



R. Heiss · K. Eichner

# Haltbarmachen VON Lebensmitteln

Chemische, physikalische  
und mikrobiologische Grundlagen  
der Verfahren

Dritte, überarbeitete und erweiterte Auflage

Mit 154 Abbildungen

Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg GmbH

Professor Dr.-Ing. habil. Dr. rer. techn. h.c. Rudolf Heiss

Emer. Direktor des Instituts für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e.V.  
an der Technischen Universität München, Institut der Fraunhofer-Gesellschaft  
Ehem. Professor für Lebensmitteltechnologie und Verpackungstechnik an der  
Technischen Universität München

Professor Dr. rer. nat. habil. Karl Eichner

Universität Münster, Institut für Lebensmittelchemie

ISBN 978-3-662-07665-1

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Heiss, Rudolf: Haltbarmachen von Lebensmitteln : chemische, physikalische  
und mikrobiologische Grundlagen der Verfahren / R. Heiss ; K. Eichner. –  
3., überarb. und erw. Aufl. ·

ISBN 978-3-662-07665-1 ISBN 978-3-662-07664-4 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-07664-4

NE: Eichner, Karl:

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, 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 Fassung von 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1995

Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1995

Softcover reprint of the hardcover 3rd edition 1995

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch 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 Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Satz: Fotosatz-Service Köhler OHG, Würzburg

SPIN 10425684 62/3020 – 5 4 3 2 1 0 Gedruckt auf säurefreiem Papier

*Unseren Ehefrauen  
in Liebe und Dankbarkeit*

# Vorwort zur dritten Auflage

Mit der Neuauflage dieses Buches wird der enorme wissenschaftliche Erkenntnisgewinn der letzten Jahre bezüglich physikalischer, biologischer und chemischer Qualitätsveränderungen während der Lagerung von Lebensmitteln der praktischen Anwendung noch besser zugänglich gemacht, da neuere wissenschaftliche Erkenntnisse – vor allem aus der ausländischen Literatur – bei uns in zu geringem Maße Auswirkungen erkennen lassen. Ergänzungen auf dem mikrobiologischen Gebiet wurden wegen zahlreicher neuer Forschungsarbeiten über Listerien und andere Pathogene notwendig. Teilweise ist dies auch durch die zunehmende Bedeutung der Lagerung und Verpackung von Lebensmitteln in modifizierten Atmosphären bedingt. Dankenswerterweise stand uns dabei Herr Dr. G. Cerny vom ILV, München, beratend zur Seite. Auf Fragen der Biokonservierung und der Hochdruckkonservierung wird ebenfalls eingegangen. Die Kapitel, welche sich mit der Wirkung chemischer Konservierungsstoffe und mit der Konservierung durch ionisierende Strahlen befassen, wurden wiederum durch die Herren Dr. E. Lück, Frankfurt, und Prof. Dr. J. F. Diehl, Karlsruhe, auf den neuesten Stand gebracht. Wir sind ihnen zu besonderem Dank verpflichtet.

Neu an der dritten Auflage ist das Kapitel XI. Hier wird an charakteristischen Beispielen erläutert, welche Einzeleinflüsse Auswirkungen auf die Lebensmittelqualität haben und durch welche Maßnahmen sie im jeweiligen Fall – möglichst bei Minimierung der Verpackung – erhalten werden kann. Dabei wird auch deutlich, wo noch Forschungsbedarf besteht.

München und Münster, 21. November 1994

R. Heiss · K. Eichner

## Aus dem Vorwort zur zweiten Auflage

In den letzten Jahrzehnten verlief die Entwicklung der Verfahren zur Haltbarmachung von Lebensmitteln weit stürmischer als die der übrigen industriellen Lebensmittel-Verarbeitungsprozesse. Dort war nämlich der Nachholbedarf höher, da sich der jahreszeitlich unabhängige internationale Warenaustausch ausdehnte, wodurch sich die Umschlagzeiten verlängerten. Beginnend mit dem industriellen Tiefgefrieren vor dem zweiten Weltkrieg war es für den einsetzenden Fortschritt charakteristisch, daß chemische Konservierungsmethoden mehr und mehr durch verbesserte physikalische Verfahren abgelöst wurden. Damit hängt zusammen, daß es sinnvoll erschien, dieses Buch nach umfassenden Literaturstudien bereits wenige Jahre nach seinem Erscheinen entscheidend zu ergänzen.

