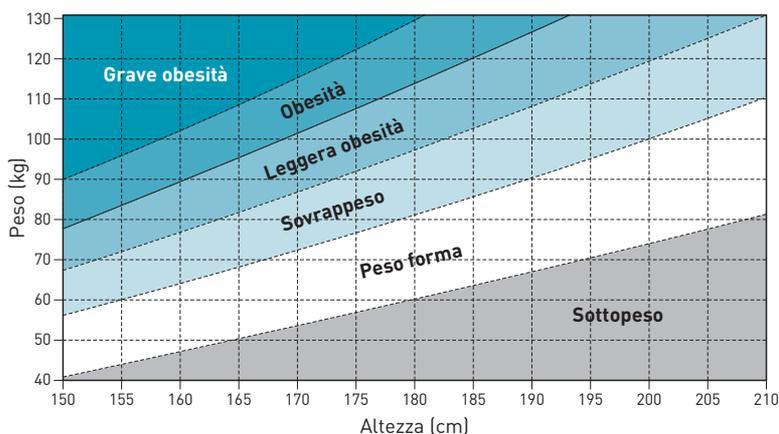


Figura 3 Classificazione secondo il BMI.

PER APPROFONDIRE/1 Equazione di Harris-Benedict

L'equazione di Harris-Benedict, formulata nel 1919, permette di calcolare il tasso del metabolismo basale, cioè la quantità minima di energia necessaria a un organismo per la sua sopravvivenza; l'equazione è stata messa a punto in due varianti, in funzione del sesso considerato:

- per gli uomini: $66,5 + (13,75 \times P) + (5,003 \times h) - (6,755 \times A)$

- per le donne: $655,1 + (9,563 \times P) + (1,85 \times h) - (4,676 \times A)$

in cui P = peso in kg; h = altezza in cm; A = età in anni. Da questa formula originale sono poi state derivate delle varianti, messe a punto da diversi autori, per avvicinare maggiormente la stima ottenuta al valore reale.

lungato, consuma in modo irreversibile le proteine per colmare il divario energetico. Nel caso di diete sbilanciate, per esempio con quote di zuccheri estremamente ridotte, le proteine possono essere utilizzate a scopo energetico prima dei lipidi, i quali vengono metabolizzati soprattutto in un'attività fisica di tipo aerobico. Questo è ciò che in pratica si considera quando la persona fa ricorso ai cosiddetti pasti ipocalorici che, infatti, sono iperproteici e ipolipidici allo scopo di ridurre l'indice di massa corporea.

Attualmente il **consumo energetico di riferimento**, Regolamento (UE) 1169/2011, negli adulti è fissato in 2000 kcal/die per un uomo e a 1600 kcal/die per una donna. I LARN (livelli di assunzione di riferimento di nutrienti e di energia per la popolazione italiana) riportano valori di 2350 calorie per un uomo adulto con un'altezza di 1,70 m e di 65 kg di peso e di 1900 calorie per una donna adulta di 1,60 m con un peso di 57,6 kg. Questi valori (riportati anche negli alimenti confezionati) devono essere soddisfatti da una dieta composta in modo equilibrato da tutti e tre i macronutrienti (carboidrati, proteine, lipidi), con un corrispondente e irrinunciabile introito di micronutrienti essenziali (vitamine, minerali e oligoelementi) e di fibra (importantissima per la fisiologia dell'intestino e l'▶ eubiosi intestinale).

