

# Indice generale

## CAPITOLO 1

### Microrganismi e alimenti 1

Luca Coccolin, Marco Gobetti, Erasmo Neviani

## PARTE I Principi generali

## CAPITOLO 2 3

### Il ruolo dei microrganismi negli alimenti 3

Aldo Corsetti, Antonello Paparella, Rosanna Tofalo

#### 2.1 Introduzione 3

#### 2.2 Fonti della contaminazione microbica 4

#### 2.3 Momenti della contaminazione microbica 5

#### 2.4 Interazione ecologica tra microrganismi degli alimenti 5

#### 2.5 Ruolo dei microrganismi nell'alimento: microrganismi virtuosi, alteranti e patogeni 10

##### 2.5.1 Microrganismi virtuosi e microrganismi alteranti 10

##### 2.5.2 Lieviti e funghi filamentosi 17

##### 2.5.3 Microrganismi patogeni 19

#### BIBLIOGRAFIA 19

## CAPITOLO 3

### Ecofisiologia dei microrganismi negli alimenti 21

Francesca Patrignani, Fausto Gardini, Rosalba Lanciotti

#### 3.1 Introduzione 21

#### 3.2 L'ecosistema Alimento: fattori che influenzano la crescita e la fisiologia microbica negli alimenti 22

##### 3.2.1 Fattori intrinseci 22

##### 3.2.2 Fattori estrinseci 27

##### 3.2.3 Fattori di processo 29

##### 3.2.4 Fattori impliciti 31

#### 3.3 Fisiologia e metabolismo dei microrganismi nell'alimento in rapporto alle sue determinanti ecologiche 32

##### 3.3.1 La glicolisi: flusso del carbonio e fosforilazione a livello del substrato 32

##### 3.3.2 La via di Entner-Doudoroff 34

#### 3.4 Lo stato fisiologico dei microrganismi 34

##### 3.4.1 Cellule danneggiate e cellule vive ma non coltivabili 34

##### 3.4.2 Il quorum sensing 39

##### 3.4.3 Il biofilm 39

#### BIBLIOGRAFIA 41

## CAPITOLO 4

### La determinazione dei microrganismi negli alimenti 43

Francesca De Filippis, Luca Coccolin, Danilo Ercolini

#### 4.1 Introduzione 43

#### 4.2 Il campionamento degli alimenti 43

#### 4.3 La numerazione dei microrganismi negli alimenti 45

##### 4.3.1 Metodi diretti 45

##### 4.3.2 Metodi indiretti 46

#### 4.4 Isolamento in coltura pura e classificazione preliminare 51

#### 4.5 L'identificazione microbica: alcune definizioni 53

##### 4.5.1 L'identificazione su base fenotipica 53

##### 4.5.2 L'identificazione su base molecolare 54

#### 4.6 Cenni su tecniche di tipizzazione 56

##### 4.6.1 La tipizzazione su base molecolare 56

##### 4.6.2 La tipizzazione con metodi immunologici 57

#### 4.7 Tecniche coltura-indipendenti per lo studio dei microrganismi in comunità 58

##### 4.7.1 Tecniche elettroforetiche 58

##### 4.7.2 La metagenomica 59

## CAPITOLO 5

### Misure di controllo dei microrganismi negli alimenti 61

Eugenio Parente, Annamaria Ricciardi, Teresa Zotta

#### 5.1 I principi del controllo dei microrganismi 61

##### 5.1.1 Rischio biologico, deterioramento, fermentazione: tre aspetti dello stesso problema 61

#### 5.2 Asepsi, prevenzione e mitigazione della contaminazione, rimozione fisica dei microrganismi 62

##### BOX Approcci quantitativi alla prevenzione del rischio 63

#### 5.3 Il controllo della crescita 64

##### 5.3.1 Il pH e l'acidità degli alimenti e il controllo mediante l'acidificazione 64

##### 5.3.2 Il controllo dei microrganismi mediante la riduzione dell'attività dell'acqua ( $a_w$ ) 66

##### 5.3.3 Il controllo dei microrganismi mediante l'aggiunta di conservanti naturali e artificiali 68

##### BOX Principali additivi alimentari con proprietà antimicrobica 68

##### 5.3.4 Il controllo delle temperature di conservazione 71

##### 5.3.5 Il controllo dei microrganismi mediante il confezionamento 75

#### 5.4 L'inattivazione dei microrganismi mediante trattamenti fisici 76

##### 5.4.1 Target quantitativi per i trattamenti di inattivazione 76

##### 5.4.2 Trattamenti termici tradizionali 78

##### 5.4.3 L'uso di radiazioni per l'inattivazione di microrganismi 81

##### 5.4.4 L'uso dei trattamenti ad alte pressioni 83

##### 5.4.5 Altri trattamenti fisici innovativi 84

#### 5.5 Interazioni tra fattori e teoria degli ostacoli 85

#### BIBLIOGRAFIA 87

## PARTE II I principali gruppi di microrganismi di interesse alimentare

### CAPITOLO 6

#### I cocchi coagulasi negativi 89

*Raffaele Coppola, Patrizio Tremonte*