Die apparative Durchbildung der physikalischen Verfahren zur Haltbarmachung hat sich in den letzten Jahren nicht allzusehr verändert, weshalb diesbezüglich nur geringe Textänderungen erforderlich waren. Anders verhält es sich dagegen mit unseren Erkenntnissen über die Kinetik chemischer und mikrobiologischer Veränderungen von Lebensmitteln als Voraussetzung für eine exakte Durchbildung der Verfahren. Diesbezüglich geht die neuere Literatur – vor allem die aus dem englischsprachigen Raum – verstärkt auf die Wechselwirkungen zwischen chemischen, biologischen und physikalischen Veränderungen ein. Deshalb wird in dieser Neuauflage verstärkt das Verständnis von Verfahreningenieuren, Chemikern und Biologen für die jeweils angrenzenden Gebiete angesprochen, um nützliche Schlußfolgerungen für eine optimale Qualitätserhaltung ziehen zu können.

Es ist anzunehmen, daß der Frischezustand der von uns verzehrten Lebensmittel mindestens genau so stark von der Verringerung der Veränderungen in der Zeitspanne zwischen Produktion und Verzehr wie von der schonenden industriellen Verarbeitung selbst abhängt. Auf letztere wurde aber bisher das Hauptaugenmerk gerichtet. Da jedoch im Wettbewerb innerhalb des zukünftigen Europäischen Binnenmarktes die Warenqualität ganz allgemein eine entscheidende Rolle spielen wird, wurde in diesem Buch versucht, die für die Qualitätserhaltung der Lebensmittel beim Umschlag besonders wichtigen internationalen Forschungsergebnisse in einem klaren Zusammenhang darzustellen. Nicht nur die Industrie, auch der Handel sollte sich dieses Wissensspeichers bedienen, um Abweichungen von den optimalen Lagerbedingungen in ihrer Wirkung besser abschätzen zu können, sowie je nach der Empfindlichkeit von Lebensmittelgruppen und dem gewählten Haltbarmachungsverfahren seine logistischen Möglichkeiten zur Abkürzung der Umschlagszeiten voll auszuschöpfen. Wenn dieses Buch auch nicht unmittelbar die Verbraucher erreicht, die oft ihre Vorräte überlagern, so bildet es doch eine wichtige Informationsquelle für die Aufklärungsarbeit durch Verbraucherverbände sowie durch Schulen aller Art.

# Inhaltsverzeichnis

<b>I Einführung</b> . . . . .	1
Literatur . . . . .	3
<b>II Chemische Veränderungen von Lebensmitteln bei der Verarbeitung und Lagerung und deren Vermeidung</b> . . . . .	4
1 Arten der Veränderung . . . . .	4
1.1 Hydrolytische Veränderungen . . . . .	5
1.1.1 Hydrolytische Spaltung von Kohlenhydraten . . . . .	5
1.1.2 Hydrolytische Spaltung von Lipiden . . . . .	6
1.1.3 Hydrolytische Spaltung von Proteinen . . . . .	8
1.2 Oxidative Veränderungen von Lipiden und anderen Inhaltsstoffen . . . . .	8
1.3 Die Maillard-Reaktion (nicht-enzymatische Bräunungsreaktion) . . . . .	16
1.4 Weitere qualitätsmindernde Veränderungen . . . . .	20
1.4.1 Veränderungen von Proteinen . . . . .	20
1.4.2 Empfindlichkeit von Vitaminen . . . . .	21
1.5 Haltbarkeitsdauer und sensorische Veränderungen . . . . .	22
2 Zeitabhängigkeit von Veränderungen in Lebensmitteln . . . . .	23
3 Die Einflußgrößen für Lebensmittelveränderungen und Möglichkeiten zu deren Vermeidung . . . . .	26
3.1 Einfluß der Temperatur . . . . .	26
3.2 Einfluß des Wassergehalts bzw. der Gleichgewichtsfeuchtigkeit . . . . .	32
3.3 Kombinierte Einflüsse von Temperatur und Wassergehalt . . . . .	37
3.4 Sauerstoffeinfluß . . . . .	39
3.5 Lichtempfindlichkeit (vorwiegend fetthaltiger Lebensmittel) . . . . .	43
3.5.1 Die Abhängigkeit der Oxidationsgeschwindigkeit belichteter Öle von der Bestrahlungsstärke . . . . .	45
3.5.2 Die Abhängigkeit der Oxidationsgeschwindigkeit belichteter Öle von der Wellenlänge des eingestrahnten Lichts . . . . .	46
3.5.3 Die Abhängigkeit der Oxidationsgeschwindigkeit belichteter Öle vom Sauerstoffpartialdruck . . . . .	46
Literatur . . . . .	48

