

Werner Baltes

Lebensmittel- chemie

Sechste, vollständig überarbeitete Auflage

Mit 170 Abbildungen und 90 Tabellen



Springer

Professor Dr. Werner Baltes
Dipl. Chemiker, Lebensmittelchemiker
em. o. Professor für Lebensmittelchemie
Institut für Lebensmittelchemie der FU Berlin
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin

Die 1. Auflage erschien 1983 als Band 228 der Reihe *Heidelberger Taschenbücher*

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-540-38181-5 6. Aufl. Springer Berlin Heidelberg New York

DOI 10.1007/978-3-540-38183-9

ISBN 978-3-540-66525-0 5. Aufl. Springer Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- und Tonübertragung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media

springer.de

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1983, 1989, 1992, 1995, 2000 und 2007

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuziehen.

Satz: PTP-Berlin Protago-TeX-Production GmbH, Germany
Herstellung: LE-TeX Jelonek, Schmidt & Vöckler GbR, Leipzig
Einbandgestaltung: WMXDesign GmbH, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier 52/3100/YL - 5 4 3 2 1 0

Vorwort

Lebensmittelchemie ist die Lehre vom Aufbau, den Eigenschaften und Umwandlungen der Lebensmittel und ihrer Inhaltsstoffe. Lebensmittel sind meistens kompliziert zusammengesetzte biologische Systeme pflanzlicher oder tierischer Herkunft, die bei ihrer Isolierung, Zubereitung und Lagerung, aber auch nach Verzehr und Verstoffwechselung vielfältigen Veränderungen unterliegen. Auch wenn man von der rein stofflichen Seite dieser Vorgänge ausgeht, so wird doch deutlich, daß Lebensmittelchemie, auf einem breiten Fundament chemischer Kenntnisse aufbauend, auch ein vertieftes Verständnis für Biochemie erfordert. Schließlich gehören auch Kenntnisse über die Gewinnung, Verarbeitung und Konservierung von Lebensmitteln, die in einer vertieften Spezialisierung den Studienfächern Lebensmitteltechnologie und -mikrobiologie entsprechen würden, sowie über toxische Substanzen in Lebensmitteln (Lebensmitteltoxikologie), über Ernährungslehre und nicht zuletzt über Lebensmittelrecht zu den Grundlagen dieser Wissenschaft, die häufig daher auch als „Lebensmittelwissenschaft“ (Food Science) bezeichnet wird. Die Bezeichnung als „Lebensmittelchemie“ hat sich u.a. in Deutschland deshalb durchgesetzt, weil diese Wissenschaft in Kombination mit einer speziellen Lebensmittelanalytik und Lebensmittelrecht die Voraussetzungen für Tätigkeiten im Rahmen des vorbeugenden Verbraucherschutzes (Lebensmittelkontrolle) schafft.

Natürlich war es nicht möglich, alle diese Stoffgebiete, die in eigenständigen Studiengängen vermittelt werden, in einem Büchlein wie diesem erschöpfend abzuhandeln. Stattdessen liegt hier der Schwerpunkt der Behandlung in der Chemie der Lebensmittelinhaltsstoffe, auch wenn die anderen, oben genannten Stoffgebiete soweit behandelt werden, wie es für eine Gesamtsicht der Lebensmittel notwendig erschien. Andererseits bietet dieses Buch jene Grundkenntnisse in Lebensmittelchemie, die von Lebensmitteltechnologen, Ernährungswissenschaftlern, Medizinern und Tiermedizinern mit entsprechender fachlicher Ausrichtung für das Gesamtverständnis notwendig sind. Schließlich hat sich bei den ersten fünf Auflagen herausgestellt, daß auch Hauptfachstudenten der Lebensmittelchemie bzw. der Chemie dieses Buch bei Beginn ihrer Studien lesen, um so relativ schnell einen Gesamtüberblick über das Wissen um unsere Lebensmittel zu erhalten.

Nach einer Einführung in die Eigenschaften der wichtigsten Lebensmittelinhaltsstoffe und einer Darstellung der Kenntnisse über Wasser, Mineralstoffe, Vitamine und Enzyme wird die Chemie der eigentlichen Nährstoffe (Fette,

Kohlenhydrate, Proteine) relativ erschöpfend behandelt, soweit die Lebensmittelchemie davon betroffen ist. Eingehend werden ferner die Zusatzstoffe und Rückstände von Behandlungsmitteln in Lebensmitteln sowie natürlich gebildete, gesundheitlich bedenkliche Verbindungen beschrieben. Im letztgenannten Kapitel wurden die Kenntnisse über Lebensmittelallergien wiederum aktualisiert. Die folgenden technologischen Kapitel wurden ebenfalls unter dem Gesichtspunkt chemischer Prioritäten abgefaßt, so daß sich z.B. in den Kapiteln über Gemüse und Obst vertiefende Behandlungen über Pflanzenphenole und Terpene finden. Stets wurde der Stoff ergänzt durch ernährungsphysiologische Tatbestände und eine toxikologische Sicht der Materie. Wichtige Original-Veröffentlichungen sind als Fußnoten angegeben.