- 6.1 Introduzione 89
- 6.2 Tassonomia e caratteristiche generali 91
  - 6.2.1 Staphylococcaceae 91
  - 6.2.2 Micrococcinae 94
- 6.3 Ecologia 96
  - 6.3.1 La presenza negli alimenti 96
- 6.4 Fisiologia 97
  - 6.4.1 Il trasporto degli zuccheri 98
  - 6.4.2 L'ossidazione del glucosio ad acido piruvico 98
  - 6.4.3 Il metabolismo respiratorio 100
  - 6.4.4 Il metabolismo fermentativo 101
- 6.5 Applicazioni biotecnologiche 103
  - 6.5.1 La qualità degli alimenti 103
  - 6.5.2 Salubrità e "naturalità" degli alimenti 104
  - 6.5.3 La sicurezza dei cocchi coagulasi negativi 105

#### BIBLIOGRAFIA 106

### CAPITOLO 7

#### I batteri lattici 107

*Monica Gatti, Giovanna Felis*

- 7.1 Caratteristiche generali dei batteri lattici 107
- 7.2 La tassonomia dei batteri lattici applicata agli alimenti 108
  - BOX** La riclassificazione del genere *Lactobacillus* 112
- 7.3 Il metabolismo dei batteri lattici negli alimenti 114
  - 7.3.1 Concetti generali 114
  - 7.3.2 Metabolismi primari 118
  - 7.3.3 Metabolismi secondari 120

#### BIBLIOGRAFIA 126

### CAPITOLO 8

#### I batteri acetici 128

*Maria Gullo, Luciana De Vero*

- 8.1 Caratteri generali 128
  - 8.1.1 Nicchie ecologiche di interesse 128
- 8.2 La tassonomia dei batteri acetici di interesse alimentare 129
  - 8.2.1 *Acetobacter* 130
  - 8.2.3 *Gluconobacter* 130
  - 8.2.4 *Gluconacetobacter* 130
  - 8.2.5 *Komagataeibacter* 130
- 8.3 I prodotti del metabolismo ossidativo 131
  - 8.3.1 L'acido acetico 131
  - 8.3.2 I prodotti del metabolismo ossidativo degli zuccheri e dei polioli 131
- 8.4 Isolamento e coltivazione dei batteri acetici 134
- 8.5 La conservazione dei batteri acetici 134
  - 8.5.1 La crioconservazione 135
  - BOX** Principali terreni di coltura per l'isolamento dei batteri acetici 135

- 8.5.2 La liofilizzazione 136
- 8.6 I batteri acetici nelle collezioni microbiche 136
- BIBLIOGRAFIA** 137

### CAPITOLO 9

#### I batteri sporigeni 139

*Daniela Bassi, Pier Sandro Cocconcelli*

- 9.1 Struttura delle endospore e loro resistenza 139
- 9.2 Il meccanismo di sporulazione 140
- 9.3 La germinazione 142
- 9.4 Spore "superdormant" e rischi nel settore alimentare 143
- 9.5 Il metabolismo energetico dei produttori di endospore di interesse alimentare 144
  - 9.5.1 *Bacillus* 144
  - 9.5.2 *Clostridium* 144
- 9.6 Sporigeni agenti di alterazioni negli alimenti 144
  - 9.6.1 Prodotti da forno 145
  - 9.6.2 Carni refrigerate confezionate sottovuoto 147
  - 9.6.3 Prodotti caseari 147
  - 9.6.4 Prodotti in scatola 148

#### BIBLIOGRAFIA 149

### CAPITOLO 10

#### Gli enterobatteri 150

*Maria Rosaria Corbo, Clelia Altieri, Barbara Speranza*

- 10.1 Proprietà comuni degli enterobatteri 150
- 10.2 Caratteristiche tassonomiche 151
- 10.3 Aspetti metabolici 151
- 10.4 Enterobatteri e patogenicità 154
- 10.5 Il ruolo degli enterobatteri negli alimenti 156
  - 10.5.1 Enterobatteri e *spoilage* 156
  - 10.5.2 Gli enterobatteri come indicatori e marker negli alimenti 157

#### BIBLIOGRAFIA 160

### CAPITOLO 11

#### I lieviti 161

*Lisa Granchi*

- 11.1 Introduzione 161
- 11.2 Caratteristiche morfologiche 161
- 11.3 Caratteristiche metaboliche 162
  - 11.3.1 Il metabolismo del carbonio 163
  - 11.3.2 Il metabolismo dell'azoto 167
- 11.4 Fattori che influenzano lo sviluppo dei lieviti 167
  - 11.4.1 Ossigeno 167
  - 11.4.2 Acidità e pH 167
  - 11.4.3 Temperatura 167
  - 11.4.4 Osmolarità e attività dell'acqua ( $a_w$ ) 168
  - 11.4.5 Interazioni tra microrganismi 168
- 11.5 Tassonomia 168
  - 11.5.1 Saccharomycetaceae 169
  - 11.5.2 Saccharomycodaceae 171
  - 11.5.3 Debaryomycetaceae e Metschnikowiaceae 171
  - 11.5.4 Phaffomycetaceae 171
  - 11.5.5 Pichiaceae 171
  - 11.5.6 Dipodascaceae 172
  - 11.5.7 Schizosaccharomycetaceae 172