<b>III Frischhaltepackungen für Lebensmittel</b> . . . . .	53
1 Verpackung wasserdampfempfindlicher Lebensmittel . . . . .	54
1.1 Berechnung der zulässigen Permeationswerte der Packmittel bzw. der zulässigen Umschlagszeiten vorzugsweise wasserdampfempfindlicher Lebensmittel . . . . .	54
1.2 Instationäre Fälle . . . . .	55
2 Verpackung sauerstoffempfindlicher Lebensmittel . . . . .	57
2.1 Praktische Folgerungen . . . . .	58
2.2 Berechnung der Haltbarkeit sauerstoffempfindlicher Lebensmittel . . . . .	61
2.3 Sonderfälle . . . . .	62
2.3.1 Sonstige Wechselwirkungen . . . . .	65
3 Packstoffe aus mikrobiologischer Sicht . . . . .	67
Literatur . . . . .	67
<b>IV Die mikrobiologische Gefährdung von Lebensmitteln und ihre Vermeidung</b> . . . . .	69
1 Einteilung der Mikroorganismen . . . . .	69
1.1 Bakterien . . . . .	69
1.2 Hefen . . . . .	70
1.3 Schimmelpilze . . . . .	70
2 Grundbegriffe und Definitionen . . . . .	72
3 Lebensmittelverderb durch Mikroorganismen . . . . .	74
3.1 Mikrobielle Lebensmittelvergiftungen und erforderliche Hygienemaßnahmen . . . . .	75
3.1.1 Intoxikationen und Infektionen beim Genuß von rohen Lebensmitteln . . . . .	78
3.1.2 Intoxikationen und Infektionen beim Genuß erhitzter Lebensmittel . . . . .	79
3.2 Möglichkeiten, um einen unerwünschten Verderb von Lebensmitteln durch Mikroorganismen zu steuern . . . . .	83
3.2.1 Zugabe von mikrobienhemmenden Begleitstoffen . . . . .	83
3.2.2 Einfluß der Temperatur . . . . .	86
3.2.3 Senkung des Anfangskeimgehalts . . . . .	89
3.2.4 Erniedrigung des pH-Wertes . . . . .	89
3.2.5 Erniedrigung der Gleichgewichtsfeuchtigkeit . . . . .	91
3.2.6 Sauerstofffreie Lagerung . . . . .	97
3.2.7 Hochdrucksterilisation . . . . .	100
3.2.8 Biokonservierung . . . . .	101
Literatur . . . . .	102



<b>V Die Wirkung chemischer Konservierungsstoffe</b> . . . . .	105
1 Einflußgrößen . . . . .	105
1.1 Einfluß der Konzentration und zeitlicher Verlauf der Wirkung	106
1.2 Einfluß des Milieus . . . . .	107
1.3 Einfluß der Verteilungskoeffizienten (VQ) . . . . .	109
2 Globale Wirkung und Spezifität . . . . .	110
2.1 Globale Wirkung . . . . .	110
2.2 Spezifität . . . . .	112
3 Kombinationswirkungen . . . . .	113
Literatur . . . . .	115
<b>VI Frischhaltung durch Kälte (über dem Gefrierpunkt)</b> . . . . .	117
1 Allgemeine Grundlagen . . . . .	118
1.1 Abkühlen . . . . .	118
1.2 Kaltlagerung . . . . .	120
2 Kaltlagerung typischer Lebensmittelgruppen . . . . .	123
2.1 Obst und Gemüse . . . . .	123
2.1.1 Chemische Zusatzverfahren . . . . .	128
2.2 Fleisch . . . . .	132
2.2.1 Biochemische Vorgänge beim <i>Abkühlen</i> von Tierkörpern	132
2.2.2 Praktische Folgerungen . . . . .	135
2.2.3 Kaltlagerung von Fleisch . . . . .	138
2.2.4 Anhang (Geflügel) . . . . .	142
2.3 Frischfisch . . . . .	143
Literatur . . . . .	145
<b>VII Tiefgefrieren von Lebensmitteln</b> . . . . .	149
1 Einfrieren . . . . .	149
1.1 Grundlagen . . . . .	149
1.2 Durchführung des Gefrierens . . . . .	157
1.2.1 Grundlagen . . . . .	157
1.2.2 Konstruktive Durchführung . . . . .	159
1.2.3 Gefrierkonzentrieren . . . . .	163
2 Gefrierlagerung . . . . .	165
2.1 Chemische Veränderungen . . . . .	166
2.1.1 Eiweißstoffe . . . . .	166
2.1.2 Lipide . . . . .	168
2.1.3 Weitere chemische Veränderungen . . . . .	168
2.2 Physikalische Veränderungen . . . . .	169
2.2.1 Rekristallisation . . . . .	169
2.2.2 Absublimieren von Wasserdampf aus dem Eis . . . . .	170