Im Rahmen einer gründlichen Überarbeitung wurde der gesamte Stoff aktualisiert, so daß man nun u.a. auch Aussagen zur Krebsentstehung und über Anticarcinogene, zu transgenen Lebensmitteln und Gentechnologie sowie zu Nahrungsergänzungsmitteln (Functional Foods) findet. Schließlich wurde das Kapitel über das Lebensmittelrecht völlig umgeschrieben und behandelt nun das europäische Lebensmittelrecht und seine Einflüsse auf das deutsche Lebensmittelrecht.

Verschiedentlich ist auch die Rede von älteren Anschauungen und von Ereignissen, die inzwischen überholt sind (z.B. der mißbräuchliche Zusatz von Diethylenglykol zu Wein in den siebziger und achtziger Jahren). Sie fanden deshalb wiederum Erwähnung, weil ihre Kenntnis essentiell für das Verständnis mancher Entwicklungen ist. Daher findet man im Kapitel über Zusatzstoffe auch solche Verbindungen, die in der EG derzeit nicht zugelassen sind. Die Formelnamen wurden nun einheitlich der IUPAC-Nomenklatur angepaßt, nachdem Lebensmittelchemie heute international betrieben wird. Insgesamt wurde aber die bereits bewährte, gestraffte Beschreibung des Stoffes im Sinne einer Übersichtlichkeit beibehalten.

Bei der Abfassung dieser 6. Auflage haben mir wiederum Fachkollegen und Mitarbeiter meines Arbeitskreises, aber auch studentische Leser mit Hinweisen sehr geholfen. Frau Wilcopolski hat Formelbilder ergänzt und die Herren Prof. Glomb sowie Priv. Doz. Dr. Mörsel haben weitere Formelbilder mittels EDV erstellt. Ihnen allen sage ich herzlichen Dank für ihre Hilfe. Besonderer Dank gebührt den Herren Dr. Lange und Prof. Dr. Vieths für die Betreuung der Kapitel über Lebensmittelrecht bzw. über Allergien und Herrn Kunert für die kritische Durchsicht des Kapitels über Zusatzstoffe. Schließlich sei dem Springer-Verlag für die Geduld und die nette Zusammenarbeit herzlich gedankt.

Im Januar 2007

Werner Baltes

Inhaltsverzeichnis

1	Die Zusammensetzung unserer Nahrung	1
2	Wasser	15
2.1	Einleitung	15
2.2	Die Wasserbindung in Lebensmitteln	16
3	Mineralstoffe	18
3.1	Mengenelemente	18
3.2	Spurenelemente	21
3.3	Ultrapurenelemente	24
4	Vitamine	25
4.1	Einführung	25
4.2	Fettlösliche Vitamine	25
4.3	Wasserlösliche Vitamine	28
4.4	Vitaminierung von Lebensmitteln	37
5	Enzyme	38
5.1	Einführung	38
5.2	Hydrolasen	40
5.3	Lyasen	45
5.4	Transferasen	46
5.5	Isomerasen	47
5.6	Oxidoreduktasen	47
6	Lipoide	50
6.1	Fette	50
6.2	Fettsäuren mit ungewöhnlichen Strukturen	58
6.3	Fettähnliche Stoffe	61
6.4	Weitere Fettbestandteile	67
6.5	Chemische Umwandlung von Fetten	69
6.5.1	Umesterung	69
6.5.2	Fetthärtung	72
6.6	Wege des Fettverderbs	75

