

H. P. Schuchmann, H. Schuchmann

Lebensmittelverfahrenstechnik

Rohstoffe, Prozesse, Produkte



**WILEY-
VCH**

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Inhalt

Vorwort XV

A Produkte und ihre Herstellung 1

Heike P. Schuchmann

Harald Schuchmann

1 Nahrungsbedarf und Lebensmittelbestandteile 3

- 1.1 Der Nahrungsbedarf des Menschen 3
 - 1.1.1 Allgemeines, Energiegewinnung aus Nährstoffen 3
 - 1.1.2 Einflüsse auf den Nahrungsbedarf 3
- 1.2 Grundlegende Lebensmittelbestandteile 5
 - 1.2.1 Proteine 5
 - 1.2.2 Fette und fettähnliche Stoffe - Lipide und Lipide 8
 - 1.2.3 Kohlenhydrate oder Saccharide 12
- 1.3 Zusatzstoffe 14
 - 1.3.1 Kennzeichnung und gesetzliche Regelungen 14
 - 1.3.2 Konservierungsstoffe 14
 - 1.3.3 Süßstoffe 14
 - 1.3.4 Emulgatoren und Stabilisatoren 14
 - 1.3.5 Antioxidantien und Synergisten 16
 - 1.3.6 Farbstoffe 17
 - 1.3.7 Aromastoffe 17
- 1.4 Rückstände in Lebensmitteln (Fremdstoffe, Xenobiotika) 17
- 1.5 Lebensmittelbe- und -Verarbeitung: Motivation 18

2 Milch und Milchprodukte 19

- 2.1 Milch 19
 - 2.1.1 Zusammensetzung und Produktionsmengen 19
 - 2.1.2 Aufarbeitung von Milch 20
- 2.2 Milchprodukte 23
 - 2.2.1 Produktionsdaten 23
 - 2.2.2 Sahne (Rahm) 23

2.2.3	Kondensmilch	24
2.2.4	Butter	24
2.2.5	Käse	26
2.2.6	Sauermilchprodukte	29
2.2.7	Milchtrockenprodukte, Milchpulver	31
2.2.8	Kaffeeweiß (Coffee whitener)	31
2.2.9	Speiseeis	31
2.2.10	Casein, Caseinate, Copräzipitat	33
2.2.11	Molke und Molkenprodukte, Lactose	33
3	Eier und Eiprodukte	35
3.1	Eier	35
3.2	Eiprodukte	36
3.2.1	Flüssigprodukte	36
3.2.2	Trockenprodukte	37
3.2.3	Gefrierprodukte	37
4	Fleisch und Fleischprodukte	39
4.1	Definition und Produktionsmengen	39
4.2	Schlachtung	40
4.3	Lagerungs- und Verarbeitungsverfahren	41
4.3.1	Kühlen	41
4.3.2	Tiefgefrieren	43
4.3.3	Trocknen	44
4.3.4	Salzen und Pökeln	44
4.3.5	Räuchern	45
4.3.6	Erhitzen	45
4.4	Fleischprodukte	46
4.4.1	Fleischkonserven	46
4.4.2	Schinken und Wurstwaren	46
5	Fisch und Fischprodukte	49
5.1	Fisch	49
5.2	Fischfang und Verarbeitung	50
5.2.1	Fischfang und-Verwertung	50
5.2.2	Kühlen und Gefrieren	50
5.2.3	Trocknen	51
5.2.4	Salzen	51
5.2.5	Räuchern	51
5.3	Fischprodukte	52
6	Speisefette, Speiseöle, Mayonnaise und Margarine	53
6.1	Produktionsdaten und Zusammensetzung	53
6.2	Gewinnung der Fette und Öle	54
6.2.1	Tierische Fette und Öle	54

- 6.2.2 Pflanzliche Fette und Öle 55
- 6.2.3 Spezialprodukte: Lecithin, Spezialfette, Fettpulver 58
- 6.2.4 Margarine und Mayonnaise 59

- 7 Getreide und Cetreideprodukte 61
 - 7.1 Herkunft, Produktionszahlen und Zusammensetzung 61
 - 7.1.1 Produktionszahlen 61
 - 7.1.2 Zusammensetzung 61
 - 7.1.3 Lagerung 62
 - 7.1.4 Acrylamid-Problematik 62
 - 7.2 Herstellung von Mehl - Müllerei 63
 - 7.3 Herstellung anderer Getreideprodukte 66
 - 7.3.1 Nudeln, Snacks und Frühstückszerealien 66
 - 7.3.2 Schälprodukte (Reis, Buchweizen, Gerste, aber auch Hülsenfrüchte) 67
 - 7.3.3 Flokkenprodukte (Haferflocken) 67
 - 7.3.4 Stärke 67
 - 7.4 Herstellung von Backwaren 69
 - 7.4.1 Rohstoffe und Lockerungszusätze 69
 - 7.4.2 Teigherstellung 69