2.3 Verhalten von Mikroorganismen . . . . .	171
2.4 Einfluß der Temperatur auf die sensorischen Veränderungen . . . . .	172
2.5 Neuere Einsatzbereiche (Gefrierlagerung-Kaltlagerung) . . . . .	176
3 Auftauen . . . . .	177
3.1 Grundlagen . . . . .	177
3.2 Sonderprobleme beim Einfrieren und Auftauen von Fleisch und Fischen . . . . .	179
Literatur . . . . .	182
<b>VIII Trocknung . . . . .</b>	<b>185</b>
1 Physikalische Gesetzmäßigkeiten der Trocknung . . . . .	185
1.1 Trocknung eines grobkapillaren Gutes . . . . .	185
1.2 Trocknung hygroskopischer Stoffe . . . . .	188
2 Konstruktive Durchbildung von Trocknern . . . . .	192
2.1 Konventionelle Trocknungsverfahren . . . . .	192
2.2 Spezielle Trocknungsmethoden . . . . .	196
2.3 Instantisieren . . . . .	201
3 Die Vermeidung von Qualitätseinbußen beim Trocknen . . . . .	202
4 Haltbarkeit getrockneter Lebensmittel . . . . .	214
Literatur . . . . .	216
<b>IX Hitzesterilisierung . . . . .</b>	<b>219</b>
1 Kinetik der Mikroorganismenabtötung . . . . .	219
1.1 Abtötungs-Zeit-Kurve (Survival Curve) . . . . .	219
1.2 Abtötungs-Temperatur-Kurve (Thermal Death Time Curve – TDT) . . . . .	224
1.3 Zusatzüberlegungen . . . . .	226
2 Das örtliche und zeitliche Temperaturfeld in Behältern während der Mikroorganismenabtötung durch Sterilisieren . . . . .	231
2.1 Konventionelle Berechnungsmethode (general method) . . . . .	232
2.2 Weitere Methoden . . . . .	237
3 Qualitätseinbußen beim Sterilisieren . . . . .	238
3.1 Erweiterte Rechenverfahren . . . . .	238
3.2 Beim Sterilisieren ablaufende Veränderungen im einzelnen . . . . .	241
3.3 Maßnahmen zur Verringerung von Qualitätseinbußen beim Sterilisieren und nachfolgenden Lagern . . . . .	243
3.3.1 Verbesserung des Sterilisiervorgangs . . . . .	243
3.3.2 Lagerveränderungen und deren Vermeidung . . . . .	247

4	Konstruktive Durchbildung von Sterilisierapparaten . . . . .	249
4.1	Absatzweise arbeitende Autoklaven . . . . .	249
4.2	Durchlaufautoklaven . . . . .	251
4.3	Aseptikanlagen . . . . .	253
5	Dichtigkeitsfragen . . . . .	258
6	Über den Wirkdruck beim Sterilisieren von Lebensmitteln . . . . .	260
6.1	Starre Behälter . . . . .	260
6.2	Behälter mit variablem Volumen . . . . .	262
	Literatur . . . . .	263
<b>X</b>	<b>Konservierung von Lebensmitteln mittels ionisierender Strahlen . . . . .</b>	<b>267</b>
1	Strahlungsquellen . . . . .	268
2	Meßgrößen . . . . .	270
3	Wirkung auf Mikroorganismen und Insekten . . . . .	270
4	Bestrahlen von Lebensmitteln . . . . .	272
4.1	Bestrahlen mit hohen Dosen (10 bis 50 kGy; Radappertization) . . . . .	273
4.2	Bestrahlen mit mittleren und niedrigen Dosen (0,1 bis 10 kGy) . . . . .	273
4.3	Kombinationsverfahren . . . . .	276
4.4	Schlußbetrachtung . . . . .	277
	Literatur . . . . .	280
<b>XI</b>	<b>Erfassung der Einflußgrößen auf die Qualität und Qualitätserhaltung verpackter Lebensmittel . . . . .</b>	<b>283</b>
1	Abiotischer Verderb von beispielhaften Lebensmitteln . . . . .	285
1.1	Kakaoerzeugnisse (Schokolade) . . . . .	285
1.1.1	Ursachen von Qualitätsschäden . . . . .	285
1.1.2	Vermeidbare Veränderungen durch geeignetes Verpacken . . . . .	285
1.1.3	Verpackung . . . . .	287
1.1.4	Durch die Verpackung nicht beeinflussbare Qualitätsfaktoren . . . . .	288
1.1.5	Haltbarkeit . . . . .	290
	Literatur . . . . .	290
1.2	Röstkaffee . . . . .	291
1.2.1	Allgemeine Anforderungen an die Verpackung . . . . .	291
1.2.2	Spezielle Anforderungen . . . . .	292
	Literatur . . . . .	296

