

Charakterisierung und Klassifizierung
von
Feinkostprodukten

Diplomarbeit
im Rahmen der
Diplomprüfung

zur

Erlangung des Grades: Diplom Oecotrophologe
der

Landwirtschaftlichen Fakultät der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

vorgelegt am:

von

cand. Oecotrophologe Christian Langer

aus

Köln

1. Prüfer: Herr Prof. Dr.-Ing. Benno Kunz
2. Prüfer: Frau Dr. Christine Siekmann-Steffens

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich diese Arbeit einschließlich beigefügter Zeichnungen und Darstellungen selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinne nach anderen Werken entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall unter Angabe der Quelle deutlich als Entlehnung kenntlich gemacht.

Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Weise keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Die vorliegende Arbeit wurde am Lehrstuhl für Lebensmitteltechnologie/-biotechnologie der Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn in der Zeit vom November 2008 bis Januar 2008 unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Benno Kunz angefertigt.

Köln, den

Christian Langer

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
Anlagenverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
2 Definition von Feinkosterzeugnissen	3
3 Lebensmittelkennzeichnung	5
4 Emulgierte Soßen	11
4.1 Emulsionen und Emulgatoren	11
4.1.1 Aufbau von Emulsionen	11
4.1.2 Aufbau und Wirkungsweise von Emulgatoren	13
4.2 Mayonnaise und emulgierte Soßen	15
4.2.1 Begriffsbestimmung Mayonnaise	16
4.2.2 Begriffsbestimmung Salatmayonnaise	20
4.2.3 Begriffsbestimmung Remoulade	21
4.2.4 Begriffsbestimmung Salatcreme, Salatdressing und Salatsoße	21
4.2.5 Begriffsbestimmung anderer emulgierter Soßen und Feinkost-cremes	22
4.3 Herstellung von Mayonnaise und emulgierten Soßen	23
4.4 Rohstoffe emulgierter Soßen	30
4.4.1 Pflanzenöle	31
4.4.1.1 Chemische Struktur von Pflanzenölen	32
4.4.1.2 Gewinnung und Aufbereitung von Pflanzenölen	35
4.4.1.3 Zusammensetzung und Eigenschaften von Soja-, Raps- und Sonnenblumenöl	37
4.4.1.4 Ernährungsphysiologische Bewertung von Pflanzenölen	40
4.4.2 Aufbau und technologische Eigenschaften des Hühnereies	44
4.4.3 Verdickungsmittel und Stabilisatoren emulgierter Soßen	47
4.4.3.1 Modifizierte Stärken	49
4.4.3.2 Andere Dickungsmittel und Stabilisatoren	52
4.4.3.3 Wirkungsweise von Dickungsmitteln	56
4.5 Verderb von Mayonnaise und emulgierter Soßen	57
4.5.1 Mikrobieller Verderb emulgierter Soßen	58
4.5.2 Enzymatischer Verderb emulgierter Soßen	67
4.5.3 Verderb durch Autoxidation	68
4.5.4 Verderb durch Säurehydrolyse	70
4.5.5 Physikalisch-mechanischer Verderb	71
5 Nichtemulgierte Würzsoßen	72
5.1 Struktur und Aufbau nichtemulgierter Soßen	72
5.2 Tomaten- und Gewürzketchups	73
5.2.1 Begriffsbestimmung Tomatenketchup	75
5.2.2 Begriffsbestimmung Curry- und Gewürzketchup	78
5.3 Herstellung von Tomatenketchup und Ketchuperzeugnissen	79
5.4 Rohstoffe von Tomaten- und Gewürzketchups	83
5.4.1 Tomatenmark	84
5.4.2 Dickungsmittel und Stabilisatoren in Ketchuperzeugnissen	85

5.4.3	Essig	89
5.4.4	Gewürze und Aromastoffe	92
5.4.5	Zucker und Süßungsmittel	94
5.4.5.1	Zucker und Zuckerarten	95
5.4.5.2	Süß- und Zuckeraustauschstoffe	96
5.5	Ernährungsphysiologische Bedeutung von Tomaten- und Ketchupprodukten	100
5.6	Verderb von nichtemulgierten Soßen	103
5.6.1	Mikrobieller und enzymatischer Verderb nichtemulgierter Soßen	103
5.6.2	Oxidativer Verderb nichtemulgierter Soßen	108
6.	Feinkostsalate	109
6.1	Das Deutsche Lebensmittelbuch	109
6.2	Begriffsbestimmung Feinkostsalate	110
6.2.1	Salate mit Fleisch und / oder Fleischerzeugnissen	112
6.2.2	Salate mit Fleisch von Fischen, Krebs- und / oder Weichtieren	115
6.2.3	Gemüse-, Pilz-, Obst-, Käse-, Eier- und andere Feinkostsalate	117
6.3	Herstellung von Feinkostsalaten	120
6.4	Rohstoffe von Feinkostsalaten	121
6.4.1	Fleisch von Schlachttieren, Wild und Geflügel	122
6.4.2	Fleisch von Fischen, Krebs- und Weichtieren	125
6.5	Verderb von Feinkostsalaten	133
7	Meerrettich	140
7.1	Biologie und Anbau von Meerrettich	141
7.2	Herstellung von Meerrettichdauerwaren	142
7.3	Qualitätsanforderungen an Meerrettichdauerwaren	142
7.4	Ernährungsphysiologie und wertgebende Inhaltsstoffe	145
8	Senf	147
8.1	Biologie und Anbau von Senfpflanzen	148
8.2	Begriffsbestimmung Senf	151
8.3	Wertgebende Inhaltsstoffe	157
8.4	Herstellung von Senferzeugnissen	160
	Literaturverzeichnis:	166

Abkürzungsverzeichnis

ADI:	Acceptable Daily Intake (in mg/kg Körpergewicht/Tag)
AromV:	Aromenverordnung
BEFFE:	bindegewebsweißfreies Fleischiweiß
BfR:	Bundesinstitut für Risikobewertung
BLS:	Bundeslebensmittelschlüssel
BMELV:	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft u. Verbraucherschutz
Bs:	Benzoessäure
CAK:	Codex-Alimentarius-Kommission
DGE:	Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.
DLK:	Deutsche Lebensmittelbuch Kommission
EWG:	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
EssigV:	Verordnung über den Verkehr mit Essig und Essigessenz
HDL:	High density Lipoprotein (Lipoprotein hoher Dichte)
KbE:	Kolonie bildende Einheiten
KHK:	Koronare Herz-Krankheiten
LD ₅₀ :	Letale Dosis–Dosis, bei welcher 50% der Individuen verenden
LDL:	Low density Lipoprotein (Lipoprotein geringer Dichte)
LKV:	Los-Kennzeichnungs-Verordnung
LMKV:	Lebensmittelkennzeichnungsverordnung
MHD:	Mindesthaltbarkeitsdatum
MO:	Mikroorganismen
NKV:	Verordnung zur Neuregelung der Nährwertkennzeichnungsvorschriften für Lebensmittel
O/W- Emulsion:	Öl-in-Wasser-Emulsion
pK-Wert:	pH-Wert, bei dem 50% der Säure in undissoziierter Form vorliegt
W/O- Emulsion:	Wasser-in-Öl-Emulsion
Ss:	Sorbinsäure
Tr:	Trockenmasse
ZuckArtV:	Zuckerartenverordnung
ZZuIV:	Zusatzstoffzulassungsverordnung

Abbildungsverzeichnis

Bild 1: „Öl-in-Wasser“-Emulsion / „Wasser-in-Öl“-Emulsion (Schwedt 2005, 11).....	12
Bild 2: Chemische Struktur von Lecithin (Universität Köln 2008)	14
Bild 3: Aufbau einer Zahnkranzdispergiermaschine (FrymaKoruma 2008)	24
Bild 4: Schematische Darstellung der Dispergierzone einer Kolloidmühle (Schubert 2005)	25
Bild 5: Diskontinuierliche Herstellung emulgierter Soßen(iNOXPA 2008)	27
Bild 6: Kontinuierliche Herstellung emulgierter Soßen (iNOXPA 2008).....	28
Bild 7: Stearinsäure (gesättigte FS)/Ölsäure (einfach ungesättigte FS)/Linolensäure..... (dreifach ungesättigte FS) (Gasteiger 2003)	33
Bild 8: Struktur eines Triacylglycerides (Gasteiger 2003)	34
Bild 9: Aufbau eines Homogenisierventils (Schubert 2005, 345)	80
Bild 10: Herstellung von Ketchup (Baumgart 2004, 512)	82
Bild 11: Essigherstellung im Fringsgenerator (Blume 2002)	91
Bild 12: Chemische Struktur von Lycopin (Boehm 2007)	100
Bild 13: Herstellung von Fleischsalat (Baumgart 2004, 515).....	121
Bild 14: Korundscheibenmühle (Romaco 2008).....	162
Bild 15: Senfherstellung nach dem Deutschen Verfahren (FrymaKoruma 1985).....	163
Bild 16: Senfherstellung nach dem Dijon-Verfahren (FrymaKoruma 1985)	165

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung des Eigelbs (nach Belitz 2001, 437ff.; Ternes 2008, 604ff.).....	45
Tabelle 2: Mikrobiologische Haltbarkeit von Mayonnaise und Salatmayonnaise (Baumgart 2007, 385)	60
Tabelle 3: Wasseraktivität und Wachstumsgrenzen von MO (nach Baltes 2000, 15; Zschaler 1976).....	63
Tabelle 4: Höchstmengen von Sorbin- und Benzoessäure in emulgierten Soßen (ZZulV 2007)	64
Tabelle 5: Abhängigkeit des Dissoziationsgrades von Sorbin-/Benzoessäure vom pH-Wert 66 (nach Zschaler 1976).....	66
Tabelle 6: Umrechnungsfaktoren zur Ermittlung des Anteils frischer Tomaten in konzentriertem Tomatenmark (Weber 2007).....	78
Tabelle 7: Thermische Verhalten von Gewürzen (nach Philipp 1985[2])	93
Tabelle 8: Relative Süßkraft von Zuckern, Zuckeraustausch- und Süßstoffen bezogen auf Saccharose (nach Baltes 2000, 181; *nach SCF 2000).....	96
Tabelle 7: a_w -Werte von Kochsalz, Saccharose und Invertzuckerlösung bei 25°C	106
(nach Krämer 2002, 133)	106
Tabelle 8: Richtrezeptur für Dijon-Senf (FrymaKoruma 1985)	164

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Auflistung aller Produkte, welche der Bundesverband der Deutschen Feinkostindustrie zu den Feinkostprodukten zählt
- Anlage 2: Leitsätze für Mayonnaise, Salatmayonnaise und Remoulade des Bundesverbandes der Deutschen Feinkostindustrie e.V., veröffentlicht 1968
- Anlage 3: Europäische Beurteilungsmerkmale für Mayonnaise – Code of Practice, Bologna, 26. September 1991, Bonn, 17. Mai 2000
- Anlage 4: Höchstmengen von Sorbin- und Benzoessäure in emulgierten Soßen und Feinkostsalaten nach der ZZuIV
- Anlage 5: Zuckerkonzentrationsstufen für Obstkonserven gemäß den Leitsätzen für verarbeitetes Obst
- Anlage 6: Richt- und Warnwerte für Feinkostsalate
- Anlage 7: Höchstmengen der zum Süßen von Senf zugelassenen Süßstoffe

1 Einleitung

„Mir kommt es so vor, als habe die ganze Ernährungsaufklärung in 40 Jahren nur eines erreicht: die Menschen essen weiterhin, was sie immer gegessen haben. Sie tun es jetzt nur mit schlechtem Gewissen.“

Professor Volker Pudel als Präsident der Deutschen Gesellschaft für Ernährung

In den vergangenen 150 Jahren erfuhr die Art und Weise der Lebensmittelerzeugung einen enormen Wandel. Durch die Entwicklungen auf dem Gebiet der Lebensmittelproduktion wurde es möglich, Nahrungsmittel in zunehmendem Maße großindustriell herzustellen. Die Zahl verarbeiteter Lebensmittel nahm zu, während die Nachfrage nach unverarbeiteten Produkten kontinuierlich zurückging. Zu dieser Entwicklung trugen sowohl soziokulturelle als auch demografische Faktoren wie beispielsweise die Zunahme von Ein- und Zweipersonenhaushalte sowie die wachsende berufliche Belastung bei. Die Summe dieser Entwicklungen führte, trotz eines gestiegenen Ernährungsbewusstseins, zu einer mangelnden Kenntnis über die Herkunft und die Herstellung der Lebensmittel, welche uns täglich begegnen.

Dies trifft insbesondere auf den Feinkostsektor zu, dessen Produkte bei der Herstellung ein hohes Maß an Erfahrung und handwerklichem Geschick erfordern.

Feinkosterzeugnisse sind Lebensmittel, welche „nach Art, Beschaffenheit, Geschmack und Qualität dazu bestimmt sind, besonderen Ansprüchen oder verfeinerten Essgewohnheiten zu dienen“ (Bundesverband der dt. Feinkostindustrie 2008). Zur Warengruppe der Feinkostprodukte gehören jedoch Lebensmittel aus den verschiedensten Bereichen sowohl tierischer als auch pflanzlicher Herkunft. In der Literatur sind daher Informationen über Herstellung und Eigenschaften von bzw. Anforderungen an Feinkostprodukte nur entsprechend verstreut vorzufinden. Um Verbrauchern, Journalisten und anderen Interessierten eine Möglichkeit zur Information über Feinkostprodukte zu bieten, soll im Rahmen dieser Arbeit für den Bundesverband der Deutschen Feinkostindustrie ein Kompendium über die wichtigsten Feinkostprodukte erstellt werden.

Zu den bedeutendsten Feinkostprodukten zählen mit einem Umsatz von 598 Mio. Euro die Feinkostsalate und mit einem Umsatz von 580 Mio. Euro die Feinkostsoßen. Zu diesen zählen insbesondere emulgierte Soßen (z.B. Mayonnaise oder Remoulade), Tomatenketchup und andere Ketchuperzeugnisse sowie Meerretich und Senf (GfK 2007).

Das Ziel dieser Arbeit ist es, zum einen die gesetzlichen Anforderungen an die jeweiligen Erzeugnisse und deren Herstellung zu beschreiben und zum anderen eine Übersicht über die verwendeten Rohstoffe, wertgebenden Inhaltsstoffe sowie ernährungsphysiologischen Eigenschaften zu geben.

2 Definition von Feinkosterzeugnissen

Feinkosterzeugnisse bilden keine eigenständige Lebensmittelwarengruppe sondern sind vielmehr in vielen verschiedenen Warengruppen als einzelne Produkte zu finden. Anders als bei den meisten anderen Zweigen der Lebensmittelindustrie, werden Feinkostprodukte nicht bereits automatisch durch die Branchenbezeichnung abgegrenzt. Dabei ist der Begriff Feinkost oder Delikatesse nicht eindeutig definiert und „ohne besondere lebensmittelrechtliche Bestimmung“ (Stemmer 1991, 467). Der Begriff Feinkost kann entsprechend beliebig verwendet werden. Lediglich für Feinkostsalate existieren im Deutschen Lebensmittelbuch so genannte Leitsätze. Diese Leitsätze stellen jedoch keine Rechtsnormen dar. Sie haben vielmehr den Charakter von Sachverständigengutachten und dienen als Auslegungshilfe, ob die Produkte der allgemeinen Verkehrsauffassung entsprechen (BMELV 2008). Für verschieden andere Feinkostprodukte wie beispielsweise Mayonnaise, Senf oder Tomatenketchup, gibt es von der Lebensmittelindustrie erarbeitete Richtlinien. Diese beschreiben die Mindestanforderungen an die jeweiligen Erzeugnisse und dienen, ähnlich den Leitsätzen, als Richtschnur zur Beurteilung der Verkehrsfähigkeit der Produkte.

Üblicherweise wird unter Feinkost etwas Besonderes verstanden. Eine repräsentative Verbraucherbefragung von Roland Berger ergab, dass 31% der Deutschen Feinkostprodukte mit einem besonderen Geschmack in Verbindung bringen. Für 26% der Befragten zeichnet sich Feinkost durch ausgefallene Rezepte aus und für 26% durch einen hohen Preis. Für 25% der Befragten ist die Feinkost durch besondere Anlässe und für 21% durch eine besondere Qualität und Frische gekennzeichnet (Frohn 1997, 47ff.).

Unter Feinkost werden daher Lebensmittel verstanden, welche sich durch eine sorgfältige Auswahl und Kombination der Rohstoffe, insbesondere in Bezug auf Geschmack und äußere Beschaffenheit, auszeichnen. Auch die Seltenheit und die Wertschätzung unter Berücksichtigung nationaler Eigenheiten spielen eine Rolle (Brockhaus 2001, 205; Stemmer 1991, 467).

Allgemeiner äußerte sich 1976 der Arbeitskreis lebensmittelchemischer Sachverständiger in einer Stellungnahme zum Begriff Feinkost: „Unter dem Begriff „Feinkost“ ist feine Kost, die für den verfeinerten Geschmack und den gehobenen Bedarf bestimmt ist, zu verstehen. Sie wird vom Verbraucher wegen der besonderen Art und Geschmacksqualität

als „Delikatesse“ und „Leckerbissen“ bevorzugt“ (Arbeitskreis lebensmittelchemischer Sachverständiger 1976).

Die Verpackung sollte ansprechend sein, so dass eine Unterscheidung von vergleichbaren Lebensmitteln, welchen der Hinweis auf Feinkosterzeugnis fehlt, gewährleistet ist. Jedoch reicht eine bessere Aufmachung alleine als Unterscheidungskriterium nicht aus (Stemmer 1991, 467).

Der Bundesverband der deutschen Feinkostindustrie e.V. definiert Feinkosterzeugnisse als solche Lebensmittel, welche „nach Art, Beschaffenheit, Geschmack und Qualität dazu bestimmt sind, besonderen Ansprüchen bzw. verfeinerten Eßgewohnheiten zu dienen. Bei Rohstoffauswahl, Herstellung und Vertrieb der Erzeugnisse wird eine besondere Sorgfalt angewendet“ (Bundesverband der dt. Feinkostindustrie 2008). Ähnliche bzw. identische Definitionen enthalten verschiedene Fachlexika wie z.B. das „Dr. Oetker Lebensmittel-Lexikon“ (Oetker 2004, 241).

Eine produktbezogene Abgrenzung des Begriffes Feinkost lässt sich zwar aus den verschiedenen Definitionen nicht direkt ableiten, jedoch findet sich in der Literatur eine Reihe von Produkten, welche als klassische Feinkosterzeugnisse anzusehen sind. Zu der sehr heterogenen Produktgruppe zählen insbesondere Feinkostsalate wie z.B. Fleischsalat, Kartoffelsalat u.a., emulgierte Soßen wie Mayonnaise, Salatmayonnaise, Remoulade u.a. sowie zahlreiche nicht emulgierte Soßen wie z.B. Tomaten- und Gewürzketchups. Darüber hinaus werden auch Meerrettich- und Senfprodukte, Feinkostpasteten, Wild- und Geflügelgerichte sowie Spezialitäten wie Ragout fin, Hummer oder Kaviar der Produktgruppe der Feinkosterzeugnisse zugeordnet (Oetker 2004, 241; Stemmer 1991, 267).

In Anlage 1 sind alle Produkte, welche der Bundesverband der Deutschen Feinkostindustrie zu den Feinkostprodukten zählt, aufgeführt.

3 Lebensmittelkennzeichnung

Der Gesetzgeber schreibt vor, dass Lebensmittel in Fertigpackungen sowie lose Waren für den Verbraucher mit verschiedenen Angaben versehen werden müssen. Die wichtigsten Kennzeichnungsregelungen enthält die 1999 neugefasste Lebensmittelkennzeichnungsverordnung (LMKV) vom 22.12.1981. Sie regelt die Kennzeichnung aller Lebensmittel, welche in Fertigpackungen in den Verkehr gebracht werden. Weitere Vorschriften enthalten darüber hinaus die ZZuLV, die Fertigpackungs- und Los-Kennzeichnungsverordnung, die Verordnung über den ökologischen Landbau sowie die Verordnung zur Neuregelung der Nährwertkennzeichnungsvorschriften für Lebensmittel (NKV).

Nach den Vorschriften der LMKV dürfen Lebensmittel in Fertigpackungen nur dann in den Verkehr gebracht werden, wenn folgende Elemente „an gut sichtbarer Stelle in deutscher Sprache, leicht verständlich, deutlich lesbar und unverwischbar“ angegeben sind (LMKV 2007):

- Name des Produktes (Verkehrsbezeichnung)
- Name oder Firma und die Anschrift des Herstellers oder eines anderen Inverkehrbringers
- Verzeichnis der Zutaten
- Mindesthaltbarkeitsdatum oder bei leicht verderblichen Lebensmitteln das Verbrauchsdatum
- Alkoholgehalt bei Getränken mit einem Alkoholgehalt von mehr als 1,2 Volumenprozent
- Füllmenge

Im Folgenden wird auf einige der oben genannten essentiellen Kennzeichnungselemente genauer eingegangen.