Il **microbiota intestinale** è formato da distinte aree ecologiche composte da popolazioni di microrganismi che convivono tra loro in maniera simbiotica. Il microbiota, tra l'altro, contrasta le specie patogene e permette al nostro intestino di funzionare al meglio, favorendo l'assorbimento di nutrienti, contribuendo alla produzione di acidi grassi e vitamine essenziali e alla degradazione di determinati composti. Dal punto di vista numerico, si potrebbe dire che siamo noi ospiti del microbiota, dato che il numero di batteri che lo formano è almeno sei volte il totale delle cellule del nostro organismo. La stessa variabilità del microbiota è elevatissima; infatti, esistono milioni di tipi di batteri diversi in grado di vivere in contatto mutualistico con la mucosa intestinale. Il microbiota è particolarmente concentrato nella zona del colon e numerosi fattori esterni e interni modificano i rapporti tra le varie specie di batteri presenti. I principali batteri del microbiota sono i **bifidobatteri**, i **lattobacilli** e gli **eubatteri**, ma esistono numerose altre specie che parteci-

▶ Eubiosi intestinale

Condizione di equilibrio e benessere del microbiota intestinale, in contrapposizione alla disbiosi.

PER APPROFONDIRE/2 Il glutine e la celiachia

Un caso particolare di alimenti proteici in grado di scatenare una seria reazione avversa in una rilevante percentuale della popolazione, i **celiaci**, è fornito dai prodotti contenenti glutine, ossia un complesso proteico formato, in presenza di acqua, da due classi di proteine contenute in vari cereali: **gliadine** (prolammine) e **glutenine**. Le manifestazioni patologiche della **celiachia** sono diverse e apparentemente senza legame fra di loro, di cui le più note sono:

- manifestazioni gastrointestinali accompagnate da gravi carenze nutrizionali, ritardo nella crescita e la tipica “mucosa intestinale piatta”;
- una forma “atipica”, caratterizzata da dermatiti, alopecia, problemi dentari, osteoporosi;
- forme “silenti” o “latenti” che si manifestano in età adulta o tarda età, addirittura a volte non compaiono mai.

I tratti comuni di queste forme patologiche hanno caratteristiche di pertinenza sia di una classificazione nel campo delle intolleranze sia di quello delle allergie. In particolare si osservano le seguenti caratteristiche:

- familiarità e presenza di fattori genetici in tutte le forme patologiche;
- il fattore originante è sempre e solo il glutine alimentare, ma non sempre è quello scatenante la sintomatologia patologica, in quanto a volte interviene un’infezione virale;
- la quantità di glutine “scatenante” è estremamente variabile, da pochi milligrammi a decine di grammi;
- la reazione avversa può manifestarsi anche a distanza di mesi dopo ingestione continua di alimenti contenenti glutine;
- presenza di specifici anticorpi denominati antigliadina, antipeptidi gliadinici, antiendomio e anti-transglutaminasi, ma senza produzione di immunoglobuline IgE;
- presenza di particolari sequenze peptidiche di idrolisi delle gliadine, anch’esse tossiche o quanto meno immunopatogenetiche;

Il passaggio nella mucosa intestinale del tenue è consentita solo ai monosaccaridi – in questo caso il glucosio – che possono essere così trasportati all’interno della mucosa del tenue ed entrare nel torrente sanguigno. L’intervento dell’ormone insulina, attivato proprio dall’aumento della glicemia, permette la captazione del glucosio da parte delle cellule e l’utilizzo del glucosio stesso attraverso la via glicolitica, con produzione di energia sotto forma di molecole di ATP.

Il fruttosio, zucchero monosaccaridico presente nella frutta, può essere isomerizzato a glucosio, oppure può subire la prima fase glicolitica a livel-

- correlazioni con altre patologie apparentemente distanti, tra cui diabete tipo 1 e problemi neurologici;
- normalizzazione delle condizioni fisiopatologiche del paziente celiaco per astensione rigorosa (ma dopo mesi) dal glutine.

La dieta cosiddetta “aglutinata” può essere fatta sia scegliendo opportunamente gli alimenti, sia facendo uso di prodotti cerealicoli senza glutine, contrassegnati dal simbolo internazionale della “spiga sbarrata”.