6.6.1	Einführung	75
6.6.2	Autoxidation	75
6.6.3	Hydrolytische Fettspaltungen	79
7	Kohlenhydrate	81
7.1	Einführung	81
7.2	Aufbau von Monosacchariden	82
7.3	Reaktionen von Monosacchariden	90
7.3.1	Verhalten in saurer Lösung	90
7.3.2	Verhalten in alkalischer Lösung	91
7.3.3	Reduktion von Monosacchariden	93
7.3.4	Oxidation von Monosacchariden	93
7.4	Glykoside	95
7.5	Maillard-Reaktion	97
7.6	Oligosaccharide	102
7.7	Polysaccharide	104
7.7.1	Aufbau von Stärke	104
7.7.2	Modifizierte Stärken	106
7.7.3	Resistente Stärke	109
7.7.4	Enzymatische Stärke-Spaltung	109
7.7.5	Glykogen	110
7.7.6	Cellulose	110
7.7.7	Chitin	111
7.7.8	Murein	111
7.7.9	Polyfructosane	112
7.7.10	Hemicellulosen	113
7.7.11	Xanthan	115
7.7.12	Pflanzengummi	115
7.7.13	Rohfaser, Ballaststoffe	115
8	Eiweiß	118
8.1	Aminosäuren	118
8.2	Essentielle Aminosäuren, Eiweißwertigkeit	123
8.3	Aufbau von Peptiden und von Eiweiß	125
8.4	Sphäroproteine	129
8.5	Skleroproteine	129
8.6	Proteide	130
8.7	Einteilung nach der Löslichkeit	131
8.8	Chemische Eigenschaften von Eiweiß	132
8.9	Abbau von Eiweiß	135
8.10	Prionen	136
8.11	Profiline	137
8.12	Biogene Amine	138

9	Lebensmittelkonservierung	140
9.1	Einführung	140
9.2	Hitzebehandlung von Lebensmitteln	142
9.3	Kühllagerung	144
9.4	Tiefgefrierlagerung	148
9.5	Haltbarmachung durch Trocknen	153
9.6	Konservieren durch Salzen, Zuckern und Säuern	156
9.7	Pökeln, Räuchern	157
9.8	Bestrahlung von Lebensmitteln	157
10	Zusatzstoffe im Lebensmittelverkehr	162
10.1	Einführung, Begriffe	162
10.2	Zugelassene Konservierungsstoffe	165
10.3	Weitere, konservierend wirkende Stoffe	170
10.4	Antioxidantien	173
10.5	Emulgatoren	175
10.6	Verdickungsmittel	178
10.7	Stabilisatoren	181
10.8	Feuchthaltemittel	183
10.9	Geschmacksstoffe	183
10.9.1	Einführung	183
10.9.2	Kochsalz-Ersatzpräparate	185
10.9.3	Saure Verbindungen	186
10.9.4	Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe	186
10.9.5	Fettersatzstoffe	194
10.9.6	Bitterstoffe	195
10.9.7	Geschmacksverstärker	195
10.10	Lebensmittelfarbstoffe	197
10.11	Weitere, technologische Zusatzstoffe	204
10.12	Stoffe zu diätetischen und ernährungsphysiologischen Zwecken	204
11	Rückstände in Lebensmitteln	206
11.1	Einführung	206
11.2	Rückstände aus der landwirtschaftlichen Produktion	207
11.2.1	Pestizide	207
11.2.2	Antibiotika	218
11.2.3	Thyreostatika und Beruhigungsmittel	219
11.2.4	Weitere Tierarzneimittel	220
11.2.5	Anabolica	221
11.3	Umweltrelevante Rückstände in Lebensmitteln	224
11.3.1	Einführung	224
11.3.2	Anorganische Kontaminanten	224

11.3.3	Polyhalogenierte aromatische Verbindungen	227
11.3.4	Perchlorethylen (PER)	227
11.4	Radionuklide	228
11.4.1	Einführung	228
11.4.2	Wirkung von Radionukliden auf biologisches Material	229
11.4.3	Beschreibung der wichtigsten Radionuklide im menschlichen Umfeld	231
11.4.4	Abschätzung der Strahlenexposition	235
11.4.5	Rechtliche Regelungen	236
12	Gesundheitsschädliche Stoffe in natürlichen Lebensmitteln	237
12.1	Einführung	237
12.2	Gesundheitsschädliche Pflanzeninhaltsstoffe	237
12.2.1	Blausäure	237
12.2.2	Nitrat	240
12.2.3	Oxalsäure, Glyoxylsäure	241
12.2.4	Goitrogene Verbindungen	241
12.2.5	Favismus und Lathyrismus	242
12.2.6	Toxische Bohnenproteine	243
12.2.7	Alkaloide in Lebensmittel- und Futterpflanzen	244
12.2.8	Toxische Stoffe in eßbaren Pilzen	245
12.2.9	Cycasin	246
12.2.10	Toxische Karotteninhaltsstoffe	247
12.2.11	Furanocumarine	247
12.2.12	Toxische Honig-Inhaltsstoffe	248
12.2.13	Ätherische Öle	248
12.3	Toxine in Fischen und Muscheln	251
12.4	Gesundheitsschädliche Stoffe in verdorbenen Lebensmitteln ..	252
12.4.1	Bakterientoxine	252
12.4.2	Biogene Amine	255
12.4.3	Mutterkorn	256
12.4.4	Mykotoxine	256
12.5	Bildung gesundheitsschädlicher Stoffe bei der Zubereitung von Lebensmitteln	261
12.5.1	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	261
12.5.2	Nitrosamine	263
12.5.3	Acrylamid	264
12.5.4	Ethylcarbamate	265
12.5.5	Mutagene aus Eiweiß	266
12.6	Unverträglichkeitsreaktionen gegen Lebensmittel	269
12.6.1	Allergien	270
12.6.2	Pseudoallergische Reaktionen	281