11.5.8	Sporidiobolaceae	172
11.5.9	Mrakiaceae	172
11.6	Il ruolo dei lieviti negli alimenti	172
11.6.1	Prodotti derivati dal latte	172
11.6.2	Prodotti derivati dalla carne	173
11.6.3	Prodotti ortofrutticoli	173
11.6.4	Prodotti fermentati di origine vegetale	174
11.6.5	Prodotti con alto contenuto di zucchero	175
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		175

## CAPITOLO 12 177

### I funghi filamentosi 177

Giovanna Cristina Varese, Anna Poli, Valeria Prigione

12.1	Introduzione	177
12.2	Inquadramento sistematico	178
12.3	Caratteristiche morfologiche	179
12.4	Metabolismo	181
12.5	Parametri ambientali	182
12.5.1	Ossigeno	182
12.5.2	Acqua	182
12.5.3	Temperatura	182
12.5.4	pH	182
12.6	Modalità riproduttive	183
12.6.1	Il problema nomenclaturale	183
12.7	Funghi contaminanti di cibi e bevande	184
12.7.1	Attività dell'acqua ( $a_w$ ) e funghi xerofili od osmofili	185
12.7.2	Trattamenti termici e funghi termoresistenti	188
12.7.3	Conservazione a basse temperature e funghi psicrofili e psicrotolleranti	188
12.7.4	Funghi resistenti ai conservanti	188
12.7.5	Atmosfera protettiva e funghi anaerobi	189
12.7.6	Funghi produttori di micotossine	189
12.8	Isolamento e identificazione dei contaminanti fungini	190
12.9	I funghi filamentosi nella produzione alimentare	191
12.9.1	La produzione di formaggi e salami	191
12.9.2	Gli alimenti fermentati di origine asiatica	192
12.9.3	Acidi organici, enzimi, vitamine, pigmenti e aromi	193
12.10	I funghi come alimento	195
12.10.1	Micoproteine	195
12.10.2	Funghi commestibili	196
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		196

## PARTE III Le malattie a trasmissione alimentare

### CAPITOLO 13

#### Le malattie a trasmissione alimentare 197

Valentina Bernini, Kalliopi Rantsiou

13.1	La manifestazione delle malattie a trasmissione alimentare	197
13.2	Infezione e intossicazione	197
13.3	La contaminazione degli alimenti da parte di microrganismi patogeni	198
13.4	La resistenza a sostanze antimicrobiche	198
13.5	Epidemiologia delle malattie a trasmissione alimentare	199
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		200

### CAPITOLO 14

#### I microrganismi patogeni per l'uomo, trasmessi con gli alimenti, che causano infezione 201

Valentina Bernini, Kalliopi Rantsiou

14.1	<i>Salmonella</i>	201
14.1.1	Introduzione	201
14.1.2	Aspetti fisiologici	201
14.1.3	La contaminazione degli alimenti	202
14.1.4	Le malattie causate da <i>Salmonella enterica</i>	202
14.1.5	Misure preventive e/o di controllo	202
14.2	<i>Campylobacter</i>	203
14.2.1	Introduzione	203
14.2.2	Aspetti fisiologici	203
14.2.3	La contaminazione degli alimenti	203
14.2.4	La malattia causata da <i>Campylobacter</i>	204
14.2.5	Misure preventive e/o di controllo	204
14.3	<i>Listeria monocytogenes</i>	204
14.3.1	Introduzione	204
14.3.2	Aspetti fisiologici	204
14.3.3	La contaminazione degli alimenti	205
14.3.4	La malattia causata da <i>Listeria monocytogenes</i>	205
14.3.5	Misure preventive e/o di controllo	206
14.4	<i>Escherichia coli</i> patogeni	208
14.4.1	Introduzione	208
14.4.2	<i>Escherichia coli</i> produttori di tossina Shiga (STEC)	208
14.4.3	Aspetti fisiologici	208
14.4.4	La contaminazione degli alimenti	211
14.4.5	La malattia causata da STEC	211
14.4.6	Misure preventive e/o di controllo	211
14.5	<i>Cronobacter</i> spp.	212
14.6	<i>Yersinia</i> spp.	212
14.7	<i>Vibrio</i> spp.	213
14.8	<i>Arcobacter</i> spp.	214
14.9	<i>Shigella</i> spp.	214
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		215

### CAPITOLO 15

#### I microrganismi responsabili di intossicazioni alimentari 216

Valentina Bernini, Kalliopi Rantsiou

15.1	<i>Bacillus cereus</i>	216
15.1.1	Introduzione	216
15.1.2	Aspetti fisiologici	216
15.1.3	La contaminazione degli alimenti	217
15.1.4	La malattia causata da <i>Bacillus cereus</i>	217
15.1.5	Misure preventive e/o di controllo	219
15.2	<i>Staphylococcus aureus</i>	219
15.2.1	Introduzione	219
15.2.2	Aspetti fisiologici	219
15.2.3	La contaminazione degli alimenti	220
15.2.4	La malattia causata da <i>Staphylococcus aureus</i>	220
15.2.5	Misure preventive e/o di controllo	221
15.3	<i>Clostridium botulinum</i>	221
15.3.1	Introduzione	221
15.3.2	Aspetti fisiologici	221
15.3.3	La contaminazione degli alimenti	222
15.3.4	La malattia causata da <i>Clostridium botulinum</i>	222
15.3.5	Misure preventive e/o di controllo	224