1.3 Trockensuppenerzeugnisse . . . . .	297
1.3.1 Spezifische Empfindlichkeiten . . . . .	297
1.3.2 Anforderungen an die Packmittel . . . . .	297
1.3.3 Folgerungen für die im Handel befindlichen Packmittel . . . . .	298
Literatur . . . . .	299
1.4 Butter . . . . .	300
1.4.1 Spezifische Empfindlichkeiten . . . . .	300
1.4.2 Anforderungen an die Packmittel . . . . .	300
1.4.3 Folgerungen für die (vor allem in der Bundesrepublik Deutschland) im Handel befindlichen Packmittel . . . . .	301
1.4.4 Verordnungen, Normen . . . . .	302
1.4.5 Kritische Überlegungen . . . . .	302
Literatur . . . . .	303
1.5 Pasteurisierte Fruchtsäfte . . . . .	304
1.5.1 Spezifische Empfindlichkeiten . . . . .	304
1.5.2 Mindesthaltbarkeit von Fruchtsäften, Fruchtnektaren und stillen Fruchtgetränken . . . . .	305
1.5.3 Anforderungen an die Verpackung . . . . .	307
1.5.4 Regelungen für Fruchtsaft und -konzentrat . . . . .	308
Literatur . . . . .	308
2 Vorwiegend mikrobiologischer Verderb an beispielhaften Lebensmitteln . . . . .	310
2.1 Mischsalate . . . . .	310
2.1.1 Spezifische Empfindlichkeiten . . . . .	311
2.1.2 Abhilfemaßnahmen . . . . .	311
2.1.3 Praktische Erfahrungen hinsichtlich Haltbarkeitsver- längerung von zerkleinertem Gemüse durch Schutzgase . . . . .	312
2.1.4 Schlußfolgerungen für die Verpackung . . . . .	313
Literatur . . . . .	314
2.2 Weichkäse . . . . .	315
2.2.1 Spezifische Empfindlichkeiten . . . . .	316
2.2.2 Anforderungen an die Verpackung . . . . .	316
2.2.3 Folgerungen für eine optimale Verpackung . . . . .	316
2.2.4 Problematik . . . . .	317
Literatur . . . . .	318
2.3 Mögliche Mischfälle: Fertiggerichte und Teilfertiggerichte für die Aufbereitungsküche. . . . .	318
2.3.1 Spezielle Empfindlichkeiten von Fertiggerichten . . . . .	320
2.3.2 Gewonnene Erfahrungen . . . . .	320
2.3.3 Anforderungen an die Verpackung . . . . .	324
2.3.4 Folgerungen für im Handel befindliche Erzeugnisse . . . . .	324
Literatur . . . . .	327

2.4 Fleischwaren . . . . .	328
2.4.1 Spezifische Empfindlichkeiten . . . . .	328
2.4.2 Problematik . . . . .	329
2.4.3 Schnittware: Anforderungen an die Packmittel . . . . .	329
2.4.4 Folgerungen für Haltbarkeit und Wahl der Packmittel . . . . .	330
Literatur . . . . .	332
2.5 Brot . . . . .	332
2.5.1 Ganzbrot . . . . .	332
2.5.2 Schnittbrot . . . . .	334
2.5.3 Konservierungsverfahren und Verpackung . . . . .	335
Literatur . . . . .	336
2.6 Frischkäse . . . . .	336
2.6.1 Spezifische Anforderungen . . . . .	336
2.6.2 Anforderungen an die Packmittel, Hygiene beim Einsatz . . . . .	337
2.6.3 Verpackung und Mindesthaltbarkeitszeit . . . . .	337
Literatur . . . . .	339
2.7 Halbhartkäse (Stückkäse und Käsescheiben) . . . . .	339
2.7.1 Spezifische Empfindlichkeiten des Füllgutes . . . . .	339
2.7.2 Anforderungen an die Verpackung . . . . .	340
2.7.3 Folgerungen für eine optimale Verpackung . . . . .	340
2.7.4 Probleme . . . . .	341
Literatur . . . . .	342
2.8 Schmelzkäse . . . . .	342
2.8.1 Spezifische Empfindlichkeiten . . . . .	342
2.8.2 Folgerungen für die Verpackung . . . . .	343
2.8.3 Handelsübliche Verpackungen . . . . .	343
Literatur . . . . .	344
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>345</b>