- 8 Obst und Gemüse einschließlich Kartoffeln und Hülsenfrüchte 73
 - 8.1 Produktbezeichnung, Produktionszahlen und Zusammensetzung 73
 - 8.2 Ernährungsphysiologische Bedeutung 75
 - 8.3 Lagerung von frischem Obst und Gemüse 76
 - 8.4 Produktionsverfahren zum Haltbarmachen von Obst, Gemüse und Kartoffeln 78
 - 8.4.1 Schälen, Schneiden, Blanchieren 78
 - 8.4.2 Tiefkühlprodukte (TK-Produkte) 78
 - 8.4.3 Trockenprodukte 81
 - 8.4.4 Nassprodukte, Sterilkonserven (Dosen- oder Glaskonserven) 83
 - 8.4.5 Saft, Pulpe und Mark 84
 - 8.4.6 Chemische Konservierung (Marmelade, Gelee und Konfitüre) 87
 - 8.4.7 Fermentierte Produkte (Sauergemüse) 87
 - 8.5 Produkte aus Hülsenfrüchten 87

- 9 Zucker, Zuckeralkohole, Süßstoffe und Honig 89
 - 9.1 Produktbeschreibung und Produktionsmengen 89
 - 9.2 Saccharose 90
 - 9.3 Andere Zucker und Zuckeraustauschstoffe (Glucose, Fructose, Lactose) 92
 - 9.4 Süßstoffe 92
 - 9.5 Zuckerwaren 93
 - 9.6 Honig und Invertzuckercreme (Kunsthonig) 93

VIII *Inhalt*

10	Alkoholische Getränke	95
10.1	Brennwert alkoholischer Getränke	95
10.2	Bier	95
10.2.1	Rohstoffe und Verbrauch	95
10.2.2	Bierherstellung	96
10.3	Wein	101
10.3.1	Rohstoffe und Produktionsmengen	101
10.3.2	Herstellung	101
10.3.3	Schaum- und Fruchtweine	102
10.4	Spirituosen und Liköre	103
11	Kaffee, Tee, Kakao und Instantgetränke	105
11.1	Kaffee und Kaffeeersatz	105
11.2	Roh- oder Grünkaffee	105
11.3	Röstkaffee	106
11.4	Kaffeeprodukte	107
11.4.1	Löslicher Kaffee	107
11.4.2	Entcaffeinierter Kaffee	108
11.4.3	Kaffeehaltige Getränke	109
11.5	Kaffeeersatz	110
11.6	Tee	HO
12	Kakao und Schokolade	H1
12.1	Kakao	111
12.1.1	Rohstoffe und Produktionsmengen	111
12.1.2	Fermentation und Röstung	111
12.1.3	Kakaopulver und Kakaobutter	112
12.2	Schokolade	113
12.2.1	Rohstoffe	113
12.2.2	Herstellung	113
13	Functional Food, Grüne Gentechnik und Novel Food	115
13.1	Neuere Entwicklungen und Trends in der Lebensmittelproduktion	115
13.2	Functional Food	117
13.3	Gentechnisch modifizierte Nahrungsmittelrohstoffe, Grüne Gentechnik	119
13.3.1	Begriffsdefinitionen, Ziele und Anwendungsgebiete	119
13.3.2	Mögliche Nutzen und Vorteile	120
13.3.3	Risiken	121
13.4	Novel Food - Neuartige Lebensmittel	122
13.4.1	Konventionelle und neuartige Lebensmittel	122
13.4.2	Begriffsdefinition	123
13.4.3	Novel-Food-Verordnung	123
13.4.4	Verfahren für das Inverkehrbringen neuartiger Lebensmittel	125