<b>15.4</b>	<i>Clostridium perfringens</i>	225
15.4.1	Introduzione	225
15.4.2	Aspetti fisiologici	226
15.4.3	La contaminazione degli alimenti	226
15.4.4	La malattia causata da <i>Clostridium perfringens</i>	226
15.4.5	Misure preventive e/o di controllo	227
<b>15.5</b>	Tossine algali	227
15.5.1	Introduzione	227
15.5.2	Sindromi associate all'ingestione di tossine algali	227
<b>15.6</b>	Virus alimentari	229
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		230

**CAPITOLO 16****La gestione della sicurezza alimentare a livello comunitario, nazionale e del singolo operatore** 231*Sergio Ghidini, Adriana Ianieri, Emanuela Zanardi*

<b>16.1</b>	L'analisi del rischio	231
16.1.1	La valutazione del rischio	231
16.1.2	La gestione del rischio	231
16.1.3	La comunicazione del rischio	232
<b>16.2</b>	Il Piano di Autocontrollo nell'industria alimentare	232
16.2.1	I prerequisiti	233
16.2.2	La descrizione del prodotto	233
16.2.3	Il diagramma di flusso	233
16.2.4	Il sistema HACCP	233
<b>16.3</b>	Il controllo ufficiale degli alimenti	235
16.3.1	Autorità competenti in ambito di sicurezza degli alimenti	235
16.3.2	Altre autorità competenti	237
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		237

**PARTE IV Aspetti microbiologici di alimenti non fermentati****CAPITOLO 17****Acqua e ghiaccio alimentare** 239*Raimondo Gaglio, Luca Settanni*

<b>17.1</b>	Introduzione	239
<b>17.2</b>	La potabilità delle acque	240
17.2.1	L'acqua in bottiglia	241
17.2.2	Ulteriori indicatori di qualità microbiologica dell'acqua	241
17.2.3	Il controllo microbiologico	242
<b>17.3</b>	Il ghiaccio alimentare	244
17.3.1	Aspetti microbiologici del ghiaccio alimentare	245
17.3.2	La sopravvivenza dei microrganismi in bevande alcoliche e <i>soft drinks</i>	247
17.3.3	Considerazioni finali sul ghiaccio alimentare	248
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		249

**CAPITOLO 18****I succhi vegetali** 251*Daniela Campaniello, Milena Sinigaglia, Antonio Bevilacqua*

<b>18.1</b>	Succhi di frutta	251
18.1.1	Definizione e classificazione merceologica	251
18.1.2	Composizione	252

18.1.3	Tecnologia di produzione	252
18.1.4	Qualità sensoriale	253
<b>18.2</b>	Succhi vegetali	254
18.2.1	Succo di pomodoro	254
18.2.2	Succo di carota	254
<b>18.3</b>	Bevande fermentate e succhi con probiotici	255
18.3.1	Succhi fermentati	255
18.3.2	Succhi probiotici	255
<b>18.4</b>	Principali cause di alterazione microbiologica	256
18.4.1	Lieviti	256
18.4.2	Funghi pluricellulari	257
18.4.3	Batteri	258
18.4.4	Microrganismi patogeni	259
<b>18.5</b>	Trattamenti termici	259
18.5.1	Alte temperature per tempi lunghi (HTLT)	259
18.5.2	Alte temperature per tempi brevi (HTST)	260
18.5.3	Temperature blande per tempi lunghi (MTLT)	260
18.5.4	Temperature blande per tempi brevi (MTST)	260
18.5.5	Microonde (MWH)	260
18.5.6	Riscaldamento ohmico (OH)	261
<b>18.6</b>	Trattamenti non termici	261
18.6.1	Alte pressioni idrostatiche	261
18.6.2	Alte pressioni di omogeneizzazione	262
18.6.3	Ultrasuoni	262
18.6.4	Campi elettrici pulsati (PEF)	263
<b>18.7</b>	Tecniche analitiche e rilevazione delle frodi commerciali	263
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		265

**CAPITOLO 19****Il microbiota del latte** 266*Giorgio Giraffa, Domenico Carminati*

<b>19.1</b>	Introduzione	266
<b>19.2</b>	Fonti di contaminazione microbica del latte	267
<b>19.3</b>	Composizione microbica dei diversi tipi di latte	267
19.3.1	Latte di vacca	267
19.3.2	Latte di capra	268
19.3.3	Latte di pecora	269
19.3.4	Latte di bufala	269
<b>19.4</b>	Microrganismi di rilevanza sanitaria	269
19.4.1	Patogeni	270
19.4.2	Virus	274
19.4.3	Batteri antibiotico-resistenti	274
<b>19.5</b>	Microrganismi contaminanti e alteranti	275
19.5.1	Sviluppo microbico durante la refrigerazione ed effetti su qualità e conservabilità del latte	275
19.5.2	Il microbiota del latte trattato termicamente	276
<b>19.6</b>	Polveri e altri concentrati di latte	277
<b>19.7</b>	Normativa	278
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		279