Die Verkehrsbezeichnung ist die in den Rechtsvorschriften festgelegte Bezeichnung des Lebensmittels. Wird eine Verkehrsbezeichnung in Rechtsvorschriften festgelegt, so muss diese verwendet werden. So ist beispielsweise die Zusammensetzung von Konfitüren in der Konfitüren-VO festgelegt. Entspricht ein Produkt diesen Vorgaben, so muss es die Verkehrsbezeichnung „Konfitüre“ tragen. Wenn, wie es häufig der Fall ist, keine festgelegte Bezeichnung existiert, kann die nach der allgemeinen Verkehrsauffassung

übliche Bezeichnung (z.B. Fleischsalat) oder eine Beschreibung des Lebensmittels (z.B. Mexikanischer Maissalat mit Schinken–Mais, junge Erbsen, gekochter Schinken, Paprika in Chilisoße) angegeben werden. Dabei muss die Beschreibung die wertbestimmenden und geschmacksgebenden Zutaten enthalten und es dem Verbraucher ermöglichen, die Art des Lebensmittels zu erkennen und dieses von verwechselbaren Erzeugnissen zu unterscheiden. Hersteller- oder Handelsmarken bzw. Fantasienamen können die Verkehrsbezeichnung nicht ersetzen. Sie dürfen jedoch zusätzlich genannt werden. Wird auf eine für die typischen Eigenschaften des Lebensmittels wichtige Zutat besonders hingewiesen, so muss gemäß §8 der LMKV eine Mindest- bzw. Höchstmenge der verwendeten Zutat angegeben werden (LMKV 2007).

Das Zutatenverzeichnis enthält gemäß §6 der LMKV die Aufzählung der Zutaten des Lebensmittels in absteigender Reihenfolge ihres Gewichtsanteils. Dabei wird von dem Gewicht der Zutaten zum Zeitpunkt ihrer Verwendung bei der Herstellung ausgegangen. Der Aufzählung muss ein Hinweis vorangestellt werden, welcher das Wort „Zutat“ enthält, beispielsweise „Verzeichnis der Zutaten“ oder „Zutatenliste“. Als Zutat gilt jeder Stoff, der bei der Herstellung eines Lebensmittels verwendet wird und unverändert oder verändert im Endprodukt vorhanden ist. Es wird besonders darauf hingewiesen, dass auch Zusatzstoffe im Zutatenverzeichnis aufgeführt werden müssen. Die Menge der verwendeten Zutat hat keinen Einfluss auf die Kennzeichnungspflicht. Gemäß der Definition müssen auch Zutaten, welche in kleinsten Mengen dem Produkt zugefügt werden, im Zutatenverzeichnis genannt werden. Dabei sind auch die einzelnen Zutaten mit ihrer Verkehrsbezeichnung zu benennen. Zusammengesetzte Zutaten können als solche angegeben werden, sofern der Verkehrsbezeichnung unmittelbar eine Auflistung aller in ihr enthaltenen Zutaten folgt. So müssen beispielsweise in der Zutatenliste eines Feinkostsalates, welcher Fleischwurst enthält, hinter der Verkehrsbezeichnung Fleischwurst auch die Zutaten der Fleischwurst genannt werden. Von dieser Regelung ausgenommen sind zusammengesetzte Zutaten, welche einen Anteil von weniger als 2% im Enderzeugnis haben. Für Zusatzstoffe und Allergene gilt diese Regelung jedoch nicht. Diese müssen immer gekennzeichnet werden. Zusätzlich müssen bestimmte Zutaten in der Zutatenliste mit Mengenbezeichnung in Prozent angegeben werden. Betroffen sind jene Bestandteile, die in der Verkehrsbezeichnung des Lebensmittels angegeben werden (beispielsweise Krabbensalat) oder auf die Verkehrsbezeichnung hindeuten (beispielsweise Pilze in Jägersoße). Ebenso

gilt diese Regelung für jene Zutaten, die auf dem Etikett durch Worte, Bilder oder grafische Darstellungen hervorgehoben werden sowie für Zutaten, denen eine wesentliche Bedeutung für die Charakterisierung des Lebensmittels zukommt (LMKV 2007). Als Beispiel kann hier das Pflanzenöl bei Mayonnaisesoßen genannt werden, da der Fettanteil ein wichtiges Qualitätsmerkmal darstellt. Er wird in Verbindung mit der Verkehrsbezeichnung auf der Verpackung bzw. bei Abgabe von loser Ware auf Schildern angegeben (Weber 2008[2], 6; Bundesverband der Deutschen Feinkostindustrie 1968).

Die Deklaration der Zusatzstoffe ist in §9 der ZZuV genau geregelt. Es müssen sämtliche Zusatzstoffe mit ihrem Klassennamen (z.B. Konservierungsstoff) und ihrer Verkehrsbezeichnung bzw. E-Nummer aufgeführt werden. Ausgenommen sind lediglich jene Zusatzstoffe, welche über zusammengesetzte Zutaten in das Endprodukt gelangen und in diesem, aufgrund ihrer geringen Dosis, keinerlei technologische Wirkung aufweisen (ZZuV 2007; LMKV 2007).

Das Mindesthaltbarkeitsdatum (MHD) eines Lebensmittels ist in §7 der LMKV definiert als „das Datum, bis zu dem dieses Lebensmittel unter angemessenen Aufbewahrungsbedingungen seine spezifischen Eigenschaften behält“ (LMKV 2007). Dem MHD, welches unverschlüsselt angegeben werden muss (Tag/Monat/Jahr) sind die Worte „mindestens haltbar bis“ voranzustellen. Beträgt die Haltbarkeit eines Lebensmittels weniger als drei Monate, kann die Jahresangabe entfallen. Bei einer Haltbarkeit von mehr als drei Monaten kann hingegen auf die Angabe des Tages und bei Lebensmitteln mit einer Haltbarkeit von mehr als 18 Monaten sowohl auf die Tages- als auch auf die Monatsangabe verzichtet werden, sofern der Zusatz „mindestens haltbar bis Ende“ angegeben ist. Wenn die Mindesthaltbarkeit des Lebensmittels nur bei Einhaltung bestimmter Temperaturen oder sonstiger Bedingungen gewährleistet ist, so muss ein entsprechender Hinweis angegeben werden (LMKV 2007). Bei mikrobiologisch leicht verderblichen Lebensmitteln, welche nach kurzer Zeit eine unmittelbare Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellen können, muss anstelle des MHD das Verbrauchsdatum mit dem Zusatz „verbrauchen bis“ angegeben werden (LMKV 2007). Lebensmittel mit abgelaufenem MHD dürfen weiterhin, auch ohne besonderen Hinweis, in den Verkehr gebracht werden. Nach Ablauf des MHD trägt jedoch nicht mehr der Hersteller sondern der Inverkehrbringer im Rahmen der Sorgfaltspflicht die Verantwortung, dass die Produkte einwandfrei sind. Er muss sensorisch überprüfen, ob die spezifischen Eigenschaften der

abgelaufenen Lebensmittel erhalten sind und keine Gefahren von den Produkten ausgehen. Lebensmittel mit abgelaufenem Verbrauchsdatum dürfen hingegen aufgrund des hohen Risikos eines mikrobiellen Verderbs nicht in den Verkehr gebracht werden (Meyer 1998, 62ff.).

Die Angabe der Füllmenge ist ein weiteres essentielles Element der Lebensmittelkennzeichnung. Bei festen Lebensmitteln erfolgt die Mengenangabe nach Gewicht (Gramm oder Kilogramm), bei flüssigen nach Volumen (Liter oder Milliliter). Handelt es sich um Lebensmittel in einer Aufgussflüssigkeit, so ist zusätzlich das Abtropfgewicht anzugeben (LLM Schwäbisch Gmünd 2007, 10). Die Mengenkennzeichnung von Senf, Mayonnaisen, Remouladen, Salatsoßen und Ketchups (Feinkostsoßen) erfolgt nach Volumen (Weber 2008, 5; Weber 2008[2], 6)

Des Weiteren schreibt die Loskennzeichnungsverordnung (LKV) die Angabe einer sogenannten Losnummer in Form einer Buchstaben-, Ziffern- oder Buchstaben- und Ziffernkombination vor. Unter Los versteht der Gesetzgeber die Gesamtheit von Produkteinheiten, die unter praktisch gleichen Bedingungen erzeugt, hergestellt oder verpackt wurden. In der Praxis kann dies z.B. eine Packpartie oder die Tagesproduktion an Fleischsalat eines Herstellers sein. Die Losnummer erhöht die Rückverfolgbarkeit des Lebensmittels und erleichtert so eine evtl. notwendige Rückrufaktion. Wird bei Lebensmitteln das MHD unter Angabe von Tag und Monat genannt, kann auf die Loskennzeichnung verzichtet werden, da eine Rückverfolgbarkeit aufgrund des MHD gewährleistet ist (LKV 2006).

Die Nährwertkennzeichnung ist gesetzlich vorgeschrieben, sofern nährwertbezogene Angaben zu einem Lebensmittel gemacht werden. Bei Lebensmitteln ohne nährwertbezogene Angaben ist die Kennzeichnung freiwillig. Nährwertbezogene Angaben sind in der NKV definiert als „jede im Verkehr mit Lebensmitteln oder in der Werbung für Lebensmittel erscheinende Darstellung oder Aussage, mit der erklärt, suggeriert oder mittelbar zum Ausdruck gebracht wird, dass ein Lebensmittel aufgrund seines Energiegehaltes oder Nährstoffgehaltes besondere Nährwerteigenschaften besitzt“ (NKV 2006). Dies können z.B. Angaben wie „reich an Vitamin C“, „light“ oder „fettarm“ sein. Grundsätzlich gibt es zwei verschiedenen Arten der Nährwertkennzeichnung. Es wird

zwischen den „Big Four“ und den „Big Eight“ unterschieden. Die „Big Four“ enthalten die Angabe des Brennwertes und des Gehaltes an Eiweiß, Kohlenhydraten und Fett, während die „Big Eight“ zusätzlich den Gehalt an Zucker, gesättigten Fettsäuren, Ballaststoffen und Natrium enthalten. Eine freie Auswahl aus den nährwertbezogenen Kennzeichnungselementen ist nicht zulässig. Bezieht sich die nährwertbezogene Angabe auf Zucker, gesättigte Fettsäuren, Ballaststoffe oder Natrium und Kochsalz, ist die vollständige Angabe der „Big Eight“ verpflichtend. Darüber hinaus dürfen Angaben zu folgenden Nährstoffen gemacht werden: Stärke, mehrwertige Alkohole, einfach und / oder mehrfach ungesättigte Fettsäuren, Cholesterin, Vitamine und Mineralstoffe. Dabei ist bei der Angabe der Gehalte von einfach bzw. mehrfach ungesättigten Fettsäuren oder von Cholesterin auch der Gehalt an gesättigten Fettsäuren anzugeben. Werden Angaben zum Vitamin- oder Mineralstoffgehalt gemacht, so muss der jeweilige Prozentsatz der empfohlenen Tagesdosis genannt werden. Die Standardtagesdosen sind im Anhang der NKV angegeben. Nährwertbezogene Angaben müssen übersichtlich in einer Tabelle zusammengefasst und untereinander aufgeführt werden. Bei Platzmangel dürfen sie jedoch auch in vorgeschriebener Reihenfolge hintereinander aufgelistet werden. Die Angaben müssen mit festgelegten Einheiten, beispielsweise Brennwert in Kilojoule und Kilokalorien, angegeben werden und sich auf 100g bzw. 100ml beziehen. Eine zusätzliche portionsbezogene Angabe ist erlaubt (NKV 2006).

Der Gesetzgeber schreibt zum Schutz der Verbraucher außerdem eine Kennzeichnung von Allergenen vor. In Anlage 3 der LMKV sind die 14 häufigsten Verursacher von Lebensmittelallergien aufgeführt. Zu ihnen zählen u.a. glutenhaltige Getreide, Soja, Erdnüsse, Sellerie, Senf oder Milch und aus ihnen hergestellte Erzeugnisse. Sie müssen immer auf dem Etikett angegeben werden, auch wenn sie nur in kleinsten Mengen verarbeitet wurden. Für alle Lebensmittel, die unter der Verwendung der in der Liste aufgeführten Zutaten hergestellt wurden, besteht Deklarationspflicht (LMKV 2007). Im Jahr 2005 wurde entsprechend die so genannte 25%-Klausel abgeschafft. Diese besagte, dass zusammengesetzte Zutaten, die weniger als 25% des Endproduktes ausmachen, nicht mit ihren einzelnen Bestandteilen aufzulisten sind (Maschkowski 2008).

Bei so genannten Biolebensmitteln sind zusätzliche Angaben vorgeschrieben. In der EG-Öko-Verordnung werden der ökologische Landbau, die Qualitätsanforderungen an Bio-

Produkte sowie deren Kennzeichnung definiert. Die Bezeichnungen „biologisch“, „ökologisch“, „kontrolliert biologisch“ bzw. „kontrolliert ökologisch“ sowie „biologischer Landbau“ bzw. „ökologischer Landbau“ sind gesetzlich geschützt. Alle derartig bezeichneten Lebensmittel in Fertigpackungen müssen den Namen oder die Codenummer der zuständigen Ökokontrollstelle aufweisen. Dieser Hinweis gilt als Nachweis, dass es sich um ein zertifiziertes Bioprodukt handelt (Öko-VO 2007).

Auch lose Ware muss gemäß der LMKV gekennzeichnet werden. Als lose Waren gelten z.B. Brötchen vom Bäcker oder Eier im Eierkarton. Aber auch Lebensmittel, die nicht zur Selbstbedienung bestimmt, aber trotzdem verpackt sind, werden wie unverpackte Waren behandelt. Hierzu zählen beispielsweise Feinkostsalate oder vorverpackte belegte Brötchen. Voraussetzung dafür ist, dass sie entweder in Gegenwart des Käufers oder für die unmittelbare Abgabe an den Käufer und nur für die kurzfristige Lagerung im Rahmen der Verkaufsvorbereitung verpackt werden. Die Kennzeichnungsvorschriften für lose Waren sind weniger umfangreich als die für Lebensmittel in Fertigpackungen. Der Gesetzgeber geht davon aus, dass Käufer die benötigten Informationen zu unverpackten Lebensmitteln vom Verkaufspersonal erhalten können. Allgemein muss die Kennzeichnung in schriftlicher Form, deutlich sichtbar und vom Kunden eindeutig dem jeweiligen Lebensmittel zuzuordnen sein. Angegeben werden müssen die Verkehrsbezeichnung, der Gehalt an Zusatzstoffen und ggf. die Nährwertangaben. Die Kennzeichnung der Zusatzstoffe und Nährwertangaben kann auch in Form einer dem Verbraucher zugänglichen Aufzeichnung erfolgen, sofern bei der Ware darauf hingewiesen wird. Während jedoch bei verpackter Ware der Zusatzstoff mit Bezeichnung oder E-Nummer angegeben werden muss, reicht bei loser Ware die Angabe des Klassennamens wie z.B. „Konservierungsstoff“ (LLM Schwäbisch Gmünd 2007, 13).

4 Emulgierte Soßen

Als emulgierte Soßen werden Würzsoßen bezeichnet, deren Grundlage so genannte Emulsionen bilden. In der Regel handelt es sich um Emulsionen des Typs Öl-in-Wasser mit Ölgehalten von 10 bis 80%. Zu der Warengruppe der emulgierten Soßen zählen neben der Mayonnaise und Remoulade u.a. auch Salatsoßen und Salatdressings bzw. Salatcremes. Die Produkte unterscheiden sich hinsichtlich ihres Ölgehaltes, der Verwendung von Dickungsmitteln und durch die Verwendung unterschiedlicher geschmacksgebender Zutaten (Flückiger 1977; Stemmer 1991, 475).

4.1 Emulsionen und Emulgatoren

Emulsionen sind mehr oder weniger beständige Mischungen von ineinander nicht mischbaren Flüssigkeiten wie Öl und Wasser. Emulsionen sind nur begrenzt stabil, da sie zur Phasentrennung neigen. Die Verwendung von grenzflächenaktiven Substanzen wie beispielsweise Emulgatoren sowie eine Feinstverteilung der Phasen führen zu einer Stabilisierung der Emulsion (Oetker 2004, 216). Im Folgenden werden der Aufbau von Emulsionen und Emulgatoren sowie ihre Wirkungsweise beschrieben.

4.1.1 Aufbau von Emulsionen

Bei einer Emulsion handelt es sich um ein disperses System (von lat. Dispersio: Zerteilung). Dispersionen bestehen aus mindestens zwei Phasen, einer äußeren, kontinuierlichen Phase (Dispersionsmittel) und mindestens einer Phase, welche in der äußeren Phase feinstverteilt vorliegt (dispergierte Phase) (Schwedt 2005, 10). Emulsionen zeichnen sich dadurch aus, dass es sich sowohl bei der kontinuierlichen als auch bei der dispergierten Phase um Flüssigkeiten handelt, welche sich gewöhnlich nicht mischen, z.B. Öl und Wasser. Neben den flüssigen bzw. thixotropen Emulsionen wie z.B. Mayonnaise, verschiedene Salatdressings oder Soße hollandaise gibt es auch so genannte feste Emulsionen. Feste Emulsionen entstehen immer dann, wenn das Dispersionsmittel aus einem Stoff besteht, der bei Raumtemperatur fest ist. Beispiele für feste Emulsionen sind Butter oder Schokolade.

Das Erscheinungsbild von Emulsionen wird hauptsächlich durch den Tröpfchendurchmesser geprägt. Beträgt der Durchmesser der emulgierten Tröpfchen weniger als $5\mu\text{m}$ (Wellenlänge des sichtbaren Lichts), so erhält die Emulsion ein transparentes, samtiges Aussehen. Durch Kolloidmühlen (s. Kapitel 4.3) kann der Tröpfchendurchmesser künstlich verkleinert werden, um z.B. eine Soße samtiger und klarer erscheinen zu lassen und ihr einen gewissen Glanz zu verleihen (Schwedt 2005, 10; Kunz 1993, 65).

Die meisten Emulsionen im Lebensmittelbereich bestehen aus Wasser und Öl bzw. Fett als nicht mischbare Phasen. Dabei lassen sich Wasser-in-Öl-Emulsionen (W/O-Emulsion) wie z.B. Butter oder Margarine und Öl-in-Wasser-Emulsionen (O/W-Emulsion) wie z.B. Mayonnaise oder auch Milch unterscheiden. Bei W/O-Emulsionen besteht die äußere Phase aus einem Öl oder einem Fett, die innere Phase besteht aus Wasser. Entgegengesetzt besteht bei O/W-Emulsionen die äußere Phase aus Wasser und die innere Phase aus einem Öl (Kunz 1993, 65).

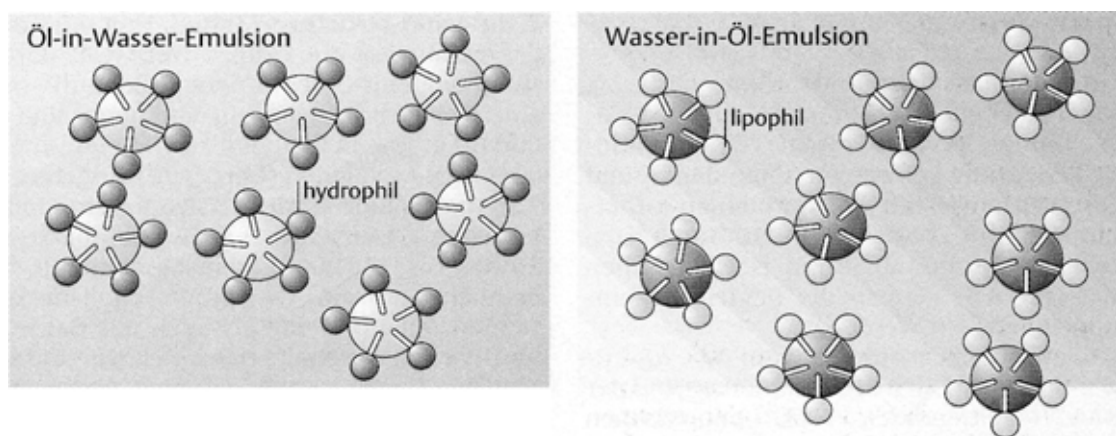


Bild 1: „Öl-in-Wasser“-Emulsion / „Wasser-in-Öl“-Emulsion (Schwedt 2005, 11)

Neben dem bereits beschriebenen Einfluss des Tröpfchendurchmessers auf das Erscheinungsbild spielt dieser auch eine Rolle in Bezug auf die Beständigkeit einer Emulsion. Da Emulsionen immer aus mindestens zwei Stoffen bestehen, die sich prinzipiell nicht miteinander mischen lassen, neigen Emulsionen nach längerer Zeit zur Entmischung der Phasen, wie man es beispielsweise beim Aufräumen von nicht homogenisierter Milch beobachten kann. Je feiner die Verteilung der Phasen und je kleiner der Tröpfchendurchmesser ist, desto beständiger ist die Emulsion (Oetker 2004, 216).