14	Literatur zum Teil A	127
B	Beispiele produktübergreifender Verfahrenstechnik in der Lebensmittelindustrie	133
1	Verfahren zur Reduktion des Wassergehalts von Lebensmitteln	135
	<i>Harald Schuchmann</i>	
1.1	Eindampfen	135
1.1.1	Verfahrensprinzip und Ziele	135
1.1.2	Fallfilmverdampfer (Röhrenverdampfer) ohne mechanische Förderung	136
1.1.3	Anwendungsbeispiele für Eindampfer in der Lebensmittelindustrie	137
1.1.4	Dünnschichteindampfer	140
1.2	Trocknen	141
1.2.1	Verfahrensprinzip und Ziele	141
1.2.2	Wasseraktivität und Sorptionsisothermen	142
1.2.3	Verfahrensauswahl	145
1.2.4	Kontaktrocknen	146
1.2.5	Gefriertrocknen	148
1.2.6	Sprühtrocknen	151
1.2.7	Kombinierte Systeme für Sprühtrocknung und Agglomeration	156
1.2.8	Mikrowellentrocknung	157
	<i>Marc Regier</i>	
1.2.9	Aromaerhaltung beim Trocknen	161
	<i>Harald Schuchmann</i>	
1.3	Membrantrennverfahren	162
1.3.1	Verfahrensprinzip	162
1.3.2	Ultrafiltration und Umkehrosmose	164
1.3.3	Nanofiltration	165
1.3.4	Kuchenbildende und Druckfiltration	165
1.3.5	Hyperbare Druckfiltration	167
2	Agglomerieren, Granulieren, Sintern	169
	<i>Harald Schuchmann</i>	
2.1	Produkte	169
2.2	Verfahrensprinzip	169
2.2.1	Übersicht über Agglomerationsverfahren	169
2.2.2	Einfluss der Kontaktzeit zwischen zwei Partikeln auf die Zugfestigkeit einer viskosen Verbindung	172
2.2.3	Einfluss der Flüssigkeitsbrücke auf die übertragbaren Trennkräfte	173
2.2.4	Löslichkeit und Rekristallisation	174
2.2.5	Glasübergang, Verbackungen und Fließhilfsmittel	174
2.2.6	Instanteigenschaften	177
2.2.7	Bestimmen von Instanteigenschaften	178

X *Inhalt*

2.2.8	Härte und Abriebfestigkeit von Agglomeraten	178
2.3	Gängige Agglomerationsverfahren und -anlagen	180
2.3.1	Dampfstrahlagglomeration	180
2.3.2	Wirbelschichtagglomeration	183
2.3.3	Misch- und Rollagglomeration	184
2.4	Anlagenbauer	187
3	Extrusion von Lebensmitteln	189
	<i>Heike P. Schuchmann</i>	
3.1	Produkte	189
3.2	Ziele der Lebensmittelextrusion	189
3.3	Extrusionsprozess	190
3.3.1	Funktionsprinzip und Terminologie	190
3.3.2	Prozessbeschreibung	192
3.3.3	Einschneckenextruder: Aufbau und Anwendungsbereiche	194
3.3.4	Doppelschneckenextruder: Aufbau und Anwendungsbereiche	197
3.3.5	Weitere Bauarten und spezielle Prozessführung von Extrudern	199
3.3.6	Formen und Expansion	200
3.4	Vorbefeuchtung	202
3.5	Prozesslinien auf Basis der Extrusion	203
3.6	Physikalische, chemische und mikrostrukturelle Änderungen der Rohstoffe bei der Extrusion und Auswirkung auf die Produktqualität	205
3.6.1	Einleitung	205
3.6.2	Zusammensetzung und Partikeleigenschaften der Rohstoffe	205
3.6.3	Physikalische Veränderungen	206
3.6.4	Chemische Reaktionen	208
3.6.5	Einfluss der Maschinen- und Prozessparameter auf die Produktqualität	210
3.6.6	Prozessauslegung mit Hilfe des spezifischen mechanischen Energieeintrags	212
3.7	Maßstabsvergrößerung, Scale-up	214
3.8	Modellierung	216
3.9	Sonstige Gesichtspunkte bei der Auswahl und dem Betrieb von Lebensmittelextrudern	218
4	Emulgieren und Schäumen	219
	<i>Heike P. Schuchmann</i>	
4.1	Emulsionen	219
4.1.1	Produkte und ihr prinzipieller Aufbau	219
4.1.2	Produkteigenschaften	222
4.1.3	Eigenschaftsfunktionen von Emulsionen	222
4.2	Emulgierprozess	224
4.2.1	Emulgiermaschinen und-apparate	224