**CAPITOLO 20****La carne** 281*Giuseppe Comi, Lucilla Iacumin*

<b>20.1</b>	Introduzione	281
<b>20.2</b>	Fonti di contaminazione	282
20.2.1	Allevamento e trasporto	283
20.2.2	Macellazione	283

20.2.3	Frollatura o maturazione	288	22.6.1	Il deterioramento delle uova dovuto a sviluppo batterico	317
20.2.4	Carni PSE e DFD	290	22.6.2	Il deterioramento delle uova dovuto a sviluppo fungino	317
20.2.5	Conservazione/Sezionamento/Confezionamento	290	22.7	Microrganismi patogeni in uova e ovoprodotti	318
20.2.6	Metodi di riduzione carica microbica	292	22.7.1	<i>Salmonella</i>	318
20.3	Fattori influenzanti la crescita microbica	292	22.7.2	<i>Bacillus cereus</i>	318
20.3.1	Refrigerazione	292	22.7.3	<i>Campylobacter</i> e <i>Listeria monocytogenes</i>	318
20.3.2	Congelamento	292	<b>BIBLIOGRAFIA</b>		319
20.3.3	Umidità, attività dell'acqua ( $a_w$ ) e umidità relativa ambientale (UR)	293			
20.3.4	Potenziale ossidoriduttivo	293	<b>CAPITOLO 23</b>		
20.4	Patogeni delle carni	293	<b>Prodotti ortofruttili</b>	320	
20.5	Popolazione microbica alterante	294	<i>Cinzia Caggia, Cinzia Lucia Randazzo, Alessandra Pino</i>		
20.6	Criteri microbiologici relativi alle carni fresche	296	23.1	Introduzione: il settore dei prodotti ortofruttili	320
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		296	23.2	I prodotti ortofruttili	320
			23.2.1	I prodotti ortofruttili trasformati	324
<b>CAPITOLO 21</b>			23.3	Principali alterazioni dei prodotti ortofruttili in post-raccolta	326
<b>Alimenti ittici</b>	298		23.4	Microbiologia dei prodotti ortofruttili	327
<i>Antonello Paparella, Annalisa Serio, Clemencia Chaves López</i>			23.4.1	Principali fonti di contaminazione dei prodotti ortofruttili trasformati	328
21.1	Introduzione	298	23.5	Il processo produttivo	330
21.2	Classificazione degli alimenti ittici	298	23.5.1	Scottatura/blanching	333
21.3	Fonti e momenti della contaminazione microbica	299	23.5.2	Confezionamento	333
21.4	Il microbiota degli alimenti ittici	301	23.6	La <i>shelf-life</i> dei prodotti ortofruttili	334
21.5	Differenze tra muscolo dei pesci e dei mammiferi	302	23.6.1	L'imballaggio	335
21.6	Ecologia microbica del pesce refrigerato in aerobiosi	303	23.6.2	Il confezionamento in atmosfera modificata	336
21.7	Ecologia microbica del pesce refrigerato sottovuoto e in atmosfera protettiva	304	23.7	Trattamenti alternativi	337
21.8	Ecologia microbica degli alimenti ittici trasformati	305	23.8	La sicurezza microbiologica	338
21.9	Processi degradativi nel pesce fresco e negli alimenti ittici trasformati	306	23.8.1	La gestione dei sistemi di sicurezza alimentare per i prodotti ortofruttili trasformati	339
21.10	Caratteristiche differenziali dell'ecologia microbica di molluschi, crostacei ed echinodermi	308	23.9	Pericoli microbiologici	341
21.11	Patogeni negli alimenti ittici	309	23.10	Legislazione di riferimento	342
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		309	23.11	Prospettive future	343
			<b>BIBLIOGRAFIA</b>		344
<b>CAPITOLO 22</b>			<b>CAPITOLO 24</b>		
<b>Microbiologia delle uova e degli ovoprodotti</b>	311		<b>Consere alimentari</b>	346	
<i>Roberto Foschino, Claudia Picozzi</i>			<i>Lucia Vannini, Lorenzo Siroli, Andrea Gianotti</i>		
22.1	Specie avicole e razze ovaiole	311	24.1	Introduzione	346
22.1.1	Tipi di allevamento	311	24.2	Definizione e tipologie di conserve alimentari	347
22.2	Formazione, struttura e composizione dell'uovo	312	24.3	Tecnologia di produzione	348
22.2.1	Formazione	312	24.3.1	Preparazione	348
22.2.2	Struttura e composizione	312	24.3.2	Pretrattamento	348
22.2.3	Meccanismi naturali di difesa dell'uovo	313	24.3.3	Confezionamento	349
22.3	Il microbiota del guscio	314	24.3.4	Trattamento termico	349
22.3.1	Fattori che condizionano l'accesso dei microrganismi	314	24.3.5	Raffreddamento	349
22.3.2	La contaminazione microbica del guscio	314	24.3.6	Conservazione e distribuzione	349
22.4	La normativa sulla produzione e sulla vendita delle uova	315	24.4	Aspetti microbiologici e fattori di controllo	350
22.4.1	La classificazione delle uova	315	24.5	Criteri microbiologici per le conserve alimentari	352
22.4.2	Il sistema di rintracciabilità	315	24.6	Alterazioni delle conserve alimentari	352
22.4.3	Criteri microbiologici	315	24.6.1	Deterioramento da batteri termofili	355
22.5	La produzione di ovoprodotti	316	24.6.2	Deterioramento da batteri mesofili	356
22.5.1	Definizione di ovoprodotti	316	24.6.3	Deterioramento da lieviti	357
22.5.2	Tecnologie di trattamento	317	24.6.4	Deterioramento da funghi filamentosi	357
22.6	Le alterazioni causate da microrganismi	317	<b>BIBLIOGRAFIA</b>		358