I prodotti senza glutine sono oggi divenuti, salvo eccezioni, degli “alimenti di uso corrente” e non più alimenti dietetici, e sono disponibili in molti punti vendita anche della grande distribuzione. Questa disponibilità, il passaparola e la rete hanno stimolato numerosi consumatori ad adottare una dieta senza glutine pur non essendo affetti da celiachia. Questa scelta è da considerarsi un errore grossolano e controproducente, oltre che costoso, sia perché l’apparato digerente si “adatta” in maniera negativa, sia perché l’impiego di questi prodotti molto digeribili, spesso più ricchi di grassi, stimola di frequente un ulteriore consumo e induce l’insorgenza di condizioni corporee alterate, come un aumento di peso o lo sviluppo del diabete di tipo 2.

Il problema del consumo di alimenti aglutinati anche per chi non è celiaco può derivare dalla loro “facile digeribilità” e dalla maggiore presenza di additivi, grassi anche di scarsa qualità che servono per “surrrogare” le funzioni del glutine e che, per chi non ha problemi di morbo celiaco, espongono solamente a un maggiore carico di sostanze e ingredienti inutili, se non addirittura deleteri per la salute. L’unico vantaggio potrebbe derivare da una maggiore digeribilità, perché le proteine del glutine sono ricche di prolina e il patrimonio enzimatico umano non è molto fornito di prolil-endopeptidasi.

Per la legislazione in merito all’etichettatura dei prodotti destinati ai celiaci vedi il Capitolo 1.

lo epatico, generando dei derivati fosforilati della glicerina (3-fosfogliceraldeide) e dell’acetone (diidrossiaceton fosfato) che rientrano nella via glicolitica normale, sostanzialmente senza bisogno di attivare i recettori di membrana attraverso l’insulina. Un eccesso di assunzione continuativa di fruttosio può però provocare aumento di acido urico.

Tra i disaccaridi più comuni figurano il saccarosio e il lattosio, entrambi idrolizzati nei monosaccaridi costituenti da specifiche disaccaridasi presenti sull’orletto a spazzola delle cellule dell’intestino tenue. La carenza di questi enzimi, sia per motivi genetici (come nel caso molto diffuso della latta-

pleta, privilegiando per quanto possibile i cibi che non necessitano della fase di cottura. Rimarchiamo infine che, per quanto riguarda soprattutto le vitamine, la loro attività biologica è stata scoperta in molti casi una ventina d'anni prima della determinazione della relativa formula chimica – infatti spesso sono stati proprio i quadri carenziali e le sindromi patologiche associate a renderne possibile la scoperta.

7. Composti ad attività nutraceutica e alimenti funzionali

Nell'ambito di un'alimentazione corretta, oggi è noto che, oltre all'assunzione nelle giuste proporzioni di macro- e micronutrienti, è necessario assumere anche i componenti minori degli alimenti, non dotati di potere calorico e nutritivo, ma che sono in grado di svolgere effetti protettivi per la salute dell'organismo umano: si tratta dei cosiddetti composti ad attività **nutraceutica**. Citiamo, a titolo di esempio, alcuni derivati di amminoacidi quali carnitina, carnosina, oppure la glucosammina, il licopene, la luteina, i polifenoli dell'olio di oliva, gli acidi grassi $\omega 3$ a lunga catena.

Gli alimenti che contengono naturalmente dei componenti ad attività nutraceutica vengono

considerati “funzionali convenzionali”, mentre se vengono aggiunti ad alimenti che non li contengono in modo naturale si può parlare di “alimenti funzionali”. In ambedue i casi occorre dimostrare in modo soddisfacente che la loro assunzione provoca un effetto benefico e mirato per una o più funzioni dell'organismo, al di là di adeguati effetti nutritivi, in modo tale che risulti evidente un miglioramento dello stato di salute e di benessere e/o una riduzione del rischio di malattia. Tali effetti devono essere valutabili attraverso la misurazione di parametri biochimici ben precisi. Le componenti ad attività nutraceutica sono trattate diffusamente nei capitoli di questo libro, sia per quanto riguarda le singole molecole sia per quanto riguarda la loro presenza come ingredienti alimentari, senza tralasciare gli aspetti normativi (Cap. 1), produttivi e analitici (Capp. 2, 15, 17 e 19). Oltre ai micronutrienti (Capp. 3, 4 e 5) e alle biomolecole (Capp. 6, 7, 8, 9, 10 e 11), sono trattati i componenti minori dei nutraceutici di origine vegetale (Cap. 12), le proprietà nutraceutiche dei prodotti dell'alveare (Cap. 13) degli alimenti non convenzionali (Cap. 16) e di quelli nervini e alcolici (Cap. 14). Nel Capitolo 18, per contro, sono affrontate le problematiche relative agli antinutrienti e alla sicurezza alimentare.