Einen wesentlich größeren Beitrag zur Stabilisierung der Emulsion leisten jedoch so genannte Emulgatoren.

4.1.2 Aufbau und Wirkungsweise von Emulgatoren

Emulgatoren sind grenzflächenaktive Substanzen, welche sowohl einen lipophilen als auch einen hydrophilen Molekülteil besitzen. Sie reichern sich in der Grenzschicht der nicht mischbaren Phasen an und fördern durch eine Erniedrigung der Grenzflächenspannung die Bildung von stabilen Emulsionen (Oetker 2004, 215).

Der Grund für die Nichtmischbarkeit von Öl und Wasser liegt in deren unterschiedlichen chemischen Strukturen. Sie lassen sich daher ohne Hilfsmittel nur schwer dauerhaft miteinander vermischen, ohne dass sie sich Trennen und es zu Aufräumungserscheinungen kommt.

Im Wassermolekül sind beide OH- Gruppen durch Ladungsverschiebungen aufgrund der größeren Elektronegativität des Sauerstoffs gegenüber den Wasserstoffatomen polarisiert. Das Sauerstoffatom besitzt eine negative, die beiden Wasserstoffatome besitzen eine positive Partialladung, so dass sich der negative Pol des Wassermoleküls beim Sauerstoffatom befindet. Polare Lösungsmittel lösen hauptsächlich Stoffe mit hydrophilen Hydroxyl-, Carboxyl- oder Ketogruppen, also ebenfalls polare Stoffe (Latscha/Klein 1996, 82ff.). Speiseöle bestehen größtenteils aus langen Kohlenwasserstoffketten. Da Wasserstoff- und Kohlenstoffatome über eine nahezu identische Elektronegativität verfügen, verteilen sich ihre Bindungselektronen annähernd symmetrisch. Aufgrund dieser Ladungsverhältnisse innerhalb des Moleküls gehören sie zu den unpolaren Molekülen. Sie lösen sich in ebenfalls unpolaren Stoffen während sie in polaren Lösemitteln unlöslich sind. Sie werden daher auch als hydrophob (wasserfürchtend) bzw. lipophil (fettliebend) bezeichnet. An der Grenzfläche zwischen Öl und Wasser treffen damit zwei völlig unterschiedliche Flüssigkeiten aufeinander (Roth 2008).

Emulgatoren sind grenzflächenaktive Hilfsstoffe, welche in der Lage sind, zwei miteinander nicht mischbare Substanzen zu verbinden, indem sie die Grenzflächenspannung zwischen den Substanzen verringern (Baltes 2000, 166ff.). Sie werden auch häufig als Tenside bezeichnet und in der Lebensmittelverarbeitung hauptsächlich dazu eingesetzt, um Öl und Wasser in einer stabilen Mischung zu halten (Oetker 2004, 215). Emulgatoren dienen als „Vermittler“ zwischen polaren und unpolaren

Stoffen, da sie sowohl über einen polaren, hydrophilen Teil, welcher in Wasser gut löslich ist, als auch über einen unpolaren, lipophilen Teil, der in der nichtwässrigen Phase gut löslich ist, verfügen. Der hydrophile Teil besteht häufig aus einer Anhäufung von Hydroxy- bzw. Polyglykoethergruppen, der hydrophobe Teil aus einem langen Alkylrest. Welche der beiden Phasen einer Emulsion als Dispersionsmittel und welche als Dispersionsdient, hängt von den lipophilen bzw. hydrophilen Eigenschaften des Emulgators ab. Das Dispersionsmittel wird von der Phase gebildet, in welcher der Emulgator am besten löslich ist. Die Emulsion wird durch den Emulgator stabilisiert, indem dieser das Dispersionsdient umhüllt. Der hydrophobe „Schwanz“ als unpolarer Strukturteil besteht meist aus einer Kohlenwasserstoffkette einer n-Alkansäure. Dieser ragt bei einer O/W-Emulsion (z.B. Mayonnaise) in die Öltröpfchen. Auf diese Weise werden die Öltröpfchen von den Emulgatormolekülen umhüllt. Der hydrophile Kopf des Emulgators ist stattdessen in die wässrige Phase gerichtet. Aufgrund ihrer Struktur können Emulgatoren daher nur an Grenzflächen aktiv sein (Schwedt 2005, 112; Kunz 1993, 64).

Emulgatoren finden in der Lebensmittelverarbeitung eine breite Verwendung. Sie werden u.a. bei der Herstellung von Mayonnaise, emulgierten Soßen, Back- und Süßwaren, Speiseeis, Schokolade, Kartoffelprodukten und Teigwaren eingesetzt (Kunz 1993, 64). Es gibt sowohl natürliche als auch synthetische Emulgatoren. Zu den wichtigsten Vertretern der natürlich vorkommenden Emulgatoren gehören die Lecithine (gr. Lêkythos = Eigelb, Eidotterfett).

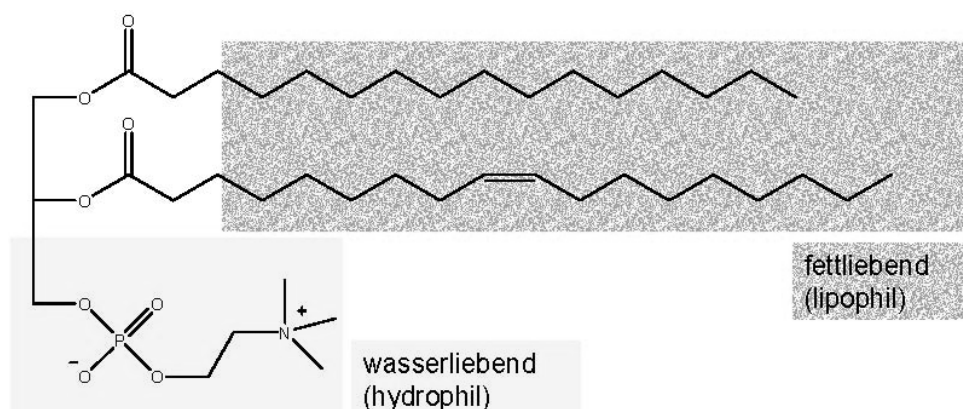


Bild 2: Chemische Struktur von Lecithin (Universität Köln 2008)

Lecithine werden aus Soja- und Rapsöl sowie aus Eigelb gewonnen. Sie sind Ester aus Glycerin, Fettsäuren, Cholin und Phosphorsäure. Die erste und zweite Hydroxylgruppe des Glycerins ist mit einer Fettsäure, die dritte Hydroxylgruppe mit einer Phosphorsäure

verestert, welche wiederum mit Cholin verestert ist (Schwedt 2005, 114). Lecithine können sowohl Zusatzstoffe als auch natürlich Inhaltsstoffe eines Lebensmittels sein und kommen natürlicherweise in biologischen Membranen aller Lebewesen vor. Lecithin ist unter der Nummer E322 als Emulgator, Antioxidationsmittel, Stabilisator und Mehlbehandlungsmittel quantum satis zugelassen. Eine Höchstmengenbeschränkung gibt es nicht, jedoch darf es „nach der guten Herstellungspraxis nur in der Menge verwendet werden, die erforderlich ist, um die gewünschte Wirkung zu erzielen“ (Oetker 2004, 480; ZZulV 2007). Neben den vielfältigen Einsatzmöglichkeiten in der Lebensmittel- und Kosmetikindustrie werden dem Lecithin auch gesundheitsfördernde Effekte wie z.B. ein positiver Einfluss auf die Gedächtnisleistung zugeschrieben. Lecithin wird daher auch als Nahrungsergänzungsmittel angeboten (Oetker 2004, 480). Zu den wichtigsten Vertretern der synthetischen Emulgatoren zählen die Mono-, Di- und Polyglyceride von Speisefettsäuren. Die Funktionsweise ist die gleiche wie bei den natürlich vorkommenden Emulgatoren. Sie verfügen über einen polaren und einen unpolare Molekülteil und haben grenzflächenaktive Eigenschaften. Haupteinsatzgebiete dieser Emulgatoren sind Soßen, Suppen, schaumige Dessert- und Cremespeisen sowie (Halbfett-) Margarine (Baltes 2000, 166ff.; Schwedt 2005, 114).

Neben den o.g. Emulgatoren gibt es noch zahlreiche weitere, sowohl natürliche als auch synthetische. Eine Erläuterung der einzelnen Emulgatoren soll jedoch nicht Bestandteil dieser Arbeit sein.

4.2 Mayonnaise und emulgierte Soßen

Mayonnaise ist eine cremige, emulgierte Soße, von der viele weitere Soßen und Dressings abgeleitet werden. Sie besteht aus bei Raumtemperatur geschlagenen Hühnereigelb und pflanzlichem Speiseöl sowie Essig oder Zitronensaft und weiteren Zutaten, die in den folgenden Abschnitten näher erläutert werden (Flückiger 1966). Mayonnaise wird zum Teil direkt als solche verkauft oder in z.B. Feinkostsalaten verarbeitet auf den Markt gebracht. Neben Dressing für Salate dient Mayonnaise als Würzsoße für verschiedene warme und kalte Gerichte wie z.B. Fleisch, Fisch, gekochte Eier oder Pommes frites. Mayonnaise lässt sich prinzipiell auch im Haushalt selber herstellen, jedoch entfällt der größte Teil auf fertige, industriell hergestellte Produkte (Brockhaus 2001, 447ff.).

Geschichtlich gesehen ist die Entstehung der Mayonnaise nicht vollständig bekannt. Der Name Mayonnaise leitet sich von Mahón ab, der Hauptstadt der Baleareninsel Menorca. Die Insel gilt als Ursprung der Mayonnaise (Oetker 2004, 518). Am 28. Juni 1756 wurde der Hafen Mahon durch die Franzosen erobert. Der Koch des französischen Kardinals Richelieu soll zu Ehren der Eroberung aus Öl, Essig und Eigelb eine Soße angerührt haben, welche nach dem Ort der Entstehung, Port Mahon, „Mahonnese“ bzw. „Sauce á la Mahón“ getauft wurde. Aus der „Sauce á la Mahón“ ist schließlich der Name Mayonnaise entstanden. Eine zweite Version der Entstehungsgeschichte lautet, dass die Mayonnaise auf Menorca während der französischen Belagerung aus der Not heraus entstanden ist. Eine kaltgerührte Soße war damals für die französische Küche etwas Neues und verbreitete sich schnell (Baltes 2000, 298; Flückiger 1966).

Obwohl die Entstehung mehr als zweihundert Jahre zurückliegt, Mayonnaise industriell hergestellt und international gehandelt wird, ist das Grundrezept bis heute gleich geblieben. Aus Pflanzenöl, Eigelb, Öl, Essig, Salz und Gewürzen wird eine Emulsion hergestellt (Weber 2001). Anfang des 20. Jahrhunderts begann die industrielle Herstellung von Mayonnaise in den USA. Innerhalb weniger Jahre gewann sie an Beliebtheit. Nicht zuletzt deshalb, weil Mayonnaise und andere emulgierte Soßen sehr vielseitig eingesetzt werden können (Harrison/Cunningham 1985). Allein in Deutschland wurden nach Angaben des Statistischen Bundesamtes im Jahr 2007 61.834t Mayonnaise produziert. Unter Berücksichtigung der mayonnaiseähnlichen Soßen mit einem Fettgehalt von über 50% erhöht sich die Menge auf 221.311t (Statistisches Bundesamt 2008).

Je nach Fettgehalt und verwendeten Zutaten werden verschiedene Mayonnaisesorten und emulgierte Soßen unterschieden.

4.2.1 Begriffsbestimmung Mayonnaise

Mayonnaise ist eine emulgierte Würzsoße aus Hühnereigelb und Pflanzenöl. Die charakteristischen äußeren Merkmale von Mayonnaise können wie folgt beschrieben werden:

1. Verteilungscharakter: Speiseöl ist mit Hilfe eines Emulgators in Form von Eigelb (Lecithin) in Form kleinster Tröpfchen in der zusammenhängenden Wasserphase verteilt (O/W-Emulsion).

2. Fließeigenschaften: Pastenartige Konsistenz mit einem thixotropen Fließverhalten. Mayonnaise ist leicht verformbar, im unbelasteten Zustand jedoch Formstabil.
3. Geschmack: Würzig säuerlich (pH-Wert 3,6–4,6). Der niedrige pH-Wert wird durch die Verwendung von Essig und anderen Genusssäuren wie beispielsweise Zitronensaft erreicht.
4. Farbe: Die Färbung reicht von einem schwachen Cremeton bis zu einem kräftigen ockergelb. Die Färbung hängt hauptsächlich vom Eigelb ab, u.U. auch von der Verwendung verschiedener Gewürze (Flückiger 1966).

Neben Speiseöl und Eigelb darf Mayonnaise darüber hinaus Kochsalz, Zuckerarten, Gewürze oder andere Würzstoffe, Gärungssessig oder Genusssäuren sowie Hühnereiklar enthalten.

Gesetzlich geregelte Mindestanforderungen an Mayonnaise gibt es nicht. Daher gelten als Grundlage für die Beurteilung der verkehrsüblichen Zusammensetzung die vom europäischen Feinkostverband C.I.M.S.C.E.E. veröffentlichten „Europäischen Beurteilungsmerkmale für Mayonnaise – Code of Practice“, welche im August 2008 die Leitsätze des Bundesverbandes der Deutschen Feinkostindustrie e.V. in Hinsicht auf die Begriffsbestimmung für Mayonnaise ablösen.

Die vom Bundesverband im Jahr 1968 veröffentlichten Leitsätzen für Mayonnaise, Salatmayonnaise und Remoulade (s. Anlage 2) legen die für Mayonnaise erlaubten Zutaten fest und schrieben einen Mindestfettgehalt von 80% sowie einen Mindesteigelbanteil von 7,5% vor. Verdickungsmittel durften nicht verwendet werden (Lips/Beutner 2000, 153; Bundesverband der deutschen Feinkostindustrie 1968). Die Leitsätze galten nur für die in Deutschland hergestellten und gehandelten Produkte.

Mit dem Inkrafttreten des europäischen Binnenmarktes am 01.01.1993 durfte jedoch jedes in einem EG-Mitgliedsstaat ordnungsgemäß nach den Vorschriften des jeweiligen Herstellerlandes hergestellte Erzeugnis in jedem anderen Mitgliedstaat der EG vermarktet werden (LFGB 2005; EG-Vertrag, 2002). In der europäischen Wirtschaftsgemeinschaft gab es aber recht unterschiedliche Auffassungen, was genau unter dem Begriff Mayonnaise zu verstehen ist und entsprechend viele verschiedene Definitionen. Jedes Mitgliedsland verstand zwar unter Mayonnaise eine emulgierte Soße, der Mindestfettgehalt z.B.

schwankte jedoch von Mitgliedsland zu Mitgliedsland zwischen 25% und 80%. Einen einheitlichen europäischen Standard für Mayonnaise gab es nicht (Weber 2001).

Die Vorteile von Produktstandards und definierter Mindestanforderungen wurden auch von der Codex-Alimentarius-Kommission (CAK) erkannt. Die CAK ist eine gemeinsame Einrichtung der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation (FAO) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Sie hat das Ziel, das ordnungsgemäße Funktionieren des gemeinsamen Marktes zu ermöglichen und den lautereren Wettbewerb im Verkehr mit Lebensmitteln sicherzustellen. Dazu stellt die CAK unverbindliche, international weitgehend anerkannte Standardbedingungen für die Herstellung und Beschaffenheit von Lebensmitteln auf, welche oftmals als Grundlage der nationalen Gesetzgebung und Rechtssprechung dienen. Auch Lieferungsbedingungen im Handel stützen sich oft auf die Codex-Standards (Dresler 2004, 161; Lips/Beutner 2000, 26ff.). Im Jahr 1989 veröffentlichte die CAK den „Europäischen Regionalstandard für Mayonnaise“ (Weber 2001). Ähnlich den Leitsätzen des Bundesverbandes der Deutschen Feinkostindustrie sieht auch der „Europäische Regionalstandard für Mayonnaise“ einen Fettgehalt von mindestens 78,5% und einen Eigelbanteil von mindestens 6% vor. Jedoch wurde dieser Standard nicht von allen Mitgliedern der EWG angewandt bzw. akzeptiert. In den 1990er Jahren wurde daher von der CAK ein weltweit geltender Standard für Mayonnaise vorgeschlagen. Er sah einen Mindestfettgehalt von 65% vor, wobei neben pflanzlichen Ölen auch die Verwendung tierischer Öle, z.B. raffinierte Fischöle, zugelassen werden sollte. Ein Mindestgehalt an Eigelb war nicht vorgesehen. Der Eigelbgehalt sollte jedoch ausreichend groß sein, um eine Emulsion herstellen zu können. Die europäische Lebensmittelindustrie lehnte diesen Vorschlag ab (Weber 2001; CAK 1989).

Aufgrund der teilweise sehr ungleichen Zusammensetzung von Mayonnaise in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union und der damit einhergehenden Handelshemmnisse, hat der europäische Feinkostverband C.I.M.S.C.E.E. 1991 einen regionalen Code of Practice („Europäische Beurteilungsmerkmale für Mayonnaise – Code of Practice“) für Europa erstellt und veröffentlicht, welcher von der EG-Kommission anerkannt wurde (Weber 2008[2], 4). Der Code of Practice enthält eine Definition von Mayonnaise sowie eine Liste der erlaubten Zutaten. Darüber hinaus stellt er Mindestanforderungen an das Produkt, damit es in Europa unter der Bezeichnung Mayonnaise verkehrsfähig ist. Dadurch soll ein lauterer Wettbewerb sowie ein Schutz des Verbrauchers vor Irreführung und Täuschung gewährleistet werden.

Der Code of Practice beschreibt Mayonnaise als „eine Würzsoße, die durch Emulgieren eines oder mehrer Speiseöle pflanzlicher Herkunft in einer wässrigen Phase, welche aus Essig besteht, unter Verwendung von Hühnereigelb hergestellt wird“ (Weber 2001). Sie muss einen Gesamtfettgehalt von mindestens 70% sowie einen Gehalt an Eigelb von mindestens 5% aufweisen. Unter Eigelb wird technisch reines Eigelb (Eidotter) verstanden, welches mindestens 80% analytisch nachweisbares Eigelb enthalten muss. Der genaue Fettgehalt muss in Verbindung mit der Verkehrsbezeichnung auf der Verpackung angegeben werden, wenn Mayonnaise als solche verkauft und nicht als Zutat verwendet wird (LMKV 2007). Wahlweise dürfen als weitere Zutaten Hühnereieiweiß, Hühnereiprodukte, Zucker, Speisesalz, Gewürze, Kräuter, Würzmittel, Früchte und Gemüse (einschließlich Frucht- und Gemüsesaft), Senf, Milcherzeugnisse sowie Wasser verwendet werden. „Alle Zutaten müssen von einwandfreier Qualität und für den menschlichen Verzehr geeignet sein“ (Weber 2001). Das verwendete Wasser muss Trinkwasserqualität aufweisen.

Als Lebensmittelzusatzstoffe dürfen jene Substanzen verwendet werden, die gemäß den EG-Richtlinien für Mayonnaise und emulgierte Soßen zugelassen sind (Weber 2001). Dazu zählen beispielsweise die Emulgatoren Polysorbat 60 (E435) oder Sorbitanmonopalmitat (E495), Antioxidationsmittel wie Calciumdinatrium-EDTA sowie verschiedene Süß- und Zuckeraustauschstoffe (ZZuV 2007).

Um im Hinblick auf die Zusammensetzung von Mayonnaise und mayonnaiseartigen Soßen eine begriffliche Abgrenzung zu ermöglichen, wird zwischen Delikatessmayonnaise, Mayonnaise, Salatmayonnaise und Remoulade unterschieden. Den Zusatz „Delikatess“ darf eine Mayonnaise dann tragen, wenn sie sich in bestimmten, wertgebenden Merkmalen von herkömmlichen Mayonnaisen unterscheidet. Beurteilungskriterium kann z.B. ein deutlich erhöhter Eigelbanteil oder die Verwendung eines hochwertigen Pflanzenöles sein. Dieses kann sich beispielsweise durch einen besonders hohen Anteil an ein- oder mehrfach ungesättigten Fettsäuren auszeichnen. Als denkbare Kriterium kann auch ein besonders kleiner Durchmesser der Öltröpfchen in der O/W-Emulsion oder die Verwendung von Frischei anstatt pasteurisiertem Ei gelten. Allein ein Fettgehalt von mindestens 80% ist nicht ausreichend, um die Bezeichnung als „Delikatess“-Mayonnaise zu rechtfertigen (Oetker 2004, 518).