**PARTE V Le fermentazioni alimentari****CAPITOLO 25****Le fermentazioni alimentari: concetti generali e aspetti metabolici**

Luca Cocolin, Marco Gobetti, Erasmo Neviani

25.1	Introduzione	359
25.2	Cenni storici	359
25.3	Aspetti biochimici	360
25.4	Le fermentazioni alimentari	361
25.5	Fermentazioni spontanee vs inoculate	362
25.6	Gli alimenti fermentati e la salute umana	363
25.7	Conclusioni	364
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		365

**CAPITOLO 26****Gli starter microbici**

Vittorio Capozzi, Giuseppe Spano, Sandra Torriani

26.1	Evoluzione delle produzioni fermentate e starter microbici	366
26.2	Definizioni di starter microbici: la prospettiva dei diversi portatori di interesse	368
<b>BOX</b>	Definizioni di "coltura starter" riportate nella letteratura scientifica di riferimento	369
26.3	Classificazione delle colture starter	370
26.4	Starter microbici e salute pubblica, contesto normativo, status QPS e problematiche emergenti legate alla sicurezza	373
26.5	Processi di produzione delle colture starter	376
<b>BOX</b>	Principali modalità di conservazione degli starter microbici per la distribuzione	377
26.6	Biodiversità microbica, criteri di selezione e approcci di miglioramento	377
26.7	Indicazioni Geografiche, produzioni tradizionali/artigianali e starter autoctoni	379
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		381

**CAPITOLO 27****Yogurt e bevande fermentate a base latte**

Diego Mora, Stefania Arioli

27.1	Cenni storici	383
27.2	Microbiologia dello yogurt e delle bevande fermentate a base latte	384
27.3	Caratteristiche dello yogurt e delle principali bevande fermentate a base latte	385
27.3.1	Lo yogurt	385
27.3.2	Il kefir	390
27.3.3	Il kumiss	392
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		392

**CAPITOLO 28****Formaggi e burro**

Monica Gatti, Erasmo Neviani

28.1	Introduzione	394
28.2	Il latte come materia prima trasformabile	395
28.2.1	Frazione glucidica	396
28.2.2	Frazione azotata	396
<b>BOX</b>	Il caglio	397

28.2.3	Frazione lipidica	398
28.2.4	Acidi organici	398
28.2.5	Sali minerali e oligoelementi	398
28.2.6	Vitamine	398
28.2.7	Componenti odorosi del latte	398
28.2.8	Presenza di ormoni e di residui di sostanze contaminanti	399
28.2.9	Principali caratteristiche chimico-fisiche	399
28.3	Il formaggio	399
28.3.1	Cenni storici, definizione e classificazione	400
28.3.2	Microrganismi di interesse lattiero-caseario	401
28.3.3	Il coinvolgimento microbico nei processi di caseificazione	403
<b>BOX</b>	L'infezione fagica	407
28.3.4	Interazioni tra microrganismi e caseificazione	412
28.3.5	Difetti di origine microbiologica nei formaggi	419
28.4	Il burro	421
28.4.1	Aspetti microbiologici del burro: maturazione e alterazione	421
28.5	Normativa vigente per il settore caseario	422
28.6	Principali pericoli microbiologici	422
28.6.1	<i>Listeria monocytogenes</i>	422
28.6.2	<i>Salmonella</i>	423
28.6.3	<i>Escherichia coli</i>	423
28.6.4	<i>Staphylococcus aureus</i>	423
28.6.5	<i>Bacillus cereus</i>	423
28.6.6	Genere <i>Clostridium</i>	423
28.6.7	<i>Brucella</i>	424
28.6.8	<i>Mycobacterium</i>	424
28.6.9	Pericoli riconducibili a metaboliti microbici	424
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		424

**CAPITOLO 29****Salami crudi fermentati**

Fausto Gardini, Rosalba Lanciotti, Giulia Tabanelli

29.1	Introduzione	425
29.2	Materia prima e ingredienti	426
29.3	Aspetti fondamentali del processo di produzione	426
29.3.1	Preparazione dell'impasto	427
29.3.2	Insaccatura	429
29.3.3	Stagionatura e disidratazione	429
29.4	Microrganismi coinvolti nei processi di trasformazione	433
29.4.1	Batteri lattici	433
<b>BOX</b>	Ciclo dell'arginina deiminasi (ADI) in <i>Lactobacillus sakei</i>	433
29.4.2	Stafilococchi e micrococchi	434
29.4.3	Funghi	435
29.4.4	Microrganismi alterativi	435
29.4.5	Microrganismi patogeni o produttori di tossine	435
29.4.6	Microrganismi produttori di ammine biogene	436
29.5	Impiego di colture starter	436
29.5.1	<i>Lactobacillus sakei</i>	436
29.5.2	<i>Lactobacillus curvatus</i>	437
29.5.3	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	437
29.5.4	<i>Pediococcus</i>	437
29.5.5	<i>Staphylococcus</i>	438
29.5.6	Funghi filamentosi	438
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		438