12.6.3	Intoleranzreaktionen durch Enzymdefekte	283
12.6.4	Toxische Reaktionen	284
13	Aromabildung in Lebensmitteln	285
13.1	Aromastoffe	285
13.2	Prinzipien der Aromabildung in Gemüse und Obst	288
13.3	Hitzebedingte Aromabildung.....	291
13.4	Fehlaromen in Lebensmitteln	297
13.5	Aromen, Essenzen	300
14	Speisefette	302
14.1	Gewinnung von Pflanzenfetten	302
14.2	Gewinnung tierischer Fette.....	307
14.3	Butter	309
14.4	Margarine.....	311
14.5	Spezialmargarinen	313
14.5.1	Backmargarine.....	313
14.5.2	Ziehmargarine	314
14.5.3	Crememargarine	314
14.6	Spezial-Fette	314
14.6.1	Shortenings	314
14.6.2	Plattenfette.....	315
14.6.3	Fritierfette	315
14.6.4	Salatöle	316
14.7	Trennöle	316
14.8	Mayonnaise, Salatsaucen	316
15	Eiweißreiche Lebensmittel	317
15.1	Einführung	317
15.2	Fleisch	317
15.2.1	Begriffe	317
15.2.2	Die Schlachtung	320
15.2.3	Rigor mortis und Fleischreifung	321
15.2.4	Bindegewebe	325
15.2.5	Fleischfarbe	325
15.2.6	Schlachtabgänge	326
15.2.7	Blut	326
15.2.8	Zusammensetzung von Fleisch	326
15.3	Fleischerzeugnisse	327
15.3.1	Zubereitung von Fleisch	327
15.3.2	Wurst	330
15.3.3	Fleischextrakt	335
15.3.4	Brühwürze	335
15.4	Gelatine	336

15.5	Fisch	337
15.5.1	Fischfang	338
15.5.2	Seefische	338
15.5.3	Süßwasserfische	340
15.5.4	Fischkrankheiten und Parasiten	341
15.5.5	Krebstiere	341
15.5.6	Krabben	342
15.5.7	Weichtiere	342
15.6	Fischerzeugnisse	343
15.6.1	Salzfische	343
15.6.2	Marinaden	343
15.6.3	Räucherfisch	343
15.7	Kaviar	344
15.8	Trockenfische	344
15.9	Eier	344
15.10	Konservierung von Eiern	346
15.11	Milch	347
15.11.1	Einführung	347
15.11.2	Chemische Zusammensetzung von Kuhmilch	348
15.12	Andere Milcharten	351
15.13	Milcherzeugnisse	351
15.14	Käse	354
15.14.1	Definitionen	354
15.14.2	Herstellung	354
15.14.3	Schmelzkäse	358
15.15	Produkte mit höheren Proteingehalten aus Pflanzen	359
15.15.1	Sojamilch	359
15.15.2	Tofu (Sojaquark)	359
15.15.3	Lupinenquark	359
15.15.4	Tempeh	359
15.15.5	Natto	360
15.15.6	Miso	360
15.16	Andere Wege zur Proteingewinnung	360
15.16.1	Fischproteinkonzentrat (FPC)	360
15.16.2	Fleischähnliche Produkte aus Pflanzeneiweiß (TVP)	360
15.16.3	Einzellerprotein (SCP)	361
16	Kohlenhydratreiche Lebensmittel	362
16.1	Zucker	362
16.2	Spezielle Produkte	365
16.3	Zuckeralkohole	366
16.4	Zuckerwaren	367
16.5	Honig	367