Eine typische Rezeptur einer industriell hergestellten Mayonnaise kann sich aus folgenden Zutaten und Mengen zusammensetzen:

<u>Ölphase:</u>		<u>Wässrige Phase:</u>	
Speiseöl:	80%	Essig:	4%
		Zucker:	1,5%
<u>Emulgator:</u>		Kochsalz:	1%
Eigelb:	6%	Gewürze:	0,1%
		Wasser:	7,4%
86%		14%	Gesamt: 100%

Mayonnaise weist aufgrund ihres hohen Fettanteils eine hohe Energiedichte auf. Mayonnaise mit einem Ölgehalt von 83% enthält ca. 3230kJ (770 kcal) je 100g und sollte entsprechend sparsam verwendet werden (Täufel et al 2005, 1159).

4.2.2 Begriffsbestimmung Salatmayonnaise

Salatmayonnaise ist eine mayonnaiseartige Soße aus pflanzlichem Speiseöl und Hühnereigelb mit einem Mindestfettgehalt von 50%. Sie weist in der Regel eine weiße bis gelbliche Färbung und eine cremige Konsistenz auf. Salatmayonnaise dient als Ausgangsprodukt für die Herstellung von z.B. Feinkostsalaten, Salatsoßen und anderen Feinkosterzeugnissen. Daneben kann sie auch direkt als würzende Soße zu verschiedenen Gerichten verwendet werden (Oetker 2004, 694).

Die Salatmayonnaise wird in den Leitsätzen des Bundesverbandes der Deutschen Feinkostindustrie näher definiert. Salatmayonnaise ist eine emulgierte Soße aus pflanzlichem Speiseöl und Hühnereigelb und muss einen Fettgehalt von mindestens 50% aufweisen. Der genaue Fettgehalt wird in Verbindung mit der Verkehrsbezeichnung auf der Verpackung angegeben, wenn Salatmayonnaise als solche verkauft und nicht als Zutat verwendet wird. Ein Mindestgehalt an Eigelb ist nicht vorgeschrieben. Als Beurteilungsmaßstab gilt jedoch ein Eigelbanteil von 7,5% des Fettgehaltes. Wird dieser Wert erreicht oder überschritten, so darf z.B. auf der Verpackung darauf hingewiesen werden. Weitere mögliche Zutaten sind Hühnerei-, Milch- oder Pflanzeneiweiß bzw. Vermengungen dieser Stoffe, Kochsalz, Zuckerarten, Gewürze, andere Würzstoffe und Essig oder andere Genusssäuren. Im Gegensatz zur Mayonnaise dürfen bei der Herstellung von Salatmayonnaise auch Milch- oder Pflanzeneiweiße verwendet werden. Diese können die Eibestandteile ganz oder teilweise ersetzen, sofern dies kenntlich gemacht wird. Des Weiteren ist die Zugabe von Verdickungsmitteln erlaubt (Bundesverband der Deutschen

Feinkostindustrie e.V. 1968). Verdickungsmittel sind Stoffe, welche die Viskosität eines Lebensmittels erhöhen. Dazu werden hauptsächlich Weizenmehl, Stärke, Gelatine sowie die gemäß der ZZulV zugelassenen Verdickungsmittel verwendet. Die Zugabe von gelbfärbenden, nichtfremden Stoffen zum Zweck der Färbung ist nicht verkehrsförmlich. Es ist jedoch gebräuchlich, z.B. Paprika, Curcuma und andere Gewürze zum Zweck der Geschmacksverbesserung zuzufügen. Für alle anderen möglichen Qualitätsmerkmale orientiert sich die Verkehrsauffassung für Salatmayonnaise an der Verkehrsauffassung von Mayonnaise (EG-Richtlinie Nr. 95/2/EG 1995; Oetker 2004, 694).

Aufgrund des reduzierten Fettanteils weist Salatmayonnaise mit einem Ölgehalt von 65% im Vergleich zur Mayonnaise einen geringeren Energiewert von ca. 2520 kJ (600 kcal) je 100g auf (Täufel et al 2005, 1159).

4.2.3 Begriffsbestimmung Remoulade

Remoulade ist eine mit Kräutern und / oder zerkleinerten würzenden Pflanzenteilen verfeinerte Mayonnaise oder Salatmayonnaise mit einem Fettgehalt von mindestens 50% (Kunz 1993, 224; Lips/Beutner 2000, 153). Der genaue Fettgehalt wird in Verbindung mit der Verkehrsbezeichnung auf der Verpackung angegeben, wenn Remoulade als solche verkauft und nicht als Zutat verwendet wird (Bundesverband der Deutschen Feinkostindustrie e.V. 1968). Als Kräuter und würzende Zutaten werden u.a. Petersilie, Kerbel, Schnittlauch, Estragon, Pfeffer, Kapern, Gewürzgurken, Zwiebeln oder Senf verwendet (Brockhaus 2001, 543; Thomy 2003, 25).

4.2.4 Begriffsbestimmung Salatcreme, Salatdressing und Salatsoße

Salatcreme ist eine emulgierte Soße aus Pflanzenöl sowie wahlweise Hühnerei-, Milch- und / oder Pflanzeneiweiß oder Vermengungen dieser Stoffe (Oetker 2004, 694). Die Leitsätze des Bundesverbandes der deutschen Feinkostindustrie enthalten keine Mindestanforderungen für Salatcreme. Während der Mindestfettgehalt bei Mayonnaise 70% und bei Salatmayonnaise 50% betragen muss, ist bei Salatcremes kein Mindestfettgehalt vorgeschrieben. Meist liegt dieser zwischen 15% und 35% (Baumgart 2007, 387). Ansonsten unterscheiden sich Salatcremes kaum von der Salatmayonnaise. Es

dürfen ebenso wie bei der Salatmayonnaise Hühnerei-, Milch- oder Pflanzeneiweiß sowie Hühnereigelb oder Vermengungen dieser Stoffe und Verdickungsmittel wie Stärke, Weizenmehl oder Gelatine verwendet werden. Darüber hinaus kommen die üblichen Zutaten wie Gewürze, Essig, Kochsalz, Zucker und Wasser zum Einsatz. Salatcremes dienen als Grundlage für Salatsoßen und andere Feinkostprodukte. Diesen können, je nach Rezeptur, Joghurt oder Buttermilch zugesetzt werden. Durch den, im Gegensatz zu Mayonnaise, geringen Fettgehalt steht der relativ kleinen Ölphase eine große Wasserphase gegenüber. Um trotzdem eine mayonnaiseähnliche Konsistenz zu erhalten, ist der Einsatz von Dickungsmitteln, Stabilisatoren und zusätzlichen Emulgatoren üblich (Oetker 2004, 694).

Salatsoßen und Dressings sind flüssige emulgierte oder nichtemulgierte Soßen mit Fettgehalten von unter 50%. Es wird zwischen zwei Grundtypen unterschieden: Klare, nichtemulgierte Essig-Öl-Soßen mit Kräutern und Gewürzen und emulgierte, mayonnaiseartige Soßen mit einer relativ hohen Viskosität. Mayonnaise oder mayonnaiseähnliche Produkte dienen häufig als Grundlage für emulgierte Salatsoßen. Daneben können Salatsoßen zahlreiche weitere Zutaten wie z.B. Salz, Zucker, Kräuter, Gewürze Milcherzeugnisse oder Senf enthalten. Zu den emulgierten Salatsoßen zählen beispielsweise Joghurtdressing, French-Dressing oder Cocktail-Dressing (Oetker 2004, 695; Anonym 2004; Kunz 1993, 239).

Aufgrund ihres, im Vergleich zur Mayonnaise, geringen Fettanteils, weisen Salatcremes mit Ölgehalten zwischen 33% und 36% Energiewerte von 1.455-1.575 kJ (350-380 kcal) je 100g auf (Täufel et al 2005, 1159).

4.2.5 Begriffsbestimmung anderer emulgierter Soßen und Feinkost-cremes

Neben den klassischen Mayonnaisen, Salatmayonnaisen, Remouladen und Dressings, wird noch eine Vielzahl weiterer emulgierter Feinkostsoßen in den verschiedensten Geschmacksrichtungen angeboten. Es handelt sich dabei meist um Soßen auf Mayonnaisebasis, welche, ähnlich der Remoulade, als Würzmittel Kräuter, Früchte, Gewürze u.ä. enthalten. Im Handel finden sich diverse Produkte wie beispielsweise Mayonnaisesenf, Knoblauch-Kräutersoße, Currysoße, Tomatenmayonnaise, Snack- und

Sandwichcremes usw.. Für Feinkostcremes existieren in Bezug auf den Fettgehalt oder andere Eigenschaften keine einheitlichen Vorgaben (Täufel et al 1993, 867; Thomy 2003, 27).

4.3 Herstellung von Mayonnaise und emulgierten Soßen

Mayonnaise war ursprünglich ein ausschließlich in Handarbeit hergestellter Luxusartikel. Vor Beginn der industriellen Produktion wurde Mayonnaise oftmals ohne Erfolg in den Haushalten selbst hergestellt. Das Hauptproblem bei der Mayonnaiseherstellung ist die enge Verbindung aller Bestandteile und damit die Erzeugung einer cremigen, homogenen Masse, welche auch auf lange Sicht stabil bleibt und sich nicht entmischt (Flückiger 1966). Mayonnaisen gehören zu den so genannten O/W-Emulsionen. Die Grenzflächenspannung eines Öl-Wasser-Gemisches beträgt ca. $2,3 \times 10^{-4} \text{ N}$. Es lassen sich jedoch nur Flüssigkeitspaarungen mit einer Grenzflächenspannung von Null mischen (Täubrich 1963; Baumgart 2007, 380). Um eine stabile Emulsion zu erhalten, muss die Grenzflächenspannung herabgesetzt werden. Daher ist die Zugabe von Emulgatoren, z.B. in Form von Eigelb, erforderlich. Emulgatoren reichern sich in der Phasengrenze an und erleichtern auf diese Weise die Zerteilung der zu dispergierenden Flüssigkeiten. Die im Eigelb enthaltenen Emulgatoren Phosphatidylcholin (Lecithin) und Phosphatidyletholamin sind in Wasser gut löslich und ermöglichen beim Emulgierungsprozess die Bildung einer O/W-Emulsion (Roth 2008).

Der Emulgierprozess kann in drei Abschnitte gegliedert werden. Zunächst werden die Komponenten zu einer grobdispersen Rohemulsion vermischt. Anschließend erfolgt die Feinemulgierung, indem die Öltröpfchen der dispersen Phase durch mechanische Energie aufgebrochen und zerkleinert werden. Die Stabilisation der Emulsion erfolgt durch die Emulgatoren, welche ein Zusammenfließen der Öltröpfchen verhindern. Dazu müssen die beim Tropfenaufbruch neu gebildeten Grenzflächen durch die Emulgatoren ausreichend schnell besetzt werden (Schubert 2005, 275).

Die industrielle Herstellung von Mayonnaise geschieht fast ausschließlich mit Hilfe hochtouriger Homogenisiermaschinen, so genannter Kombinatoren. Die beiden wichtigsten Vertreter sind Zahnkranzdispergiermaschinen und Kolloidmühlen, welche auf dem Rotor-Stator-Prinzip aufgebaut sind.

Rotor und Stator von Zahnkranzdispergiermaschinen bestehen aus ineinander greifenden, rotierenden Ringen (bis zu 25.000 U/min), welche mit unterschiedlich breiten Schlitten versehen sind. Der Emulgierspalt zwischen Rotor und Stator liegt im Bereich zwischen 0,5 bis wenigen Millimetern. Die Rohemulsion wird durch das Rotor-Stator-System gepumpt, wobei es beim Durchtritt mehrmals stark beschleunigt und wieder abgebremst wird. Die durch die turbulenten Strömungen verursachten Scherkräfte sind größer als die Festigkeit der Öltröpfchen, so dass diese fein zerteilt und gleichmäßig in der Emulsion verteilt werden. In der Regel verfügen Zahnkranzdispergiermaschinen über mehrere Dispergierzonen, indem mehrere Zahnkränze hintereinander angebracht sind (Schubert 2005, 276; Romaco 2008).

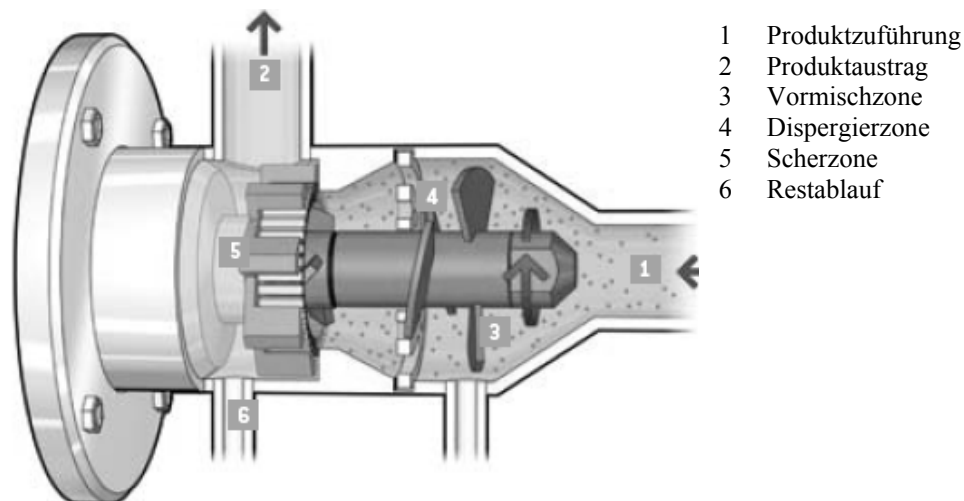


Bild 3: Aufbau einer Zahnkranzdispergiermaschine (FrymaKoruma 2008)

Kolloidmühlen bestehen ebenfalls aus einem coaxialen Rotor-Stator-System, wobei die Drehzahl des Rotors zwischen 1.000 und 5.000 Umdrehungen pro Minute beträgt. Der konische Ringspalt zwischen dem Rotor und dem Stator bildet die Dispergierzone. Die Rohemulsion wird mit hohem Druck durch den engen Spalt gedrückt. Durch die hochoberflächige Rotation des Rotors entsteht an diesem ein hohes Schergefälle, dessen Kraft größer als die Festigkeit der mitströmenden Öltröpfchen ist. Durch die Scherkräfte werden die Öltröpfchen zerkleinert und gleichmäßig in der Emulsion verteilt. Die Spaltbreite liegt in der Regel unter einem Millimeter, wobei der Ringspalt durch axiales Verstellen von Rotor und Stator variiert werden kann. Auf diese Weise werden die Verweildauer der Emulsion im Dispergierspalt und die auf die Emulsion wirkenden Scherkräfte reguliert. Die in der Regel verzahnten Oberflächen von Rotor und Stator erzeugen zusätzliche

turbulente Strömungen. Je nach Modell, ist der Rotor mit Flügeln ausgestattet, welche die Rohemulsion vor dem Eintritt in den Dispergierspalt beschleunigen und eine zusätzlichen Förderwirkung erzeugen. Darüber hinaus sorgen sie für eine Durchmischung der Komponenten und eine Vorzerkleinerung der dispersen Phase (Schubert 2005, 276ff.; Hochschule Mannheim/IMV 2001).

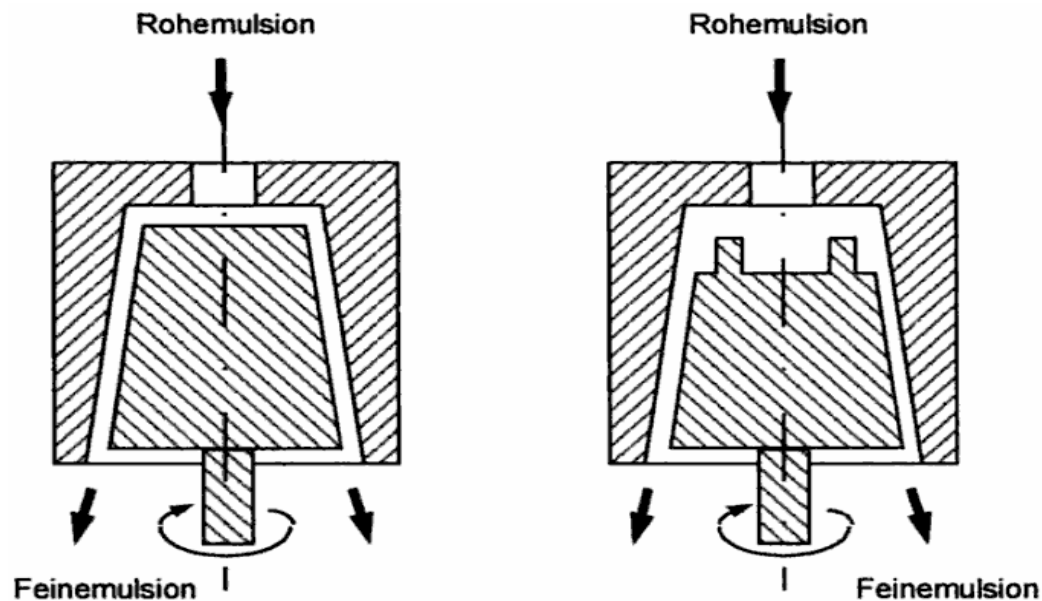


Bild 4: Schematische Darstellung der Dispergierzone einer Kolloidmühle (Schubert 2005)

In der Regel sind Zahnkranzdispergiermaschinen bzw. Kolloidmühlen an einem Mischbehälter mit Rührwerk angeschlossen. In diesem wird die Rohemulsion hergestellt und über Rohrleitungen dem Kombinator zugeführt. Die Emulsion kann über eine Rezirkulationsleitung dem Mischbehälter zurückgeführt werden. Das Produkt wird so lange homogenisiert und über die Rezirkulationsleitung im Kreis gefahren, bis es die gewünschte Konsistenz erreicht hat (Hochschule Mannheim/IMV 2001; Romaco[2] 2008). Zusätzlich verfügt der Mischbehälter über eine Vakuumeinheit. Dadurch kann die Mayonnaise unter völligem Luftabschluss im Vakuumbetrieb emulgiert werden, so dass der Einschluss von Luftblasen und durch sie hervorgerufene Farb- (Gelb-/Braunverfärbung), Geruchs- oder Geschmacksveränderungen (Ranzidität) verhindert werden (Zeh 1986; Flückiger 1966). Darüber hinaus können die Vakuumeinheit bzw. zusätzliche Beschickungseinheiten bei Bedarf die Zutaten direkt in den Arbeitsbereich des Kombinator leiten (Anonym 2002).

Durch die Emulgierung wird eine einheitliche Größenverteilung (90% der Öltröpfchen sollten einen Durchmesser von 1-10µm aufweisen) und die feine Verteilung der Öltröpfchen in der kontinuierlichen Phase erreicht. Diese verleihen der Soße eine glänzende Oberfläche und eine große Stabilität, so dass es auch nach längerer Standzeit zu keiner Ölausscheidung oder Phasentrennung kommt (Baumgart 2007, 383; Zeh 1986). Mayonaisen können zu über 80% aus Öl bestehen. Das Volumen der Öltröpfchen ist demnach viermal so groß wie das Volumen der wässrigen Phase, obwohl bei Stapeln gleichgroßer Kugeln eine maximale Raumauffüllung von lediglich 74% erreicht werden kann. Der hohe Wert resultiert aus der Tatsache, dass die Öltröpfchen unterschiedliche Größen aufweisen. Auf diese Weise werden die Hohlräume effektiver genutzt. Aufgrund der hohen Packungsdichte können sich die Öltröpfchen nicht mehr unabhängig voneinander bewegen, so dass die Viskosität zunimmt (Täubrich 1963; Roth 2008).

Im Vormischbehälter werden, ausgehend vom Emulsionskern Eigelb, die Ölphase und die Wasserphase (verdünnter Essig oder andere Genusssäuren) miteinander vermischt. Als erstes wird das Eigelb mit der wässrigen Phase versetzt. Erst dann wird das Öl mit zunehmender Geschwindigkeit hinzu gegeben. Da Eigelb bereits eine O/W-Emulsion darstellt, ist bei der Ölzugabe darauf zu achten, dass es zu keiner Phaseninversion kommt. Die in einer bestimmten Zeiteinheit zugegebene Ölmenge ist abhängig von der Rührgeschwindigkeit, der Viskosität und der Menge an bereits fertig gestellter Emulsion. Eine zunehmende Ölzugabe verhindert, dass die Masse zu dick wird und von der Kolloidmühle nicht mehr umgepumpt werden kann (Zeh 1986; Täubrich 1963). Darüber hinaus müssen alle Zutaten in etwa die gleiche Temperatur aufweisen. Ansonsten kann es zu Problemen bei der Emulsionsbildung kommen. Dabei spielt es keine Rolle, ob bei der Herstellung elektrische Rührwerke, Kolloidmühlen o.ä. zum Einsatz kommen (Baumgart 2007, 380).