<b>CAPITOLO 30</b>	439	<b>32.3</b> I crauti	478
<b>Prodotti fermentati a base di pesce</b>	439	<b>32.3.1</b> La fermentazione spontanea dei crauti	480
<i>Andrea Osimani, Cristiana Garofalo, Lucia Aquilanti</i>		<b>32.3.2</b> L'uso di colture microbiche starter nella produzione dei crauti	481
<b>30.1</b> Introduzione	439	<b>32.4</b> Il kimchi	482
<b>30.2</b> Il pesce come materia prima trasformabile	440	<b>32.5</b> La salsa di soia	482
<b>30.3</b> I processi di trasformazione e la microbiologia dei prodotti ittici fermentati	442	<b>32.5.1</b> Il processo di fermentazione	482
<b>30.3.1</b> Africa	442	<b>32.5.2</b> Gli starter	484
<b>30.3.2</b> America	443	<b>32.6</b> Il kombucha	484
<b>30.3.3</b> Asia	444	<b>32.6.1</b> Il consorzio microbico	485
<b>30.3.4</b> Europa	446	<b>32.6.2</b> Il processo di fermentazione e le dinamiche microbiche	485
<b>30.4</b> I prodotti fermentati a base di pesce e l'uso di colture starter	447	<b>32.7</b> La fermentazione lattica applicata alla produzione di bevande innovative a base di frutta e ortaggi	487
<b>30.5</b> Aspetti nutrizionali, sensoriali e salutistici dei prodotti fermentati a base di pesce	448	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	488
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	451		
<b>CAPITOLO 31</b>		<b>CAPITOLO 33</b>	
<b>Pane e altri prodotti lievitati da forno</b>	453	<b>Il cacao e il caffè</b>	489
<i>Marco Gobetti, Aldo Corsetti</i>		<i>Valentina Alessandria, Luca Cocolin</i>	
<b>31.1</b> Introduzione	453	<b>33.1</b> Il cacao	489
<b>31.2</b> Definizione e classificazione del pane e dei prodotti lievitati da forno	454	<b>33.1.1</b> Introduzione	489
<b>31.3</b> Materie prime e processo produttivo	454	<b>33.1.2</b> La pianta di cacao	489
<b>31.3.1</b> Le materie prime	455	<b>33.1.3</b> La fermentazione del cacao	490
<b>31.3.2</b> Il processo produttivo	456	<b>33.1.4</b> L'essiccazione delle fave	495
<b>31.4</b> Agenti lievitanti: il lievito di birra e il lievito naturale	457	<b>33.1.5</b> L'utilizzo delle colture starter nella fermentazione del cacao	495
<b>31.4.1</b> Il lievito di birra	457	<b>33.1.6</b> Metodi utilizzati per lo studio del microbiota del cacao	496
<b>31.4.2</b> Il lievito naturale	458	<b>33.1.7</b> Conclusioni e prospettive future	496
<b>31.5</b> Descrizione dei lieviti e dei batteri lattici coinvolti nel processo di fermentazione	460	<b>33.2</b> Il caffè	496
<b>31.6</b> Fisiologia e biochimica dei lieviti e dei batteri lattici	461	<b>33.2.1</b> Introduzione	496
<b>31.6.1</b> I lieviti	461	<b>33.2.2</b> Componenti del frutto del caffè	497
<b>31.6.2</b> I batteri lattici	463	<b>33.2.3</b> La raccolta e i trattamenti post-raccolta del caffè	497
<b>31.6.3</b> L'interazione tra lieviti e batteri lattici	464	<b>33.2.4</b> Attività microbiche e impatto sulla qualità del caffè	498
<b>31.7</b> Gli attributi sensoriali e reologici dei prodotti da forno ottenuti con lievito naturale	464	<b>33.2.5</b> Conclusioni	500
<b>31.8</b> La contaminazione microbica dei prodotti lievitati da forno	466	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	500
<b>31.8.1</b> Il deterioramento microbico dei prodotti lievitati da forno	466		
<b>31.9</b> Esempi di prodotti lievitati da forno	467	<b>CAPITOLO 34</b>	
<b>31.9.1</b> Pani tipici	468	<b>Il vino</b>	503
<b>31.9.2</b> Prodotti dolci lievitati	469	<i>Marilena Budroni, Maurizio Ciani, Giacomo Zara</i>	
<b>31.9.3</b> Prodotti da forno senza glutine	470	<b>34.1</b> La vite e l'uva	503
<b>31.10</b> Aspetti nutrizionali	470	<b>34.2</b> Il microbiota delle uve	504
<b>31.11</b> La normativa vigente	472	<b>34.2.1</b> Fattori che influenzano la comunità dei lieviti	505
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	473	<b>34.3</b> Il microbiota della cantina	505
		<b>34.4</b> La fermentazione spontanea	507
<b>CAPITOLO 32</b>	474	<b>BOX</b> I processi di vinificazione	508
<b>I prodotti fermentati di origine vegetale</b>	474	<b>34.4.1</b> Fattori che influenzano la presenza e la successione dei lieviti durante la fermentazione spontanea	509
<i>Raffaella Di Cagno, Pasquale Filannino</i>		<b>34.5</b> I principali lieviti non- <i>Saccharomyces</i>	509
<b>32.1</b> Introduzione	474	<b>34.6</b> La fermentazione guidata	511
<b>32.2</b> Le olive da mensa	475	<b>34.6.1</b> Utilizzo degli starter selezionati	512
<b>32.2.1</b> Deamarizzazione delle drupe	475	<b>34.6.2</b> Caratteristiche dei lieviti selezionati	512
<b>32.2.2</b> Principali metodi di lavorazione	476	<b>BOX</b> <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	513
<b>32.2.3</b> Microrganismi deterioranti delle olive da tavola	478	<b>BOX</b> La particolare regolazione del metabolismo respiro-fermentativo in <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	513
<b>32.2.4</b> La riduzione del sale nella lavorazione delle olive da tavola	478	<b>BOX</b> Organismi geneticamente modificati (OGM) e vino	514