PER APPROFONDIRE/3

La storia della Chimica degli alimenti in Italia

Questo lavoro giunge dopo un lungo cammino iniziato a livello nazionale nel 1990, anno del I Congresso Nazionale di Chimica degli Alimenti tenutosi a Giardini di Naxos (9-13 ottobre 1990), organizzato dal prof. Giovanni Dugo e sostenuto dagli altri professori ordinari di Chimica degli Alimenti, quali Alberto Dagheta, Enrico Tiscornia, Luciana Gabrielli Favretto, Giuliana Pertoldi Marletta, Pietro Damiani, Emilia Menziani Andreoli, Aldo Martelli, Oreste Schettino, Agar Monzani, Rosangela Marchelli.

Da quell'apparentemente lontano 1990, nel settore della Chimica degli alimenti sono state portate avanti infinite innovazioni. Questo settore, infatti, si è rivelato strategico dal punto di vista economico, della salute della popolazione e dell'ampliamento delle conoscenze riguardanti il nostro metabolismo. Chi di noi non ricorda i primi, ingombranti, gascromatografi, i classici rivelatori FID, ECD, NPD, fotometrico, TCD o sistemi di cromatografia liquida con rivelatori UV-VIS? Oggi abbiamo a disposizione sistemi innovativi, come le tecniche multidimensionali, *heart-cutting* e *comprehensive*, per esempio, la spettrometria di massa con analizzatori a triplo quadrupolo in modalità *Multiple Reaction Monitoring*, gli analizzatori Orbitrap, gli analizzatori

ibridi a quadrupolo-tempo di volo, le tecniche di ionizzazione assistita da laser (MALDI) accoppiate al tempo di volo, le tecniche di preparazione del campione miniaturizzate, automatizzate ed eco-compatibili, la spettroscopia IR a trasformata di Fourier (FT-IR), la spettrometria di massa con rapporto isotopico (IRMS), la spettroscopia di risonanza magnetica nucleare a basso e alto campo e sistemi calorimetrici. Tutte queste innovazioni tecnologiche e strumentali hanno consentito indagini più approfondite, hanno sviscerato gli aspetti compositivi degli alimenti e permesso il loro studio dal punto di vista della tracciabilità. I trattati di Chimica degli alimenti scritti dai chimici del settore hanno da sempre rappresentato un grande contributo, a uso di numerosi studenti e studiosi, per la comprensione degli alimenti dal punto di vista “molecolare” e per un approfondimento delle problematiche relative alla contaminazione e alla sicurezza.

Questa nuova opera rappresenta una sintesi delle ricerche condotte dagli studiosi del settore, e vuole essere anche una finestra aperta su quanto ancora è possibile sviluppare e di cui abbiamo appena intravisto dei semplici *frames*.