Bei der industriellen Herstellung emulgierter Soßen wird zwischen dem kontinuierlichen und dem diskontinuierlichen (Batchverfahren) Verfahren unterschieden. Die Grundprinzipien beider Verfahren sind gleich, jedoch unterscheiden sich diskontinuierliche und kontinuierliche Verfahren in der Art und Weise der Produktführung. Bei der diskontinuierlichen Herstellung wird über die Rezirkulationsleitung das Produkt im stetigen Umlauf gehalten, während das Öl allmählich hinzugefügt wird. Auf diese Weise werden jeweils einzelne Chargen getrennt voneinander produziert. Beim kontinuierlichen Verfahren, welches auch als In-Line-Verfahren bezeichnet wird, wird die Voremulsion

durch den Homogenisator direkt zu Mayonnaise verarbeitet. Gegebenenfalls können auch mehrere Homogenisatoren hintereinander geschaltet werden (Flückiger 1966; iNOXPA 2008). Ob eine Mayonnaise kontinuierlich oder diskontinuierlich hergestellt wird, ist in erster Linie eine betriebswirtschaftliche Entscheidung und hängt von der angestrebten Produktionsmenge ab. Das diskontinuierliche Verfahren wird bei kleinen Mengenleistungen von bis zu 1000kg/h angewendet, das kontinuierliche bei Mengenleistungen von mehr als 1000kg/h (Flückiger 1966).

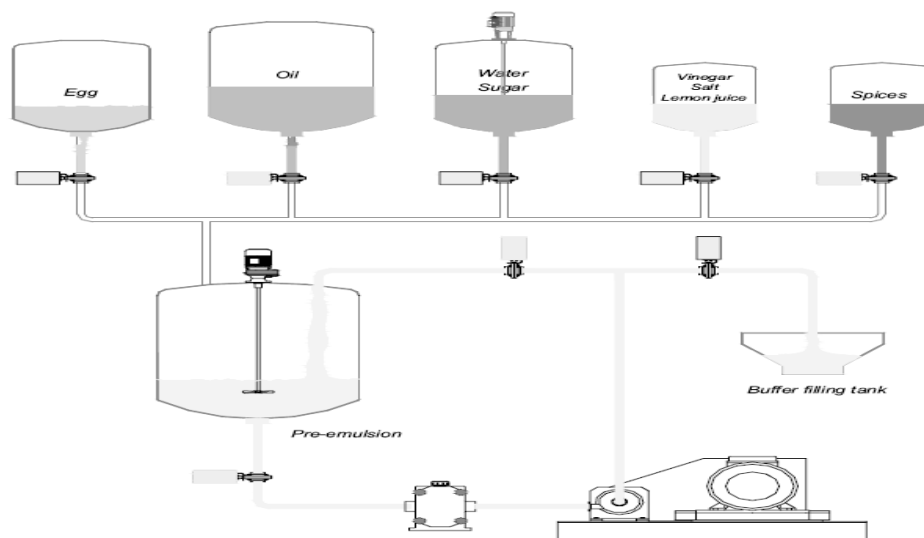


Bild 5: Diskontinuierliche Herstellung emulgierter Soßen(iNOXPA 2008)

Die Herstellung auf der Grundlage der diskontinuierlichen Verfahrensweise erfolgt mittels drei bis fünf so genannter Puffertanks, in welchen sich die Zutaten befinden. Bei Verwendung von drei Puffertanks werden die Gewürze und das Öl in einem gemeinsamen Tank vermischt. Die Bestandteile der wässrigen Phase (Essig, (Zucker-) Wasser und Zitronensaft) befinden sich gemeinsam im zweiten und das Eigelb im dritten Tank. Werden fünf Puffertanks verwendet, so werden die einzelnen Tanks jeweils mit Eigelb, Speiseöl, einem Gemisch aus Zucker und Wasser, einem Gemisch aus Essig, Salz und Zitronensaft sowie einer Gewürzmischung bestückt (iNOXPA 2008; Baumgart 2007, 382). Die Produktion in Einzelschritten erfolgt folgendermaßen: Zuerst wird das Ei in einen mit einem Rührwerk versehenen Mischtank geleitet, in welchem im weiteren Verlauf alle Zutaten gemeinsam zu einer Voremulsion vermischt werden. Anschließend wird das mit Zucker angereicherte Wasser hinzu gegeben. Nach Einschalten des Mischers wird die wässrige Phase durch eine Pumpe in stetem Umlauf gehalten und fortwährend durch den

Umlaufkombinator gepumpt. Erst im Kombinator entsteht aus der Voremulsion des Typs W/O die gewünschte O/W-Emulsion. Das Öl wird allmählich in den Mischtank eingeleitet und emulgiert, bis die Masse die gewünschte Konsistenz erreicht hat und damit die einzelne Charge Mayonnaise fertig gestellt ist. Schließlich wird der mit Zitronensaft und Salz vermischte Essig zugemischt (Baumgart 2007, 381). Eine zweite Variante sieht vor, die Zutaten in der gleichen Reihenfolge einschließlich des mit Salz und Zitronensaft angereicherten Essigs im Mischtank zu einer Voremulsion zu verarbeiten und diese so lange im Umlauf zu halten, bis die gewünschte Emulsionskonsistenz erreicht ist (iNOXPA 2008). Nach Fertigstellung der Mayonnaise wird diese vor der Abfüllung einem Puffertank zugeführt. Der gesamte Prozess wird unter Luftabschluss im Vakuum betrieben. Das Vakuum muss vorsichtig gebrochen werden, da es ansonsten zu einer Phaseninversion kommen kann (Baumgart 2007, 381).

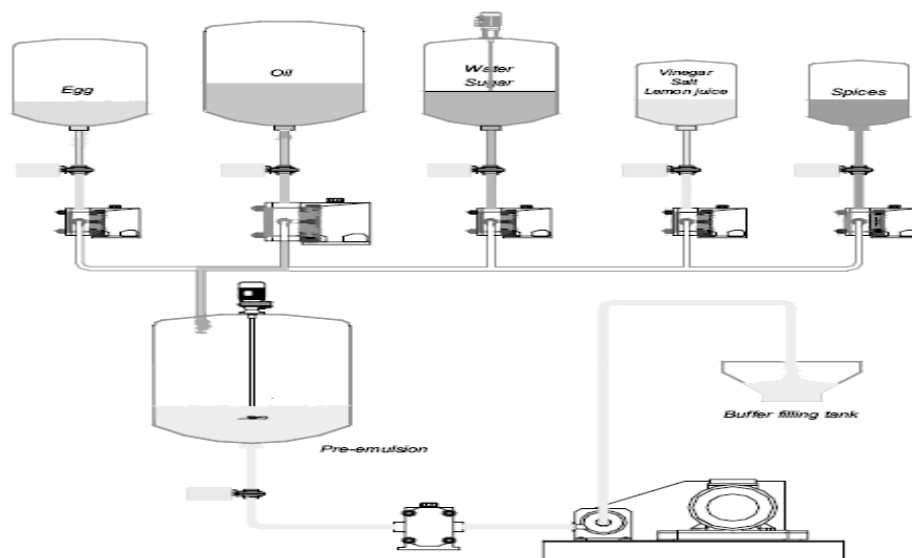


Bild 6: Kontinuierliche Herstellung emulgierter Soßen (iNOXPA 2008)

Das kontinuierliche Verfahren nutzt ebenfalls die anfangs beschriebenen Tanks für die Aufnahme der einzelnen Zutaten. Ab diesen Puffertanks beginnt der kontinuierliche Produktionsprozess. Das kontinuierliche Verfahren kann in zwei Teilabschnitte gegliedert werden. Im ersten Abschnitt werden die Zutaten (Eigelb, Öl, (Zucker-) Wasser, Mischung aus Essig, Salz und Zitronensaft, Gewürze) entsprechend ihren Anteilen mittels Dosierpumpen gleichzeitig in den mit einem Rührwerk ausgestatteten Vormischbehälter geleitet. Produktmangelsonden an den Zuführbehältern sorgen dafür, dass die Anlage nur arbeitet, solange alle Komponenten vorhanden sind (Zeh 1986; Anonym 1977). Im

Rührwerk tank werden sie unter Vakuum zu einer W/O-Voremulsion verarbeitet. Im zweiten Abschnitt wird die Rohemulsion in den Kombinator gepumpt und dort zu einer O/W-Emulsion verarbeitet. Durch die Feinstverteilung im Kombinator wird die endgültige Viskosität erreicht. Das Endprodukt kann sofort nach Beginn der Herstellung abgefüllt werden (Täubrich 1963; Baumgart 2007, 382ff.; iNOXPA 2008).

Bisher wurde lediglich die Herstellung von Mayonnaise beschrieben. Bei der Herstellung von Salatmayonnaisen oder mayonnaiseähnlichen Produkten kommen zusätzlich zu den bereits genannten Zutaten Stärken oder andere Dickungsmittel zur Emulsionsbildung zur Anwendung. Salatmayonnaise und mayonnaiseähnliche Produkte können ebenfalls sowohl im diskontinuierlichen als auch im kontinuierlichen Verfahren produziert werden. Die Produktionsverfahren müssen jedoch an die zusätzlichen Stärken bzw. Dickungsmittel angepasst werden.

Grundsätzlich wird zwischen heiß- und kaltquellenden Stärken unterschieden. Bei der Verwendung kaltquellender Stärke wird diese zusammen mit dem Stabilisator im Mischbehälter mit Wasser dispergiert, bis ein homogenes Gel entstanden ist. Eine Knollenbildung wird durch rasches Einbringen der Stärke und gründliches Mischen weitestgehend vermieden. Um die Gefahr der Knollenbildung zu reduzieren, kann bei der diskontinuierlichen Herstellung das Verdickungsmittel erst in einer kleinen Menge des Öls dispergiert und anschließend zum Wasser gegeben werden. Zusätzlich kann der Stärkebrei (Kuli) durch eine Zahnkolloidmühle zu einer homogenen, knollenfreien Masse verarbeitet werden. In einem zweiten Mischbehälter wird separat ein Gemisch aus Wasser und Essig angesetzt, welchem nacheinander Zucker, Salz, Eigelb sowie weitere würzende Zutaten wie Senf oder Gewürze zugegeben werden. Anschließend werden bei der diskontinuierlichen Herstellung der Kuli und die vorbereitete Mischung im Homogenisator vermischt und das Öl langsam zugegeben. Erfolgt die Herstellung kontinuierlich, werden die drei Fraktionen mittels Dosierpumpen einem Vormischer zugeführt. Nach einer groben Vormischung erfolgt anschließend die Homogenisierung in der Zahnkolloidmühle (Zeh 1986; Baumgart 2007, 381ff.).

Heißquellende Stärken (z.B. Weizen- oder Maisstärke) müssen vor ihrem Einsatz durch Hitze aufgeschlossen werden. Dazu wird die Stärke in einem geschlossenen Mischbehälter mit Rührwerk mit Wasser zu einem Kuli verarbeitet und durch Direkt dampfinjektion oder mittels eines Röhren- oder Schabwärmetauschers auf mindestens 82°C erhitzt. Durch die Erhitzung quillt die Stärke und bildet ein gelartiges Kolloid hoher Viskosität. Anschließend

erfolgt eine Abkühlung des Kulis, z.B. mittels eines zweiten Röhren- oder Schabwärmetauschers, auf ca. 10°C. Die abgekühlte Stärkemischung wird in einen Puffertank gepumpt und kann zusammen mit den übrigen Zutaten dem Vormischer zugeführt werden (Zeh 1986). Zur Verbesserung der Haltbarkeit des Kulis kann ein Teil der Wassermenge durch Essig ersetzt werden, wodurch ein pH-Wert zwischen 3,0 und 4,2 erreicht wird. Der Kuli sollte innerhalb einer Woche verarbeitet werden, da Stärke dazu neigt, aus derartigen Gelen auszukristallisieren. Dieser Prozess wird als Retrogradation bezeichnet und verursacht u.a. das „Altbackenwerden“ von Brot (Baltes 2000, 101; Baumgart 2007, 381).

Bei der kontinuierlichen Produktion emulgierter Soßen bietet sich daher auch eine kontinuierliche Produktion des Kulis an. Lange Lagerzeiten und die Gefahr der Retrogradation werden dadurch vermieden. Die kontinuierliche Kuliherstellung erfolgt mittels Röhren- bzw. Schabwärmetauschern oder durch den Einsatz eines Stärkekombinators. In einem Mischbehälter wird die Stärke mit Wasser zu einem Stärkebrei grob vermischt, welche mittels einer Dosierpumpe dem Stärkekombinator zugeführt wird. In diesem erfolgt eine Erhitzung des Wasser-Stärke-Gemisches auf ca. 85°C, so dass es zu einer Quellung der Stärken und zur Ausbildung eines viskosen Gels kommt. In Wärmetauschern wird der Kuli auf ca. 25°C abgekühlt und mittels einer Dosierpumpe dem reinen Mayonnaisestamm zugesetzt. Im Mayonnaisekombinator erfolgt schließlich die Vermischung bis zur endgültigen Viskosität (Baumgart 2007, 383ff., Zeh 1986). Bei Verwendung geeigneter Verdickungsmittel und möglichst vollständigem Verzicht auf Eigelb können die Emulsionen auch tiefgefroren und wieder aufgetaut werden, ohne dass es zu einer Phasentrennung oder Konsistenzänderung kommt (Zeh 1986).

Alle weiteren, auf Mayonnaise basierenden Soßen, werden ebenfalls auf die beschriebene Art und Weise hergestellt. Dazu zählen beispielsweise Cocktailsoße, Mayonnaisesenf, Remoulade, Knoblauch-Kräutersoßen oder Mayonnaise mit Knoblauch oder anderem Gemüse. Die meist pulverförmigen Zusätze werden, abhängig von ihrer Löslichkeit, vorher der Öl- oder der Wasserphase zugesetzt (iNOXPA 2008).

4.4 Rohstoffe emulgierter Soßen

Die Hauptzutaten emulgierter Soßen bilden üblicherweise Speiseöle pflanzlicher Herkunft, Hühnereigelb und Essig. Je nach Geschmacksrichtung enthalten sie außerdem Kochsalz,

Zucker, Gewürze und andere würzende Zutaten wie beispielsweise Senf oder Kräuter. Salatmayonnaise, Remoulade und anderen emulgierte Soßen enthalten daneben Verdickungsmittel wie z.B. modifizierte Stärken, Gelatine, Johannisbrotkernmehl, Guarkernmehl, Xanthan oder Alginat (Baumgart 2007, 379; Feldmann 1977).

In den folgenden Kapiteln werden die lebensmitteltechnologischen sowie ernährungsphysiologischen Eigenschaften der Pflanzenöle und des Hühnereis sowie verschiedener Dickungsmittel beschrieben. Gemäß den europäischen Beurteilungsmerkmalen für Mayonnaise werden an den Rohstoff Essig keine besonderen Anforderungen gestellt. Die Herstellung und Zusammensetzung von Speiseessig wird daher in Kapitel 5.4.3 näher beschrieben.

4.4.1 Pflanzenöle

Pflanzenöle sind aus Ölsamen oder -früchten durch Pressen oder Extraktion gewonnene Öle. Mit einem Anteil von bis zu über 80% der Masse belegt das Pflanzenöl mengenmäßig den ersten Rang der Zutatenliste von Mayonnaise und zahlreicher anderer emulgierter Soßen. Die Art des Pflanzenöls ist für die Herstellung von Mayonnaise und emulgierter Soßen nicht vorgeschrieben. Die Entscheidung, welches Öl verwendet werden soll, hängt vielmehr von dessen Geschmack, Farbe und den mikrobiologischen Eigenschaften ab. Die Geschmackpräferenz der Verbraucher kann sich dabei von Region zu Region unterscheiden. In Italien wird beispielsweise für Mayonnaisesoßen hauptsächlich Sonnenblumenöl verwendet, welches einen leicht nussigen Geschmack aufweist. In Deutschland werden hingegen möglichst geschmacksneutrale Pflanzenöle wie Soja- oder Rapsöl bevorzugt.

Ein wichtiges Qualitätskriterium ist zudem die Fettsäurezusammensetzung. Diese hat einen maßgeblichen Einfluss auf die ernährungsphysiologische Bewertung und berechtigt den Hersteller, Mayonnaise als Delikatessmayonnaise zu deklarieren, falls sie sich z.B. durch einen besonders hohen Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren auszeichnet (Oetker 2004, 518).

4.4.1.1 Chemische Struktur von Pflanzenölen

Fette bzw. Öle gehören zur Gruppe der Lipide. Zu den Lipiden zählen alle unpolaren, in Wasser unlöslichen (hydrophoben) Verbindungen. Dabei können Lipide sehr unterschiedliche Strukturen aufweisen sowie aus einzelnen oder mehreren Bausteinen bestehen. Zu den Lipiden gehören neben den Fetten, deren Hauptbestandteil so genannte Triacylglyceride sind, die fettähnlichen Stoffe wie z.B. fettlösliche Vitamine, Farbstoffe, Sterine oder Fettsäurealkohole (Biesalski/Grimm 2004, 88; Schwedt 2005, 66).

Nach der chemischen Zusammensetzung wird zwischen Lipiden, die in ihren Molekülen Fettsäuren als Strukturbestandteile enthalten, und lipidartigen Stoffen, welche keine Fettsäureabkömmlinge sind, unterschieden. Daher können Lipide in zwei Klassen unterteilt werden, deren chemischer Aufbau nur geringe Ähnlichkeiten aufweist. Zu der Klasse der Polyprenylverbindungen gehören die Steroide (z.B. Cholesterol), die fettlöslichen Vitamine sowie verschiedene Terpene. Diese Verbindungen sind aus unterschiedlich vielen Isopreneinheiten aufgebaut. Der größere Teil der Lipide leitet sich von den Fettsäuren ab, welche mit Alkoholen verestert sein können. Die einfachste Form stellen die Wachse dar, welche aus einer mit einem einwertigen Alkohol veresterten Fettsäure bestehen. Für Lebensmittel von größerer Bedeutung sind die Triacylglyceride. Triacylglyceride sind Ester des dreiwertigen Alkohols Glycerin und drei Fettsäuren. Sie bilden mit ca. 97% den Hauptbestandteil aller natürlichen Fette und Öle und stellen sowohl im tierischen als auch pflanzlichen Organismus eine wichtige Energiespeicherform dar (Schwedt 2005, 66; Biesalski/Grimm 2004, 89; Kunz 1993,82).

Fette, welche bei einer Temperatur von 20°C flüssig sind, werden als fette Öle bzw. umgangssprachlich als Öle bezeichnet. Ob ein Fett bei 20°C im flüssigen oder festen Zustand vorliegt, hängt von der Länge der Kohlenwasserstoffketten der im Fett enthaltenen Fettsäuren und von der Anzahl der ein- und mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Fett ab. Fettsäuren mit einer Kettenlänge bis C₁₀ liegen beispielsweise bei 20°C im flüssigen Zustand vor. Je größer der Anteil ungesättigter Fettsäuren im Fett ist, desto geringer ist seine Viskosität, da sich die Fettsäuren aufgrund der cis-Form der Doppelbindung nicht so dicht aneinander legen können (Baltes 2000, 47ff.; Belitz 2001, 152ff.; Schwedt 2005, 66).