<b>38.8.2</b> L'effetto dei metaboliti microbici nel mantenimento dell'omeostasi intestinale	591
<b>38.8.3</b> Interazioni microbiche	592
<b>38.8.4</b> La metilazione del DNA per controllare l'omeostasi intestinale e l'infiammazione	592
<b>38.9</b> Il microbioma intestinale nello stato di salute o malattia	594
<b>38.9.1</b> La disbiosi intestinale nell'obesità e il diabete mellito di tipo 2	594
<b>38.9.2</b> La disbiosi intestinale nelle malattie cardio-metaboliche	597
<b>38.9.3</b> La disbiosi intestinale nelle malattie metaboliche del fegato	597
<b>38.9.4</b> L'asse intestino-cervello umano	597
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	600

**CAPITOLO 39****Probiotici e prebiotici***Lorenzo Morelli*

<b>39.1</b> Cenni storici	602
<b>39.2</b> Definizioni	602
<b>39.3</b> Postbiotici, psicobiotici, batteri tinalizzati, farmabiotici, agenti bioterapeutici	606
<b>39.4</b> Ecologia microbica intestinale	606
<b>39.5</b> Il microbiota intestinale	607
<b>39.6</b> I batteri probiotici: la selezione	608
<b>39.7</b> Ceppi probiotici e brevetti	610
<b>39.8</b> Le funzioni dei batteri probiotici	611
<b>39.9</b> L'efficacia dei batteri probiotici	612
<b>39.9.1</b> Meccanismi d'azione	612
<b>39.10</b> Le tipologie merceologiche	613
<b>39.11</b> Alimenti probiotici e matrice alimentare	613
<b>39.12</b> I probiotici nell'alimentazione animale	614
<b>39.13</b> Gli alimenti prebiotici	614
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	614

**CAPITOLO 40****Alimenti funzionali***Marco Gobetti, Benedetta Bottari*

<b>40.1</b> Definizioni di alimento funzionale	616
<b>40.2</b> Il mercato degli alimenti funzionali	617
<b>40.3</b> Quadro normativo	618
<b>40.4</b> Effetti degli alimenti funzionali	618
<b>40.5</b> Cenni sugli alimenti funzionali non fermentati	620
<b>40.5.1</b> Alimenti funzionali di origine animale	620
<b>40.5.2</b> Alimenti funzionali di origine vegetale	621
<b>40.6</b> Alimenti funzionali fermentati	623
<b>40.6.1</b> Alimenti funzionali fermentati lattiero-caseari	624
<b>40.6.2</b> Alimenti funzionali fermentati dei vegetali	626
<b>40.7</b> Alimenti fermentati come veicolo di microrganismi probiotici	634
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	636

**APPENDICE A****Modelli matematici per la crescita, inattivazione  
e sopravvivenza microbica***Eugenio Parente, Annamaria Ricciardi, Teresa Zotta*

<b>A.1</b> Andare a tentoni o pensare per modelli? Nascita e ascesa della Microbiologia predittiva	638
<b>A.2</b> La natura dei modelli matematici	638
<b>A.2.1</b> Modelli primari per la crescita	638
<b>A.2.2</b> Modelli primari per l'inattivazione e la sopravvivenza	642
<b>A.3</b> Modelli secondari: l'effetto dell'ambiente e dei trattamenti tecnologici sulle cinetiche di crescita, morte e sopravvivenza	643
<b>A.3.1</b> Modelli secondari per la crescita	643
<b>A.3.2</b> Modelli secondari per l'inattivazione	643
<b>A.3.3</b> Modelli probabilistici	644
<b>A.4</b> Software e database per la microbiologia predittiva	644
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	644

**Indice analitico**

645