Gli autori del libro

La chimica e gli alimenti

nutrienti e aspetti nutraceutici

Gli autori

Gilda Aiello, Pasquale Agozzino,
Alberto Angioni, Anna Arnoldi,
Giuseppe Avellone, Alessandra Baldi,
Davide Bertelli, Francesca Blasi,
Ivana Lidia Bonaccorsi, Maria Cristina
Bonferoni, Giovanna Boschin, Roberta
Budriesi, Giovanni Burini, Pierluigi Caboni,
Augusta Caligiani, Luca Campone,
Donatella Capitani, Sonia Carabetta,
Antonio Casini, Stefania Cesa, Nicola Cicero,
Jean Daniel Coisson, Chiara Cordero,
Lina Cossignani, Maria Daglia,
Chiara Dall'Asta, Giuseppa Di Bella,
Carmen Di Giovanni, Arianna Di Lorenzo,
Danila Di Majo, Rosa Di Sanzo,
Vita Di Stefano, Irene Dini, Arnaldo Dossena,
Elena Dreassi, Giacomo Dugo,
Paola Dugo, Alessia Fazio, Franca Ferrari,
Dennis Fiorini, Salvatore Fuda,
Gianni Galaverna, Anna Maria Giusti,
Cinzia Ingallina, Marzia Innocenti,
Maurizio La Guardia, Carmen Lammi,
Michelangelo Leonardi, Erica Liberto,
Monica Locatelli, Vincenzo Lo Turco,
Luisa Mannina, Matteo Micucci,
Domenico Montesano, Nadia Mulinacci,
Imma Pagano, Giacomo Luigi Petretto,
Anna Lisa Piccinelli, Pierluigi Plastina,
Maria Plessi, Noemi Proietti, Luca Rastrelli,
Alberto Ritieni, Serena Rizzo, Silvia Rossi,
Mariateresa Russo, Gianni Sagratini,
Marcello Saitta, Andrea Salvo, Giuseppina
Sandri, Antonello Santini, Giorgia Sarais,
Stefano Sforza, Anatoly P. Sobolev,
Giancarlo Tenore, Fabiano Travaglia,
Rossella Vadalà, Giuliana Vinci, Sauro Vittori



Risorse Online

A questo indirizzo si può accedere al sito
di complemento al libro

online.universita.zanichelli.it/mannina

La parola «nutraceutica» è la crasi, non solo semantica, tra i termini nutrienti e farmaceutica, e la disciplina corrispondente richiede la conoscenza di aspetti chimici e biologici, oltre a mostrare che tipo di declinazione ha impresso alla chimica degli alimenti. A partire dal 1990 infatti, anno in cui si è tenuto in Italia il primo Congresso nazionale di Chimica degli alimenti, l'attenzione in questo campo ha cominciato a orientarsi verso la presenza di contaminanti organici e inorganici nei cibi, di metaboliti secondari e di microcostituenti di interesse nutraceutico e salutistico. Da allora sono stati fatti molti passi avanti e questo settore si è rivelato strategico dal punto di vista economico, della salute della popolazione e dell'ampliamento delle conoscenze riguardanti il nostro metabolismo.

Oggi abbiamo a disposizione la possibilità di svolgere indagini approfondite sugli aspetti compositivi degli alimenti e sulla loro tracciabilità, grazie a sistemi innovativi quali le tecniche multidimensionali, per esempio quelle *heart-cutting* e *comprehensive*, o le nuove tecniche di spettrometria di massa, per citarne alcune. Gli alimenti sono così descrivibili per la loro composizione, o per le loro proprietà tecnologiche, reologiche o per le caratteristiche commerciali e sensoriali, ma anche per il contributo che possono dare alla salute e al benessere, cosa che intende fare questo libro.

La chimica e gli alimenti - Nutrienti e aspetti nutraceutici è un testo che unisce la descrizione della composizione chimica degli alimenti in termini di micro e macronutrienti e di metaboliti secondari, e dei loro effetti salutistici, all'aspetto legislativo, passando in rassegna le tappe più significative che ha attraversato la legislazione in materia negli ultimi anni; dà anche conto degli aspetti analitici più avanzati, oltre a non trascurare il tema della sicurezza e l'importanza della componente sensoriale degli alimenti.

I curatori

Luisa Mannina è professore ordinario di Chimica degli alimenti presso il Dipartimento di Chimica e Tecnologie del Farmaco, Sapienza Università di Roma.

Maria Daglia è professore ordinario in Chimica degli alimenti presso il Dipartimento di Farmacia, Università degli Studi di Napoli Federico II.

Alberto Ritieni è professore ordinario in Chimica degli alimenti presso il Dipartimento di Farmacia, Università degli Studi di Napoli Federico II.