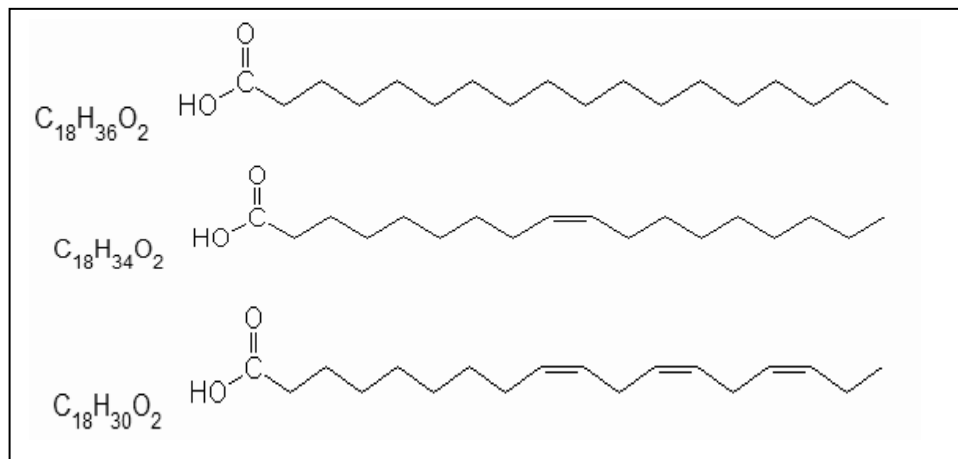


Bild 7: Stearinsäure (gesättigte FS)/Ölsäure (einfach ungesättigte FS)/Linolensäure (dreifach ungesättigte FS) (Gasteiger 2003)

Als Fettsäuren werden alle alipathischen Carbonsäuren bezeichnet, die in Fetten auftreten. Sie besitzen ein Skelett aus einer Kohlenwasserstoffkette, welches sich von Fettsäure zu Fettsäure unterscheidet. Während das Glycerinmolekül aller Triacylglyceride stets die gleiche Struktur aufweist, unterscheiden sich die Fettsäuren untereinander. Bisher wurden in der Natur über 200 verschiedene Fettsäuren nachgewiesen, von denen jedoch nur ein verhältnismäßig kleiner Teil in nennenswerten Konzentrationen in den mit der Nahrung aufgenommenen Fetten auftreten. Grundsätzlich wird zwischen geradzahligen und ungeradzahligen, gesättigten und ungesättigten sowie verzweigten und unverzweigten Fettsäuren unterschieden. Die Klassifizierung der Fettsäuren wird daher anhand ihrer Kettenlänge, der Anzahl und Position der Doppelbindungen sowie der Art der Doppelbindung (cis- oder trans-Stellung) vorgenommen. Die Kettenlänge variiert zwischen 4 und 24 C-Atomen, wobei die Palmitinsäure mit 16 und die Stearinsäure mit 18 C-Atomen die am häufigsten vorkommenden Fettsäuren sind. Ist die maximal mögliche Anzahl an Wasserstoffatomen am Kohlenstoffgerüst einer Fettsäure gebunden, so wird diese als gesättigt bezeichnet. Gesättigte Fettsäuren enthalten keine Doppelbindungen zwischen ihren C-Atomen. Die allgemeine Summenformel lautet daher: $C_nH_{2n}O_2$. Bei den ungesättigten Fettsäuren, deren Alkanrest nicht vollständig mit Wasserstoffatomen besetzt ist, wird zwischen einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren unterschieden (Belitz 2001, 152; Fiebig/Weber 2006, 12; Kunz 1993, 84; Schwedt 2005, 66). Während einfach ungesättigte Fettsäuren nur eine Doppelbindung aufweisen, können mehrfach ungesättigte Fettsäuren bis zu sechs Doppelbindungen enthalten. Daneben entscheidet die Position der Doppelbindung im Molekül darüber, ob es sich um eine Fettsäure der Omega-3- oder

Omega-6-Reihe handelt. Ein Maß für den Gehalt an ungesättigten Fettsäuren ist die Jodzahl. Sie gibt an, wie viel Halogen, als Gramm Jod berechnet, von 100g Fett bzw. den im Fett enthaltenen ungesättigten Fettsäuren gebunden werden können. Je größer der Anteil ein- und mehrfach ungesättigter Fettsäuren im Öl ist, desto mehr Jod kann gebunden werden. Pflanzenöle weisen in der Regel Werte von über 90 auf (Belitz 2001, 650).

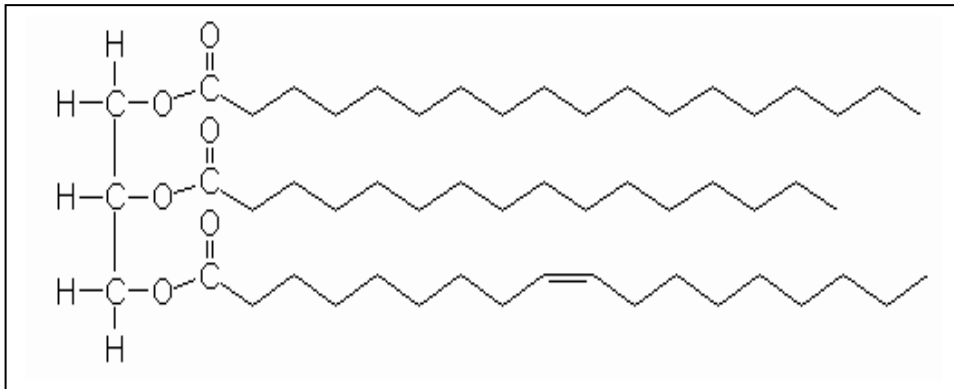


Bild 8: Struktur eines Triacylglycerides (Gasteiger 2003)

In der Regel kommen in Speisefetten hauptsächlich geradzahlige, unverzweigte Fettsäuren vor. Dies rührt daher, dass Fettsäuren von der Mehrheit aller Lebewesen aus Acetyl-CoA, einem C_2 -Körper, aufgebaut werden. Ungeradzahlige sowie verzweigte Fettsäuren können jedoch beispielsweise in Milch oder Milchprodukten nachgewiesen werden. Es wird angenommen, dass Mikroorganismen im Pansen der Kuh für die Synthese dieser Fettsäuren verantwortlich sind. (Baltes 2000, 56; Kunz 1993, 84)

Nahrungsfette bestehen aus einer komplexen Mischung aus Triacylglyceriden, da an einem Glycerinmolekül theoretisch drei verschiedene Fettsäuren binden können. Die Fettsäuren sind mit ihrer Carboxylgruppe ($-COO$) über eine Esterbindung mit jeweils einer der drei Hydroxylgruppen ($-OH$) des Glycerinmoleküls verbunden. Diese zwei- oder dreisäurigen Verbindungen führen zu einer entsprechend großen Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten. Triacylglyceride, in welchen lediglich eine Art Fettsäure gebunden ist, kommen sehr selten vor. Die Eigenschaften des Öles hängen in erster Linie von seiner Fettsäurezusammensetzung ab, aber auch von der Stellung der Fettsäuren im Triacylglyceridmolekül. Glycerinreste in pflanzlichen Fetten sind in den Positionen eins und drei hauptsächlich mit gesättigten Fettsäuren verestert. Öl- und Linolensäure, eine einfach- bzw. eine dreifach ungesättigte Fettsäure, sind dagegen auf allen drei Positionen

gleichermaßen anzutreffen. Die zweifach ungesättigte Linolsäure ist dagegen in der Regel auf Position zwei zu finden (Baltes 2000, 47ff.; Schwedt 2005, 66).

4.4.1.2 Gewinnung und Aufbereitung von Pflanzenölen

Für die Mayonnaiseherstellung werden hauptsächlich Sojaöl, Raps- oder Rüböl und Sonnenblumenöl verwendet. Im Folgenden werden die Gewinnung, Raffination und Zusammensetzung sowie die besonderen Eigenschaften dieser Ölsorten näher beschrieben. Die Gewinnung des Öls aus den Ölsaaten erfolgt durch Pressen oder Extraktion bzw. durch eine Kombination beider Verfahren. Dabei bietet das Extraktionsverfahren deutliche Kostenvorteile sowie eine höhere Ausbeute. Durch die Extraktion werden Restölgehalte im Pressrückstand von nur 1% erreicht. Als Extraktionsmittel wurden die früher häufig verwendeten, giftigen Lösungsmittel Trichlorethylen oder Schwefelkohlenstoff durch inerte Kohlenwasserstoffe wie z.B. Hexan ersetzt. Der Siedebereich dieser Stoffe liegt zwischen 64°C und 69°C. Der Extraktionsprozess kann in vier Teilschritten beschrieben werden. Im ersten Schritt wird die Ölsaate, da es sich um ein Naturprodukt mit unvermeidbaren Verunreinigungen handelt, durch Siebe, Magnete und per Hand von Fremdstoffen gesäubert. Abhängig von der zu verarbeitenden Ölsaate (z.B. Sonnenblumenkerne oder Sojabohnen) wird diese zusätzlich geschält. Anschließend erfolgt eine Zerkleinerung auf Glatt- oder Riffelwalzen zur Oberflächenvergrößerung und die Einstellung der Feuchte, damit das Extraktionsmittel einen guten Zutritt zum Öl hat. Bei hohen Ölgehalten, z.B. bei Rapssaate oder Sonnenblumenkernen, erfolgt eine rein mechanische Vorpressung, so dass der Ölgehalt der Saate auf ca. 1/3 des Ausgangsgehaltes reduziert wird. Im Gleitzellextrakteur wird das Öl aus dem Extraktionsgut in einem modifiziertem Gegenstromextraktionsverfahren gewonnen. Die so genannte Miscella (Lösung des Öls in Hexan) wird abgezogen und filtriert. Das Lösungsmittel wird der Miscella mittels Wasserdampf entzogen. Das Lösungsmittel-Wasser-Gemisch wird aufgefangen und getrennt, so dass das Lösungsmittel wiederverwertet werden kann. Das auf diese Weise gewonnene Öl wird in Raffinerien weiterverarbeitet (Baltes 2000, 285ff.; Bockisch 2004, 91ff.).

Extrahiertes Pflanzenöl enthält unerwünschte Begleitstoffe, welche natürlicherweise im Öl enthalten sind. Diese müssen entfernt werden, damit das Öl für die Mayonnaise- bzw.

allgemein für die Lebensmittelherstellung verwendet werden kann. Das rohe Öl muss entschleimt, entsäuert, entfärbt, desodoriert und winterisiert werden.

Rohes Pflanzenöl muss zunächst entschleimt werden. Hierbei werden Proteine und Phosphatide (z.B. Lecithin) abgetrennt, da sie das Öl trüben und für Verklebungseffekte verantwortlich sind. Die Entschleimung wird vor allem bei Ölen mit einem hohen Phosphatidgehalt, wie z.B. Raps- oder Sojaöl, angewendet. Der Phosphatidgehalt kann bei diesen Ölen bis zu 3% betragen. Ein Teil der Phosphatide kann mit Wasser hydratisiert werden und ist leicht abzutrennen. Der nicht hydratisierbare Anteil wird mit Mineralsäuren wie beispielsweise Phosphorsäure ausgefällt. Die Überstände werden durch Filtrierung oder Zentrifugation abgetrennt und ggf. zu z.B. Sojalecithin weiterverarbeitet.

Die Entsäuerung dient der Entfernung von freien Fettsäuren, welche den Genusswert sowie die Haltbarkeit des Öles beeinträchtigen. Ihr Anteil am Öl liegt zwischen 0,3 und 6%. Die Entsäuerung erfolgt durch Zugabe schwacher Alkalilauge, welche die freien Fettsäuren verseift, so dass diese abfiltriert werden können.

Die Bleichung dient der Entfernung unerwünschter Farbstoffe wie z.B. Chlorophyll. Dazu wird das erhitzte Fett mit einem Bleichmittel (z.B. Bleicherden wie Bentonit oder Floridaerde) versetzt, welches die Farbstoffe absorbiert. Anschließend wird das Bleichmittel zusammen mit den gebundenen Farbstoffen durch Zentrifugation oder Filtrierung entfernt.

Die Desodorierung, welche auch als Dämpfung bezeichnet wird, erfolgt mittels Wasserdampfdestillation. Durch den Wasserdampf werden unerwünschte Geschmacks- und Geruchsstoffe, meist Ketone, Aldehyde oder niedermolekulare Fettsäuren, entfernt (Bockisch 2004, 96ff.; Bockisch 1993, 531ff.).

Der letzte Raffinationsprozess ist die Winterisierung. Öle enthalten als natürliche Bestandteile hochschmelzende Triacylglyceride sowie Wachse, die z.B. aus den Schalen der Ölfrüchte stammen können. Werden beispielsweise Sonnenblumenkerne mit der Schale verarbeitet, gelangen die auf der Schale haftenden Wachse in das Öl. Zwar üben weder Wachse noch hochschmelzende Triacylglyceride einen negativen Einfluss auf den

Geschmack oder Geruch aus oder weisen gar gesundheitsschädliche Eigenschaften auf, jedoch neigen sie bei tiefen Temperaturen zum Ausflocken. Dies kann bei kühl gelagerter Mayonnaise zu einer Schlierenbildung oder zum Bruch der O/W-Emulsion führen (Bockisch 1993, 404ff.). Um die unerwünschten Bestandteile zu entfernen, wird das Öl im Wärmetauscher mit kaltem Wasser gezielt auf 5-8°C abgekühlt. Während einer Reifezeit von bis zu 24 Stunden fallen die unerwünschten Fraktionen aus. Durch einen Porenfilter können diese Stoffe kontinuierlich abgetrennt werden. Bei dem Verfahren der Winterisierung handelt es sich um rein physikalische Vorgänge. Die Fettsäuren bzw. Triacylglyceride selbst werden durch die Prozesse nicht verändert (Bockisch 2004, 107; Kunz 1993, 312)

4.4.1.3 Zusammensetzung und Eigenschaften von Soja-, Raps- und Sonnenblumenöl

Sojaöl ist ein Pflanzenfett, welches aus den Bohnen der Sojapflanze (*Glycine max*) gewonnen wird. Es gehört aufgrund seines milden Geschmacks und seiner hellgelben Farbe zu den für die Mayonnaiseproduktion wichtigsten Ölen (Bockisch 1993, 177ff.). Mit einer Weltjahresproduktion von 236 mio. t Soja bzw. 35,7 mio. t Sojaöl in den Jahren 2006/2007 zählt Soja zu den wichtigsten ölliefernden Pflanzen überhaupt. Hauptanbauggebiete sind die USA, Brasilien, Argentinien, China und Indien (Toepfer International 2007). Sojabohnen enthalten zwischen 18% und 20% Fett, welches hauptsächlich in den Keimblättern lokalisiert ist (Franke 1997, 158). Das durch Pressung und / oder Extraktion gewonnene Sojaöl setzt sich maßgeblich aus Linolsäure (48-59%), Ölsäure (17-30%) und α -Linolensäure (5-11%) sowie 12-15% ungesättigter Fettsäuren zusammen. Die Jodzahl des Sojaöls, welche ein Maß für den Gehalt an ungesättigten Fettsäuren ist, liegt zwischen 120 und 143. Auffällig ist der mit 35,8Mol% große Anteil an Triacylglyceriden mit sechs Doppelbindungen (Bockisch 1993, 179; Fiebig 2006). Aufgrund des relativ hohen Gehaltes an α -Linolensäure wird das Sojaöl zur Linolensäuregruppe gezählt (Schweizer Lebensmittelbuch 2005, 12). Sojaöl enthält bis zu 3% Lecithin, welches durch Raffination entfernt wird und zu Sojalecithin weiterverarbeitet werden kann (Franke 1997, 158). Im Lebensmittelsektor findet Sojaöl außer als Rohstoff

für die Mayonnaiseherstellung hauptsächlich in der Speiseöl- und Margarineproduktion Verwendung (Bockisch 1993, 623/588).

Das neben dem Sojaöl häufig für die Mayonnaiseherstellung verwendete Raps- bzw. Rüböl wird aus den Samen der Rapspflanze (*Brassica napus* L.) bzw. des botanisch sehr ähnlichen Rübens (*Brassica rapa* L.) gewonnen. Beide gehören zur Familie der Brassicaceen (Kohlgewächse) und sind mit den als Gemüse verzehrten Kohlsorten nah verwandt. Im Gegensatz zu den meisten ölreichen Früchte und Samen, welche zur Reife ein sonnenreiches Klima benötigen und daher vorwiegend in tropischen oder mediterranen Gebieten angebaut werden, ist die Rapspflanze relativ widerstandsfähig. Sie übersteht auch Frühjahrsfrost und kann daher in unseren Breiten angebaut werden. Die Hauptanbaugebiete liegen daher in Europa. Aber auch in China, Kanada, Indien und Australien wird Raps angebaut (Franke 1997, 159ff., Bockisch 1993, 208ff.; Toepfer International 2007). Die Weltproduktion lag in der Saison 2007/2008 bei 49,8 mio. t, wobei die europäische Produktion einen Anteil von 17,1 mio. t hatte. Die Rapsölproduktion lag im selben Zeitraum bei 18,6 mio. t (Toepfer International 2007). Je 15-40 Rapssamen sitzen in den 5-10cm langen Schoten der Rapspflanze. Das Saatgewicht beträgt je 1000 Körner 2,5-4g. Die Samen weisen einen Ölgehalt von 40-50% auf. Das Öl wird durch Pressung und / oder Extraktion gewonnen. Der Schalenanteil ist gering, so dass auf eine Schälung der Samen verzichtet wird. Das Rapsöl weist eine dunkel- bis hellgelbe Färbung auf und konnte bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts aufgrund seines hohen Erucasäuregehaltes von bis zu 30% und seines senfartigen Geruchs, welcher durch Glucosinolate hervorgerufen wird, kaum für die Lebensmittelverarbeitung oder als Speiseöl genutzt werden. Durch Tierversuche wurde festgestellt, dass sich Erucasäure im Herzmuskel ablagern und diesen schädigen kann. Daneben wurde durch Erucasäure der Stoffwechsel von Nieren, Milz, Schilddrüse und Hypophyse negativ beeinflusst (Fiebig 2006, 49ff.; Bockisch 1993, 208ff.). Ohne Anwendung gentechnischer oder zellbiologischer Verfahren konnte in den 70er und 80er Jahren des 20. Jahrhunderts durch Züchtung so genannter 0-Raps- bzw. 00-Rapssorten sowohl der Erucasäuregehalt als auch der Gehalt an bitter schmeckenden Glucosinolaten reduziert werden. Die erste Null verdeutlicht, dass der Gehalt an Erucasäure weniger als 1% beträgt, die zweite Null gibt an, dass auch der Glucosinolatgehalt reduziert ist. Erst durch diese Züchtungserfolge konnte der Raps als ölliefernde Pflanze für die Lebensmittelproduktion genutzt werden. Zu den

ersten, auch in Europa angebauten „neuen“ Rapssorten zählt die in Kanada entwickelte Sorte „Canola“, deren Name sich von „Canadian oil, low acid“ ableitet. In Deutschland wird inzwischen fast ausschließlich 00-Raps angebaut. Aufgrund des breiten Anwendungsspektrums von Rapsöl, den Erfolgen bei der Züchtung neuer Sorten sowie der Eignung für den Anbau in gemäßigten Zonen der Erde, wird der Rapsanbau durch die EG-Agrarpolitik zu Lasten der Sojaimporte gefördert (Botta-Diener 2001; Anonym 2007; Fiebig 2006, 49ff.). Rapsöl heutiger Sorten enthält in der Regel weniger als 1,5% Erucasäure. Es zeichnet sich durch seinen hohen Gehalt an ungesättigten Fettsäuren von 91-94% aus. Im Einzelnen setzt es sich aus 55-70% Ölsäure, 15-30% Linolsäure und 3-12% α -Linolensäure zusammen. Die Jodzahl liegt zwischen 110 und 126 (Bockisch 1993, 209ff.). Aufgrund des reduzierten Erucasäuregehaltes und relativ hohen Gehaltes an α -Linolensäure wird das Rapsöl nicht mehr zur Eruca- sondern zur Linolensäuregruppe gezählt (Schweizer Lebensmittelbuch 2005, 12). Da es sich bei der α -Linolensäure um eine ernährungsphysiologisch wertvolle Ω 3-Fettsäure handelt, eignet sich Rapsöl für die Ernährung besonders gut. Es bietet sich aufgrund seines neutralen Geschmacks sowohl für die Mayonnaise- und Margarineherstellung als auch als Speiseöl an (Fiebig 2006, 49ff.).

Das ebenfalls für die Mayonnaiseherstellung häufig verwendete Sonnenblumenöl wird aus den Kernen der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) gewonnen, deren Kern 70% der Sonnenblumensaat ausmacht und einen Ölanteil von 70% aufweist (Bockisch 1993, 192ff.). Die Weltproduktion an Sonnenblumensaat lag in der Saison 2007/2008 bei 27,2 Mio. t, die an Sonnenblumenöl im gleichen Zeitraum bei ca. 10,1 Mio. t. Zu den Hauptanbaugebieten zählen neben Russland, der EU, der Ukraine und Argentinien auch Länder wie China, Indien sowie die USA (Toepfer International 2007). Im Lebensmittelsektor wird Sonnenblumenöl hauptsächlich zu Speiseölen und Margarineerzeugnissen verarbeitet, aber auch für die Mayonnaiseherstellung findet es Verwendung. Aufgrund des hohen Ölgehaltes bietet sich eine der Extraktion vorgeschaltete Pressung an. Das Öl selbst weist einen Gehalt an ungesättigten Fettsäuren von 86-94% auf. Davon entfallen mehr als 2/3 auf die Linolsäure, wobei die Linolsäuregehalte stark von den klimatischen Bedingungen abhängen. Es wurden bei einer Sorte Unterschiede von bis zu 20% festgestellt die davon abhingen, ob die Kerne aus Anbaugebieten in Süd- oder Nordfrankreich stammten. Aufgrund seines hohen Linolsäuregehaltes von 50-64% wird Sonnenblumenöl geschätzt und als ernährungsphysiologisch wertvoll betrachtet. Die Ölsäure nimmt mit Werten von

30-40% den zweiten Platz ein (Bockisch 1993, 192ff.; Fiebig 2006, 52). Aufgrund der hohen Öl- und Linolsäuregehalte zählt Sonnenblumenöl zu der Öl- oder Linolsäuregruppe (Schweizer Lebensmittelbuch 2005, 12). Der Gehalt an α -Linolensäure liegt dagegen bei unter 0,1%. Falls höhere Linolensäurewerte festgestellt werden, ist dies ein Indiz für eine Streckung mit Soja- oder Rapsöl. Der Anteil an Triacylglyceriden mit vier oder mehr Doppelbindungen liegt bei über 80Mol%. Die Jodzahl liegt in der Regel zwischen 110 und 145. Rohes Sonnenblumenöl muss vor der Weiterverarbeitung winterisiert werden, da es u.U. relativ hohe Wachsgehalte aufweisen kann. Dies hängt davon ab, ob die Sonnenblumensaat vor der Pressung geschält wurde, da die Schalen 80% des Wachses der Sonnenblumensaat enthalten. Darüber hinaus muss es aufgrund seines leicht bitteren Geschmacks desodoriert werden (Bockisch 1993, 193ff.).