16.6	Getreide	368
16.6.1	Unsere wichtigsten Getreide	368
16.6.2	Aufbau und chemische Zusammensetzung	370
16.6.3	Müllerei	371
16.6.4	Mehlbehandlung	373
16.7	Brot	374
16.8	Backhilfsmittel	375
16.9	Backpulver	376
16.10	Teigwaren	377
16.11	Stärke	377
16.12	Verwendung von nativen und modifizierten Stärken	379
17	Alkoholische Genußmittel	382
17.1	Alkoholische Gärung	382
17.2	Nebenprodukte der alkoholischen Gärung	384
17.3	Wein	386
17.3.1	Vorbemerkungen	386
17.3.2	Weinbereitung	388
17.3.3	Schädlinge im Weinbau	391
17.3.4	Weinfehler	391
17.3.5	Methoden zum Verfälschungsnachweis von Weinen	392
17.3.6	Dessertweine	393
17.3.7	Wermutwein	394
17.4	Schaumweine	394
17.5	Bier	394
17.6	Branntweine	396
18	Alkaloidhaltige Genußmittel	398
18.1	Einführung	398
18.2	Kaffee	399
18.3	Tee	401
18.4	Kakao-Erzeugnisse	403
18.5	Tabak	406
19	Gemüse und ihre Inhaltsstoffe	409
19.1	Einführung	409
19.2	Chemische Zusammensetzung	409
19.3	Pflanzenphenole	413
19.4	Kartoffeln	416
19.5	Kohlgemüse	417
19.6	Hülsenfrüchte	417
19.7	Pilze	418
19.8	Lagerung	419
19.9	Gemüsedauerwaren	420

19.9.1	Tiefkühlware	420
19.9.2	Dosengemüse	420
19.9.3	Trockengemüse	421
19.9.4	Gärungsgemüse	421
19.9.5	Essiggemüse	422
20	Obst und Obsterzeugnisse	423
20.1	Definition	423
20.2	Chemische Zusammensetzung	423
20.3	Terpene	427
20.4	Lagerung von Obst	428
20.5	Trockenobst	430
20.6	Kandierte Früchte	430
20.7	Marmeladen, Konfitüren	430
20.8	Fruchtsäfte	431
21	Gewürze	433
21.1	Vorbemerkungen.....	433
21.2	Fruchtgewürze	433
21.3	Samengewürze	437
21.4	Blütengewürze	437
21.5	Wurzel- und Rhizomgewürze.....	438
21.6	Rindengewürze	439
21.7	Blatt- und Krautgewürze	439
21.8	Gewürzmischungen	440
21.9	Sojasauce	440
21.10	Essenzen	441
21.11	Gewürze im weiteren Sinne	441
21.11.1	Speisesalz (Kochsalz).....	441
21.11.2	Essig	442
21.12	Fruchtsäuren.....	442
22	Trinkwasser	444
22.1	Herkunft	444
22.2	Zusammensetzung	445
22.3	Wasserhärte	446
22.4	Aufbereitung	449
22.5	Entsäuerung	453
22.6	Entfernung geruchlich und geschmacklich störender Stoffe ...	453
22.7	Nitrat-Entfernung.....	454
22.8	Entkeimung	454
22.9	Trinkwasser aus Meerwasser	455

23	Erfrischungsgetränke	456
23.1	Mineralwasser	456
23.2	Süße, alkoholfreie Erfrischungsgetränke	457
23.3	Limonaden	457
23.4	Isotonische Getränke	458
24	Das deutsche Lebensmittelrecht	459
24.1	Entwicklung des deutschen Lebensmittelrechts	459
24.2	Prinzipien des deutschen Lebensmittelrechts	460
24.3	Einfluss des EG-Rechts auf die deutsche Lebensmittel-Gesetzgebung	462
24.4	Der freie Warenverkehr in der Europäischen Gemeinschaft	463
24.5	Die europäische Basis-Verordnung zum Lebensmittelrecht	463
24.6	Das Lebensmittel- und Futtermittel-Gesetzbuch	464
24.7	Lebensmittelkennzeichnung\Lebensmittelkennzeichnung	464
24.8	Los-Kennzeichnung	465
24.9	Allergen-Kennzeichnung	465
24.10	Kennzeichnungspflicht für gentechnisch veränderte Organismen	465
24.11	Nährwertkennzeichnung	466
24.12	Gesundheitsbezogene Aussagen	466
24.13	Lebensmittelzusatzstoffe und technische Hilfsstoffe	466
24.14	Novel Food Verordnung	467
24.15	Rückstände und Kontaminanten	467
24.16	Hygieneregelungen	467
24.17	Weitere Regelungen	468
24.18	Vertikale Produktverordnungen	468
24.19	Überwachungs-Richtlinie	468
25	Weiterführende Literatur	469
Sachverzeichnis		473