4.2.2	Prozessfunktionen beim Emulgieren	228
4.2.3	Langzeitstabilität von Emulsionen	244
4.3	Schäumen	246
4.3.1	Produkte, Zusammensetzung und prinzipieller Aufbau	246
4.3.2	Herstellverfahren von Schäumen	248
4.3.3	Eigenschafts- und Prozessfunktionen beim Schäumen	251
4.3.4	Langzeitstabilität von Schäumen	251
5	Thermisches Inaktivieren von Mikroorganismen und Enzymen	253
	<i>Marc Regier, Heike P. Schuchmann</i>	
5.1	Definitionen und Einsatzgebiete	253
5.1.1	Definitionen	253
5.1.2	Prinzipielle Einsatzgebiete	253
5.2	Inaktivierungskinetik	254
5.2.1	Grundlegendes	254
5.2.2	Inaktivierungskinetik 1. Ordnung	254
5.2.3	Alternative Modelle zur Beschreibung der Inaktivierungskinetik	261
5.2.4	Prozessauslegung bei örtlich und zeitlich veränderlichen Temperaturen unter Berücksichtigung beliebiger Inaktivierungskinetiken	264
5.3	Verfahren zum thermischen Pasteurisieren und Sterilisieren	264
5.3.1	Prozessführung	264
5.3.2	Inaktivierung im verschlossenen Behälter	265
5.3.3	Getrennte Inaktivierung von Lebensmittel und Verpackung mit anschließender aseptischer Verpackung	269
5.3.4	Alternative athermische Pasteurisations- und Sterilisationsverfahren	271
5.3.5	Prüfung von Sterilisierverfahren	273
5.3.6	Apparate zum Blanchieren	273
6	Kühlen und Gefrieren	277
	<i>Volker Gaukel, Diana Behnlian</i>	
6.1	Prinzip und Produkte	277
6.1.1	Prinzip	277
6.1.2	Begriffsbestimmung	278
6.1.3	Produkte	280
6.2	Kühlen	281
6.2.1	Ziele und Produktqualität	281
6.2.2	Kältebedarf und Berechnung der Abkühlzeit	282
6.2.3	Kühlverfahren	288
6.2.4	Kühl Lagerung	288
6.2.5	Verpackung	291
6.3	Gefrieren und Tiefgefrieren	292
6.3.1	Ziele und Produktqualität	292

XII *Inhalt*

- 6.3.2 Der (Tief-)Gefrierprozess 293
- 6.3.3 Kältebedarf und Berechnung der Gefrierzeit 298
- 6.3.4 Gefrierverfahren 301
- 6.3.5 Verpackung 305
- 6.3.6 Gefrierlagerung 306
- 6.4 (Tief-) Kühlkette 308
- 6.5 Auftauen 310

- 7 Alternative Verfahren zum Haltbarmachen von Lebensmitteln 311**
Heike P. Schuchmann

- 7.1 Osmotische Vorbehandlung 311
Diana Behnlian
- 7.1.1 Verfahrensprinzip 311
- 7.1.2 Anwendungen 314
- 7.1.3 Prozessbeschreibung mit Hilfe mathematischer Modelle 315
- 7.1.4 Wirtschaftlichkeit 315
- 7.1.5 Verfahrenstechnische Anlagen 316
- 7.2 Tauchverfahren 318
Esther Mayer-Miebach, Volker Graf
- 7.2.1 Verringerung der Bakterienkeimzahl bei Frischprodukten 318
- 7.2.2 Chemikalienfreie milde thermische Behandlung 320
- 7.2.3 Tauchbehandlung mit chemisch wirksamen Lösungen 323
Axel Rathjen
- 7.3 Behandlung mit Hochdruck 329
Heike P. Schuchmann, Mario R. Stahl
- 7.3.1 Verfahrensziel und Anwendungspotential 329
- 7.3.2 Verfahrensprinzip und Anlagen 329
- 7.3.3 Wirtschaftlichkeit 331
- 7.3.4 Produkte und gesetzliche Bestimmungen 332
- 7.3.5 Produktqualität 332
- 7.3.6 Reaktionskinetik 335
- 7.3.7 Nachteile des Verfahrens 336
- 7.3.8 Verfahrenskombination 336
- 7.4 Hochspannungsimpulsverfahren, Elektroimpulsverfahren
(„pulsed electric fields“ PEF- oder „high electric field pulses“
HELP-Verfahren) 336
Heike P. Schuchmann
- 7.4.1 Verfahrensprinzip 336
- 7.4.2 Produktqualität 337
- 7.4.3 Anwendungen 340
- IAA Prozessparameter 340
- 7.4.5 Auslegung eines Pasteurisierungsprozesses 341
- 7.5 Behandlung mit ionisierenden Strahlen (Bestrahlung) 343
Mario R. Stahl, Heike P. Schuchmann

7.5.1	Verfahrensprinzipien	343
7.5.2	Bestrahlungsanlagen	348
7.5.3	Anwendungsgebiete und Produkte	349
7.5.4	Produktqualität	351
7.5.5	Nachweis der Bestrahlung	354
7.5.6	Ernährungsphysiologische Wirkungen	355
7.5.7	Gesetzliche Bestimmungen	355
8	Literatur zu Teil B	357
	Stichwortverzeichnis	385