4.4.1.4 Ernährungsphysiologische Bewertung von Pflanzenölen

Die Qualität eines Fettes wird nach verschiedenen ernährungsphysiologischen Merkmalen beurteilt. Ein wichtiges Merkmal ist die Fettsäurezusammensetzung, also der Anteil an gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren sowie der an Fettsäuren der $\Omega 3$ - bzw. $\Omega 6$ -Reihe. Darüber hinaus ist der Gehalt an Begleitstoffen wie pflanzlichen Sterinen oder Cholesterin sowie an fettlöslichen Vitaminen von Bedeutung. Fette bilden neben Eiweiß und Kohlenhydraten eine der drei Hauptnährstoffgruppen. Sie werden durchschnittlich zu 98% absorbiert und zeichnen sich durch ihren hohen Brennwert von 9kcal je Gramm aus, welcher den Brennwert von Proteinen und Kohlenhydraten (jeweils 4kcal je Gramm) um mehr als das Doppelte übersteigt. Daher dient der größte Teil der mit der Nahrung aufgenommenen Fette dem Körper zur Energiegewinnung (Elmadfa/Leitzmann 1998, 111ff.; NKV 2006). Bei diesen Werten handelt es sich jedoch um Durchschnittswerte. Der physikalische Brennwert der einzelnen Fettsäuren weist zum Teil erhebliche Schwankungen auf, da er u.a. von der Kettenlänge der einzelnen Fettsäuren abhängig ist. Er variiert zwischen 5,96kcal/g (Buttersäure) und 9,68kcal/g (Arachidonsäure) (Kraut 1981).

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt in ihren Referenzwerten für die Nährstoffzufuhr, dass Erwachsene ihren Energiebedarf zu nicht mehr als 30% durch Fette decken sollten (DGE 2001, 43). Die Herleitung dieses Wertes ist jedoch nicht unumstritten. Die Empfehlung, höchstens 30% des täglichen Energiebedarfs durch Fette zu decken,

stammt aus der Zeit der Entwicklung der Ernährungspyramide. Als die Ernährungspyramide entwickelt wurde, wurde der Energiebedarf zu etwa 40% über Fette gedeckt, welche wiederum zu 40% aus gesättigten Fettsäuren bestanden. Da bekannt war, dass gesättigte Fettsäuren, welche hauptsächlich in tierischen Produkten vorkommen, das Risiko für koronare Herzkrankheiten (KHK) erhöhen, wurde eine Reduktion der Aufnahme an gesättigten Fettsäuren angestrebt (Willett/Stampfer 2003). Denn während gesättigte Fettsäuren das Risiko für KHK erhöhen, haben ungesättigte Fettsäuren keinen bzw. sogar einen positiven Einfluss auf das KHK-Risiko, da sie den Cholesterinspiegel günstig beeinflussen (Erhöhung des HDL/LDL-Quotienten) (Elmadfa/Leitzmann 1998, 507). Dem Verbraucher wurde jedoch nicht zugetraut, zwischen „guten“ ungesättigten und „schlechten“ gesättigten Fettsäuren zu unterscheiden. Daher wurde die simple Botschaft ausgegeben, dass Fett generell negativ zu beurteilen ist. Die so informierte Öffentlichkeit musste entsprechend annehmen, dass Fette prinzipiell gemieden werden sollten. Walter C. Willett und Meir J. Stampfer schreiben jedoch in ihrem Artikel „Macht gesunde Ernährung krank?“, dass es „keine einzige Untersuchung gibt, die einen langfristigen gesundheitlichen Nutzen belegt, der unmittelbar einer fettarmen Diät zuzuschreiben wäre“ (Willett/Stampfer 2003).

Wie bereits erwähnt, wird zwischen gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren unterschieden. Sowohl die gesättigten als auch die ungesättigten Fettsäuren werden größtenteils mit der Nahrung aufgenommen. Der Körper ist jedoch in der Lage, Fettsäuren aus Kohlenhydraten oder glucogenen Aminosäuren zu synthetisieren, wobei körpereigene Desaturasen auch das Einfügen von Doppelbindungen und damit die Synthese von ungesättigten Fettsäuren ermöglichen. Dies ist jedoch lediglich bis zum C⁹ der Kohlenstoffkette möglich, was erklärt, warum langkettige, mehrfach ungesättigte Fettsäuren essentiell sind und mit der Nahrung aufgenommen werden müssen (Rehner/Daniel 2002, 490ff.). Zu den wichtigsten essentiellen Fettsäuren zählen die zur Ω6-Reihe gehörende Linolsäure (Doppelbindung bei C⁹ und C¹²) und die zur Ω3-Reihe gehörende α-Linolensäure (Doppelbindung bei C⁹, C¹² und C¹⁵). Aus den essentiellen Fettsäuren kann der Mensch durch Kettenverlängerung und Desaturierung auch längere, mehrfach ungesättigte Fettsäuren erzeugen, wie z.B. Eicosapentaen- und Docosahexaensäure. Die DGE empfiehlt Erwachsenen, 2,5% des Energiebedarfs über Fettsäuren der Ω6-Reihe und 0,5% über Fettsäuren der Ω3-Reihe aufzunehmen (Biesalski/Grimm 2004, 114ff.; Elmadfa/Leitzmann 1998, 139ff.).

Während die kurz- und mittelkettigen, gesättigten Fettsäuren ausschließlich der Energieversorgung dienen, werden ein- und mehrfach ungesättigten Fettsäuren fast vollständig für den Strukturaufbau verwendet. Sie werden u.a. in die Doppellipidschicht der Zellmembranen eingebaut. Dort erhöhen sie die Fluidität der Zellmembran, da ihre cis-Doppelbindungen ein Abknicken der Fettsäureschwänze und damit eine Störung der geordneten, kristallinen Membranstruktur zur Folge haben. Mit einer erhöhten Membranfluidität werden erhöhte Membranproteinfunktionen assoziiert, welche positiv beurteilt werden (Rehner/Daniel 2002, 12). Daneben bilden die Fettsäuren der Ω 3- und Ω 6-Reihe das Ausgangsmaterial für die Synthese biologisch aktiver Signalmoleküle wie z.B. Prostaglandine, Thromboxane oder Leukotriene. Sie wirken hauptsächlich auf das Blutgerinnungssystem sowie die Blutgefäßweite und üben damit einen Einfluss auf den Blutdruck aus. Zudem beeinflussen die Ω 3- und Ω 6-Fettsäuren selbst, als Bestandteile der Blutzellmembranen, die Fliesseigenschaften des Blutes. So wird z.B. die Aggregation der Thrombozyten verringert, was zu einem verringerten KHK-Risiko führt (Biesalski 2004, 74ff; Biesalski/Grimm 2004, 116).

Nach den Empfehlungen der DGE sollte ein Erwachsener, der 30% seines Energiebedarfs durch Fette deckt, maximal 10% der Gesamtenergie durch langkettige gesättigte Fettsäuren aufnehmen (DGE 2001, 45). Gesättigte Fettsäuren üben einen negativen Einfluss auf den Blutcholesterinspiegel aus. Sie erhöhen die LDL-Konzentration sowie das LDL/HDL-Verhältnis, was zu einem gesteigerten KHK-Risiko führt (Biesalski/Grimm 2004, 162). Weitere 7% der Energiezufuhr sollten durch mehrfach ungesättigte Fettsäuren geliefert werden bzw. bis zu 10%, falls die Zufuhr an gesättigten Fettsäuren 10% der Gesamtenergiemenge übersteigt. Auf diese Weise kann ein Anstieg des LDL-Spiegels vermieden werden, da sowohl Linolsäure als auch α -Linolensäure den LDL-Spiegel aktiv senken (DGE 2001, 45; Biesalski 2004, 80). Dabei sollte das Verhältnis von α -Linolensäure (Ω 3-Fettsäure) zu Linolsäure (Ω 6-Fettsäure) in etwa 5:1 betragen, da Ω 3- und Ω 6-Fettsäuren um dasselbe Enzymsystem konkurrieren. Auf diese Weise kann eine ungünstige Fettsäurezusammensetzung wachsender Gewebe und ein Ungleichgewicht im Eicosanoidsystem vermieden werden (Biesalski/Grimm 2004, 118). Die einfach ungesättigten Fettsäuren decken die restlichen 10% der Energiezufuhr ab. Werden mehr als 30% des Energiebedarfs durch Fette gedeckt, sollte der die 30% übersteigende Teil hauptsächlich aus ungesättigten Fettsäuren bestehen (DGE 2001, 45).

Die bei der Mayonnaiseherstellung verwendeten Pflanzenöle zeichnen sich durch ihren hohen Gehalt an ungesättigten Fettsäuren aus. Raps- und Sonnenblumenöl enthalten jeweils lediglich 8% gesättigte Fettsäuren, was sie aus ernährungsphysiologischer Sicht wertvoll macht. Dieser Wert wird von kaum einem anderen Öl erreicht. Auch das Sojaöl belegt mit einem Anteil von 14% einen der ersten Plätze. Der von der DGE empfohlene Anteil von mehrfach ungesättigten Fettsäuren an der Gesamtfettzufuhr von mindestens 24% wird von allen drei Ölen weit übertroffen. Diesbezüglich sind besonders das Sonnenblumenöl mit einem Anteil von 65% und das Sojaöl mit einem Anteil von 62% hervorzuheben. Das Verhältnis von $\Omega 6$ - zu $\Omega 3$ -Fettsäure, welches nach DGE-Empfehlungen 5:1 betragen sollte, wird vom Sojaöl mit einem Verhältnis von ca. 7:1 fast erreicht und vom Rapsöl, welches sich durch seinen hohen α -Linolensäuregehalt auszeichnet, mit einem Verhältnis von ca. 2:1 weit übertroffen. Lediglich das Sonnenblumenöl fällt mit einem Verhältnis von ca. 61:1 aus dem Rahmen (Fiebig 2006, 18ff.).

Mit dem Fett werden auch die in ihm enthaltenen fettlöslichen Vitamine A, D, E und K aufgenommen. Dem Tocopherol (Vitamin E) kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, da es aufgrund seiner mesomeren Grenzstrukturen als Radikalfänger dient und so die Lipidperoxidation unterbindet (Bässler et al 2002, 388ff.).

Aufgrund der hohen Gehalte an ungesättigten Fettsäuren von Pflanzenölen und der daraus resultierenden erhöhten Anfälligkeit für Oxidationsvorgänge ist der Tocopherolgehalt ein weiteres Qualitätskriterium. Die Empfehlungen für eine angemessene Zufuhr orientieren sich an der Zufuhr von mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Je Gramm Diensäure sollten zwischen 0,4-0,5mg α -Tocopherol, der Tocopherol-Verbindung mit der höchsten biologischen Aktivität, aufgenommen werden (Biesalski/Grimm 2004, 162; Baltes 2000, 25). Neben dem α -Tocopherol gibt es noch weitere Tocopherol-Derivate (β -, γ -, und δ -Tocopherol), welche sich in ihrer chemischen Struktur und in ihrer biologischen Aktivität vom α -Tocopherol unterscheiden. Die wünschenswerte Zufuhr an Tocopherol ist bis heute Gegenstand der Diskussion. Es gilt jedoch als gesichert, dass sie von der Höhe der Aufnahme an mehrfach ungesättigten Fettsäuren abhängt und bei schätzungsweise 12mg je Tag liegt (Bässler et al 2002, 388ff.). Zu den Lebensmitteln mit den höchsten Tocopherolgehalten gehören u.a. die Pflanzenöle und die hieraus hergestellten Produkte. Sonnenblumenöl enthält zwischen 55,8mg und 62,5mg Gesamttocopherol je 100g und zählt damit zu den Lebensmitteln mit der höchsten auf Tocopherol bezogenen

Nährstoffdichte. Rapsöl enthält dagegen nur rund 22,8mg Tocopherol je 100g. Es besteht jedoch auch zu lediglich 32% aus mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Sojaöl dagegen verfehlt die Vorgabe von 0,4mg α -Tocopherol je Gramm Diensäure mit einem Wert von ca. 0,3mg knapp (Fiebig 2006, 49ff.). Außer Tocopherol enthalten Pflanzenöle in der Regel nur geringe Mengen fettlöslicher Vitamine. Sie ermöglichen aber deren Aufnahme aus anderen, fettarmen Lebensmitteln, da fettlösliche Vitamine nur in Anwesenheit von Fetten aufgenommen werden können (Fiebig 2006, 76ff.; Hesecker o.J., 74). Typisch für alle Pflanzenfette ist die Abwesenheit von Cholesterin. Es kann lediglich in Spuren nachgewiesen werden. Statt des Cholesterins enthalten Pflanzenöle so genannte Phytosterine (ca. 300mg/100g), deren Resorptionsrate weit unter der von Cholesterin liegt. Sie tragen zu einer Senkung des Cholesterinspiegels bei, indem sie die Cholesterinabsorption im Darm hemmen (Elmadfa/Leitzmann 1998, 409).

Nicht zu vernachlässigen ist jedoch die hohe Energie- und geringe Nährstoffdichte aller Pflanzenöle. Aufgrund der hohen Energiedichte ist das Risiko, Energie über den Bedarf hinaus aufzunehmen, größer als bei den meisten anderen Lebensmitteln.

4.4.2 Aufbau und technologische Eigenschaften des Hühnereies

Hühnereier sind die ausschließlich vom Haushuhn (*Gallus domesticus* L.) stammenden Eier. Sie setzen sich aus ca. 10% Schale, ca. 62% Eiklar sowie ca. 28% Eigelb zusammen und sind ernährungsphysiologisch wertvoll, da sie zahlreiche Vitamine und Mineralstoffe (v.a. Vitamin A, E, K, Thiamin, Riboflavin und Folsäure sowie Natrium, Kalium, Phosphor und Eisen) enthalten. Darüber hinaus weisen sie aufgrund ihres hohen Anteils an essentiellen Aminosäuren eine hohe biologische Wertigkeit (94-100) auf (Matthes/Rauch 2003, 21; Oetker 2004, 371).

Hühnereigelb stellt mit einem Anteil von mindestens 7,5% neben dem Pflanzenöl die wichtigste Zutat von Mayonnaise dar und wird auch in anderen emulgierten Soßen als Emulgator verwendet.

Eigelb ist eine O/W-Emulsion und weist mit einer Trockenmasse (Tr) von ca. 50% eine weit höhere Nährstoffkonzentration als das Eiklar auf (Scherbaum 1991, 245). Es besteht aus 50% Wasser, 15,7-16% Proteinen, 32-35% Lipiden und zu jeweils ca. 1% aus Kohlenhydraten und Mineralstoffen (Ternes 2007, 604). Eigelb enthält den Großteil der im Ei enthaltenen Vitamine sowie größere Mengen Calcium, Phosphor und Eisen. Besonders

zeichnet es sich durch seine emulgierenden Inhaltsstoffe aus, welche die Emulsionsbildung erst ermöglichen (Matthes/Rauch 2003, 20).

Die Farbe des Eigelbs wird durch Lutein, Carotinoide und andere Xantophylle hervorgerufen und wird hauptsächlich durch die Zusammensetzung des Hühnerfutters beeinflusst (Ternes 2007, 631). Die Zusammensetzung eines Hühnereis (s. Tabelle 1) und insbesondere die des bei der Mayonnaise im Mittelpunkt stehenden Eigelbs verdeutlichen dessen chemische Wirkungsweise.

Für die emulgierenden Eigenschaften des Eigelbs sind die in ihm enthaltenen Proteine und Lipide verantwortlich, welche in den Dottertröpfchen und den Granulen lokalisiert sind.

Die so genannten Dottertröpfchen enthalten hauptsächlich Lipoproteine geringer Dichte sowie Phospholipide, welche zu 75% aus Lecithinen bestehen. Die Dottertröpfchen sind nach außen durch eine Proteinmembran abgegrenzt und weisen Durchmesser zwischen 25µm und 150µm auf. Aufgrund ihres hohen LDL-Gehaltes werden diese Dottertröpfchen auch als LDL-Micellen bezeichnet.

Die Granulen weisen Durchmesser von lediglich 1µm auf. In den Granulen finden sich hauptsächlich Lipovitellin, ein Lipoprotein hoher Dichte, und das Protein Phosvitin. Der Phosphitingehalt des Eigelbs ist mit 2,1% relativ hoch.

Das Eigelbplasma selbst enthält Lipvitellenin, ein LD-Lipoprotein, sowie das globuläre Protein Livetin (Scherbaum 1991, 245; Ternes 2007, 604ff.; Roth 2008).

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung des Eigelbs (nach Belitz 2001, 437ff.; Ternes 2008, 604ff.)

Ei	Gew.%	Eigelb	Gew.%	Lipide	Gew.%	Phospholipide	Gew.%
Eiklar	58	Wasser	50	TAGs	66	Lecithin	73
Eigelb	31	Proteine	15,7 - 16,6	Phospholipide	28	Cephalin	15,5
Schale	11	Lipide	32 – 35	Cholesterin	6	andere Phospholipide	11,5
		Kohlenhydr.	1				
		Mineralstoffe	1				

Die Eigelbproteine setzen sich zu ca. 77% aus Lipoproteinen, zu 9% aus wasserlöslichen Livetinen und zu 13% aus Phosvitin zusammen. Die in einem Hühnerei mit einem Gewicht von etwa 70g im Eigelb enthaltenen Lipide setzen sich aus Triacylglyceriden verschiedener Fettsäuren sowie ca. 180mg Cholesterol, ca. 1,6g Lecithin und 0,4g Cephalin zusammen (Ternes 2007, 616ff.).

Wie bereits in Kapitel 4.1.2 beschrieben wurde, sind Phospholipide amphophile Moleküle, welche gleichzeitig einen lipophilen und einen hydrophilen Teil besitzen. Sie sorgen im

Eigelb dafür, dass die Lipide in der wässrigen Phase des Eigelbs gelöst bleiben. In der Mayonnaise reichern sich die Phospholipide an der Grenzfläche zwischen Wasser und Öl an. Auf diese Weise wird eine Koagulierung der Öltröpfchen verhindert, da sich nicht mehr ihre Oberflächen direkt berühren sondern die polaren Molekülköpfe der Phospholipide (Ternes 2007, 629ff.; Roth 2008).

Die Lipoproteine Lipovitellenin und Lipovitellin sind als grenzflächenaktive Substanzen ebenso an der Emulsionsbildung beteiligt. Sie sind Bestandteil der Membran von LDL- und HDL-Micellen, welche in Gegenwart der Öltröpfchen aufbrechen. Auf diese Weise werden die enthaltenen Phospholipide freigesetzt.

Die Proteine Phosvitin und Livetin bilden zusammen in der Mayonnaise faserartige Strukturen um die Öltröpfchen und tragen auf diese Weise zur Stabilisierung der Emulsion bei. Durch Interaktionen mit anderen Proteinen wird die Viskosität weiter erhöht (Ternes 2007, 608; Schwedt 2005, 14).

Im Gegensatz zur handwerklichen Mayonnaiseherstellung, wird bei der industriellen Produktion das Salz häufig bereits zu Beginn des Emulgierprozesses zugesetzt. Hohe Salzkonzentrationen bewirken eine Spaltung der Micellen durch Denaturierung der Lipoproteine. Durch die Denaturierung der Lipoproteine werden große Mengen an grenzflächenaktiven Substanzen freigesetzt. Neben den amphophilen Phospholipiden wird auch das für Netzbildung verantwortliche Phosvitin aus den Granulen frei. Das freigesetzte Phosvitin und das aus dem Plasma stammende Livetin tragen durch die Bildung faserartiger Komplexe zu einer Stabilisierung der Emulsion bei. Aufgrund der hohen Konzentration weiterer Proteine, Phospholipide, Lipoproteine und Triacylglyceriden kommt es zu zahlreichen chemischen Wechselwirkungen. Diese sorgen sowohl für einen Zusammenhalt der Öltröpfchen untereinander, und damit für eine höhere Viskosität, als auch für eine antikoagulierende Wirkung (Ternes 2007, 608ff.). Um eine maximale Viskosität zu erreichen ist es notwendig, durch Zugabe von Essig oder Zitronensaft den pH-Wert zu senken. Als optimal hat sich ein pH-Wert von 4 erwiesen (Depree et al 2001). Der pH-Wert beeinflusst die Ladung von Aminosäureseitenketten und damit die Vernetzung von Proteinen, Phospholipiden und Öltröpfchen. Ein zu niedriger pH-Wert führt zu einer positiven Aufladung der Aminosäureseitenketten, ein zu hoher zu pH-Wert würde die Seitenketten deprotonieren. In beiden Fällen wäre das Ergebnis nicht zufrieden stellend, da sich Moleküle mit gleicher Ladung abstoßen. Dem entsprechend würde sich

nicht die gewünschte Vernetzung an der O/W-Grenzfläche einstellen (Roth 2008; Depree et al 2001; Ternes 2007, 629).

Zur Mayonnaiseherstellung kann frisches, pasteurisiertes, getrocknetes oder tiefgefrorenes Eigelb verwendet werden (Berghofer 2000, 49). In der Regel wird jedoch aufgrund der teils erheblichen Keimbelastung von Frischei und der teilweise eingeschränkten Funktionalität von Trocken- und Gefrier- pasteurisiertes Eigelb verwendet. Die Pasteurisierung erfolgt bei einer Temperatur von 64°C und einer Haltezeit von mindestens zwei Minuten. Auf diese Weise kann die mikrobielle Belastung auf ca. 1% des Ausgangswertes reduziert werden (Ternes 2007, 631; Baumgart 2007, 384; DIL 2008).

4.4.3 Verdickungsmittel und Stabilisatoren emulgierter Soßen

Dickungs- und Geliermittel sind Hydrokolloide, welche in Wasser löslich sind und in natürlicher oder modifizierter Form bereits in geringen Mengen zu starken Viskositätssteigerungen führen. Verdickungsmittel sind, mit Ausnahme der Gelatine, Polysaccharide pflanzlichen oder mikrobiellen Ursprungs. Aufgrund ihres starken Wasserbindevermögens werden sie zum Andicken verschiedener Soßen verwendet und tragen durch die Viskositätserhöhung der äußeren wässrigen Phase zu einer Stabilisierung der Emulsionen bei. Insbesondere werden sie bei energie- bzw. fettreduzierten Soßen verwendet (Oetker 2004, 187; Lück/Lipinski 1991, 20).

Es gibt verschiedene Gründe für den Einsatz von Verdickungsmitteln und Stabilisatoren bei der Herstellung von Mayonnaise, Salatmayonnaise, Salatdressings und anderen emulgierten Soßen. Durch das gestiegene Ernährungs- und Gesundheitsbewusstsein nimmt die Nachfrage nach fettarmen Lebensmitteln zu (Pech-Lopatta 2008). Hinzu kommen der zunehmende Anteil der Außerhausverpflegung, längere Transportwege und Lagerungszeiten sowie die Forderung nach einer längeren Haltbarkeit (Dreier et al 1984). Daneben kommt der Sensorik, welche die wahrnehmbaren Qualitätskriterien beurteilt und erfasst, eine große Bedeutung zu. Neben dem Geschmack und dem Aroma bestimmen auch Aussehen, Dispersitäts- bzw. Verteilungsgrad, Textur und Konsistenz die Qualität von Lebensmitteln. Für den Verbraucher sind diese Merkmale sogar von grundlegender Bedeutung, da diese Merkmale, im Gegensatz zum Nährwert, direkt durch seine Sinne erfasst werden können. Um die gewünschte Konsistenz und Textur auch bei fettreduzierten Produkten zu erreichen, ist der Einsatz von Verdickungsmitteln und Stabilisatoren

notwendig (Feldmann 1977). Grundsätzlich werden nur lebensmittelrechtlich zugelassene Stabilisatoren verwendet. Da viele Stabilisatoren zu den Zusatzstoffen zählen, wird nur soviel zugesetzt, wie gerade notwendig ist. Dickungsmittel und Stabilisatoren sollten eine einwandfreie hygienische Qualität und einen neutralen Geschmack aufweisen. Darüber hinaus ist eine gute Dispergierbarkeit erforderlich (Dreier et al 1984).

Die Verringerung des Ölanteils bei Salatmayonnaise und anderen fettreduzierten, emulgierten Soßen hat einen großen Einfluss auf die Konsistenz. Neben dem Barriereeffekt des Emulgators ist nämlich der hohe Ölgehalt hauptverantwortlich für die Struktur und Textur der Soße. Eine Unterschreitung des Fettgehaltes von 50% bringt tief greifende Nachteile in Bezug auf die sensorischen und physikalischen Eigenschaften mit sich. Die minimale, kubische Packdichte mit minimalem Kontakt der Öltröpfchen wird ab einem Ölgehalt von 50% erreicht. Diese erhöht sich mit zunehmender Ölkonzentration, wobei ab einem Ölgehalt von 72% die maximale Packdichte mit einer hexagonalen Anordnung erreicht wird. Bei höheren Ölkonzentrationen kommt es zu einer Verformung der Öltröpfchen und einer Vergrößerung der Kontaktfläche. Diese Effekte führen zu einer höheren Festigkeit der Emulsion und zu dem typischen plastischen Verhalten von Mayonnaise. Wird der Ölgehalt von 50% unterschritten, besteht kein Kontakt mehr zwischen den Öltröpfchen. Die mayonnaisetypische Gelstruktur geht verloren und die Emulsion neigt zum Aufrahmen und zur Phaseninversion. Die Lagerstabilität der Emulsion ist damit nicht mehr gewährleistet. Um bei niedrigen Ölgehalt den typischen Charakter von Mayonnaise zu erhalten, müssen daher zusätzlich Verdickungsmittel verwendet werden, welche das überschüssige Wasser binden. Die so erreichte Viskositätserhöhung führt zu einer Stabilisierung der Emulsion, da das Zusammenfließen des dispergierten Öles verhindert wird (Flückiger 1966; Täubrich 1963; Glatthar/Chouard 2005).

Während bei Salatmayonnaisen durch eine Erhöhung der Viskosität mittels Einsatz von modifizierten Stärken ein Zusammenfließen der Öltröpfchen verhindert wird, ist dies bei den weniger viskosen Salatsoßen nicht ohne weiteres möglich. Im Gegensatz zu den pastösen Mayonnaisen sollen sie durch geringe Kraft aus dem gelartigen Zustand in die flüssige Form übergehen können. Daher werden bei Salatsoßen und Dressings an die Verdickungsmittel besondere Anforderungen gestellt. Im Vergleich zu den Mayonnaisen neigen die emulgierten Soßen mit einem niedrigen Fettgehalt viel stärker zum Aufrahmen bzw. Absetzen. Die wenigen Öltröpfchen in der Emulsion sind so verteilt, dass sie nicht in Wechselwirkung miteinander treten. Sie tragen daher nur wenig zur Konsistenz der Soße

und deren Textur bei, so dass die Verdickungsmittel diese Aufgabe übernehmen müssen (Philipp 1985).

4.4.3.1 Modifizierte Stärken

Modifizierte Stärken sind durch chemische, physikalische oder enzymatische Prozesse veränderte native Stärken, welche bestimmten Verwendungszwecken, z.B. als Gelier-, Binde- und Verdickungsmittel, angepasst sind (Oetker 2004, 540).

Bereits native Stärken aus beispielsweise Mais, Weizen, Kartoffeln oder Reis, sind wichtige Verdickungs- und Bindemittel. Sie tragen zur Textur des Lebensmittels bei und können beträchtliche Mengen Wasser binden. Native Stärken sind jedoch relativ empfindlich gegenüber mechanischen und chemischen Belastungen. Hohe Scherkräfte oder ein niedriger pH-Wert können die Stärke zerstören. Dies führt zu einer Freisetzung des durch die Stärke gebundenen Wassers (Rösch/Erben 2001). Daher kommen bei der Herstellung von emulgierten Soßen hauptsächlich modifizierte Spezialstärken zum Einsatz. Warum es erforderlich ist, Stärke zu modifizieren, werden zunächst der Bau und die Struktur der Stärke näher erläutert.

Stärke ist der häufigste Reservestoff der Pflanzen. Native Stärke ist ein hochmolekulares Polysaccharid, welches aus α -D-Glucoseeinheiten aufgebaut ist. Es können Molekulargewichte bis über 1 Million Dalton erreicht werden. Die Bruttoformel lautet $C_6H_{10}O_5$ (Baltes 2000, 99ff.). Die Glucoseeinheiten sind über α -1,4 und α -1,6-glucosidische Bindungen miteinander verknüpft. Je nach Art der Verknüpfung, wird zwischen Amylose und Amylopektin unterschieden. Amylose hat eine lineare Gestalt und besteht aus Glucosemolekülen, welche über α -1,4-glucosidischen Bindungen miteinander verbunden sind. Amylopektin enthält neben den α -1,4-glucosidischen auch α -1,6-glucosidische Bindungen. Diese führen zu Verzweigungen im Stärkemolekül. Auf je 20 bis 24 α -1,4-glucosidischen Bindungen kommt eine α -1,6-glucosidische Bindung. Amylopektin ist demnach aus Glucoseketten, bestehend aus 20 bis 24 α -1,4-glucosidisch verbundenen Glucosemolekülen, aufgebaut, welche über α -1,6-glucosidische Bindungen miteinander verknüpft sind. Die Stärken aus Mais, Kartoffeln, Weizen oder andere Pflanzen unterscheiden sich in ihrem Amylose- und Amylopektin Gehalten. Diese Wesensmerkmale führen zu unterschiedlichen Quelleigenschaften der Stärkearten. Die Viskosität von Maisstärke nimmt beim Kochen aufgrund ihres relativ hohen

Amylosegehaltes nur langsam ab und bildet weniger stabile Lösungen. Dagegen nimmt die Viskosität von Kartoffelstärke rasch ab und ergibt beim Abkühlen zähe Gele. Aufgrund dieser Unterschiede eignen sich native Stärken nur wenig für die Lebensmittelproduktion (Harsveldt 1978). Darüber hinaus neigen Stärkegele aus nicht modifizierten Stärken zur Retrogradation, wobei sich die Amyloseketten dichter aneinanderlegen. Die Stärke verliert dadurch einen Teil ihres Wasserbindevermögens und es kommt zur Synärese. Das Stärkegel schrumpft und drückt das Wasser heraus (Harsveldt 1978; Baltes 2000, 101).

Neben einer gewissen Alterungsbeständigkeit bzw. Synäresestabilität müssen die bei der Mayonnaise- und Soßenherstellung verwendeten Stärken den technologischen Prozessen entsprechende Eigenschaften aufweisen. Sie sollten kalt dispergierbar und ohne Wärme verquellbar sein. Aufgrund des Homogenisierprozesses im Kombinator müssen sie eine hohe Scherstabilität aufweisen sowie, aufgrund des niedrigen pH-Wertes der meisten Soßen, unempfindlich gegenüber Säuren sein. Darüber hinaus sollten die eingesetzten Stärken ein durchscheinendes Gel erzeugen (Phillip 1985; Täubrich 1963). Eigenschaften von Stärke und der Stärkefraktionen (Amylose bzw. Amylopektin) lassen sich durch verschiedene chemische und physikalische Verfahren verbessern und ihrem Verwendungszweck und den Produktionsprozessen entsprechend anpassen. Lediglich physikalisch (z.B. mit Dampf) oder mit Enzymen behandelte Stärken gelten als Lebensmittel. Chemisch behandelte und dadurch modifizierte Stärken werden dagegen zu den Zusatzstoffen gezählt und durch eine E-Nummer gekennzeichnet (Schwedt 2005, 108; Harsveldt 1978; BLL 2007). Vernetzte oder oxidierte Stärken eignen sich aufgrund ihrer Eigenschaften im besonderen Maße für die Herstellung emulgierter Soßen (Belitz 2001, 315ff.; Harsveldt 1978).

Für die Herstellung oxidativ modifizierter Stärken wird eine wässrige Suspension aus nativer Stärke mit einem milden Oxidationsmittel behandelt. In Deutschland darf als Oxidationsmittel ausschließlich Peressigsäure, Natriumhypochlorit oder Kaliumpermanganat verwendet werden (Kunz 1993, 267; Harsveldt, 1978). Durch Hydrolyse werden dabei hauptsächlich die α -1,4-glucosidischen Bindungen gespalten. Die entstandenen Aldehydgruppen werden teilweise zu Carboxylgruppen oxidiert. Oxidativ modifizierte Stärke zeichnet sich daher durch einen verhältnismäßig geringen Anteil an reduzierenden Gruppen aus. Im geringen Umfang werden auch die Hydroxylgruppen am C6 zu Carboxylgruppen oxidiert, so dass in oxidierte Stärke auf 25- 50 Glucosereste eine Carboxylgruppe kommt. Oxidierte Stärken zeichnen sich durch ihre geringe Neigung zur

Retrogradation aus und bilden keine Gele. Die Lösungen sind sehr scherstabil, transparent und weisen eine niedrige Viskosität auf (Belitz 2001, 318; Ternes 2008, 170; Harsveldt 1978).

Vernetzte Stärken zeichnen sich vor allem durch ihre hohe Stabilität aus. Sie vertragen sowohl hohe Scherkräfte als auch niedrige pH-Werte. Daher werden sie hauptsächlich dort eingesetzt, wo sowohl die mechanischen als auch chemischen Belastungen hohe Anforderungen an die Rohstoffe stellen. Eine unzureichende Scherstabilität hätte eine spätere Auftrennung der Phasen der O/W-Emulsion zur Folge. Gleiche Folgen hätte eine Anfälligkeit gegenüber niedrigen pH-Werten, da mit zunehmender Acidität ein hydrolytischer Abbau der Stärke erfolgt. Unter Vernetzung wird die Umsetzung der Stärke mit bi- oder polyfunktionellen Reagenzien verstanden. Verwendung finden u.a. Phosphoroxichlorid, Trinatriummetaphosphat oder gemischte Anhydride aus Essigsäure und Dicarbonsäuren. Bei der Vernetzungsreaktion selbst werden mit Hilfe der Reagenzien die Stärkemoleküle über zwei OH- Gruppen miteinander verbunden, wobei es zu ca. einer Bindung zwischen 200–1.000 Glucoseeinheiten kommt. Durch diese Vernetzung wird die Stärke stabilisiert und unempfindlich gegenüber Scherkräften und Säuren. Die Lösungen aus vernetzten Stärken sind zwar undurchsichtig, trotzdem eignen sie sich für die Herstellung von Salat- und anderen emulgierten Soßen (Harsveldt 1978; Belitz 2001, 317, Ternes 2008, 169).

Sowohl native als auch viele modifizierte Stärken sind in kaltem Wasser unlöslich. Wasser kann durch die Stärke erst gebunden werden, wenn Wasser und Wärme die kompakten Stärkekettchen aufquellen lassen. Die Stärke muss daher bei der Herstellung von emulgierten Soßen üblicherweise vorher separat durch Kochen zu einem Stärkekuli verarbeitet werden. Um diesen Kochschritt zu umgehen ist es möglich, kaltquellende Stärken zu verwenden. Dazu wird eine hochkonzentrierte Stärkesuspension auf eine von innen beheizte, rotierende Walze aufgetragen. Die Stärkekörner quellen erst durch die Hitze auf und werden anschließend getrocknet. Der getrocknete Stärkefilm wird durch ein Messer von der Walze abgelöst. Durch die Verkleisterung und die anschließende Trocknung und Mahlung erhält man eine kaltquellende „Instantstärke“ (Rösch/Erben 2001; Ternes 2008, 168).

4.4.3.2 Andere Dickungsmittel und Stabilisatoren

Bei der Herstellung emulgierter Soßen werden neben den nativen und modifizierten Stärken verschiedene andere Dickungsmittel und Stabilisatoren verwendet. Ihrer Chemischen Struktur nach zählen sie, mit Ausnahme der Gelatine, ebenso zu den Polysacchariden. Zu den für die Feinkostindustrie wichtigsten Stabilisatoren gehören Johannisbrotkernmehl, Guarkernmehl, Carageen, das durch Fermentation gewonnene Xanthan, Cellulosederivate sowie Gelatine. Häufig werden Mischungen dieser Stoffe verwendet, da selten ein Rohstoff alle gewünschten Eigenschaften besitzt. Spezielle Hersteller bieten Kombinationen dieser Stoffe an, welche durch ein geeignetes Mischungsverhältnis die gewünschten Eigenschaften aufweisen (Dreier et al 1984; Ternes 2007, 173).

Ähnlich der Stärke, handelt es sich bei den o.g. Stabilisatoren um hochmolekulare, in Wasser quellbare Stoffe, die kolloid in Lösung gehen (Dreier et al 1984). Analog zu den Stärken erhöhen sie die Viskosität und verhindern durch ihre beachtliche Teilchengröße das Zusammenfließen der Öltröpfchen durch mechanische oder chemische Belastungen. Durch verschiedene Kombinationen der Stabilisatoren kann das Fließverhalten der Soßen fast beliebig eingestellt werden. So ist es auch möglich, durch auf die Soße wirkende Scherkräfte, z.B. beim Schütteln der Soßenflasche, die Viskosität der Soße kurzfristig herab zusetzen und so das Entleeren der Flasche zu erleichtern. In der Regel liegt die Fließgrenze des Gels vor der Bruchgrenze (Dreier et al 1984; Philipp 1984).

Johannisbrotkernmehl ist ein pflanzliches Polysaccharid, welches unter der Nummer E410 als Dickungsmittel und Stabilisator zugelassen ist. Es wird aus den Samen des Johannisbrotbaums gewonnen. Die Molekülstruktur ist bandartig und besteht bis zu 90% aus β -1,4-verknüpften Mannopyranosen, welche jeweils einen α -1,6-verknüpften Galactoserest als Seitenkette tragen. Daher wird Johannisbrotkernmehl auch als Galactomannan-Polysaccharid bezeichnet. Der menschliche Organismus ist nicht in der Lage, Galactomannan-Polysaccharide zu verwerten. Daher können diese zu den ernährungsphysiologisch positiv zu beurteilenden Ballaststoffen gezählt werden. Johannisbrotkernmehl besitzt eine fünffach höhere Quellfähigkeit als Stärke, geht jedoch erst bei einer Temperatur von 85°C vollständig in Lösung. Es kann alleine keine Gele

bilden, wirkt jedoch zusammen mit Carrageenananen und Xanthan synergetisch auf die Gelbildung (Dresler 2004, 392; Kunz 1993, 131; Ternes 2008, 177).

Ebenso wie Johannisbrotkernmehl ist auch das Guarkern- oder Guarmehl ein Polysaccharid pflanzlicher Herkunft. Es wird hauptsächlich als Dickungsmittel verwendet und ist dem Johannisbrotkernmehl im chemischen Aufbau sehr ähnlich. Guarmehl wird aus dem von der Schale und dem Keimling befreiten Samen der indischen Guarpflanze (*Cyamopsis tetragonoloba*) gewonnen und besteht zu ca. 80% aus dem Polysaccharid Guar. Guar wiederum besteht aus Galactose und Mannose im Verhältnis 1:1. Die Hauptkette wird durch 1,4-glycosidisch verknüpfter β -D-Mannose gebildet. An fast jeder zweiten Mannoseeinheit ist über eine 1,6-glycosidische Bindung eine α -D-Galactose an die Hauptkette gebunden. Auch dieses Galactomannan kann vom Menschen nicht verwertet werden und zählt zu den Ballaststoffen. Es ist unter der Nummer E412 als Verdickungsmittel für Lebensmittel zugelassen und darf ohne Höchstmengenbegrenzung verwendet werden. Salatdressings oder Soßen werden üblicherweise zwischen 0,2- 0,8% Guarmehl zugesetzt (Oetker 2004, 339; Kunz 1993, 115; Ternes 2008, 178).

Carrageenane sind saure Polysaccharide, welche natürlicherweise in verschiedenen Rotalgenarten vorkommen und aus diesen gewonnen werden. Die getrockneten Algen werden mit einer wässrigen alkalischen Lösung oder Alkohol versetzt, um die Carrageenane zu extrahieren. Nach Fällung der Carrageenane werden diese anschließend vermahlen. Carrageenane sind, im Gegensatz zu Guar- und Johannisbrotkernmehl, sehr heterogen. Es wird zwischen drei Typen unterschieden (Kappa-, Lambda- und Jota-Typ), welche sich sowohl in ihrer Struktur als auch in ihren Eigenschaften voneinander unterscheiden. Gemeinsam ist ihnen die doppelhelikale Struktur. Die Hauptketten bestehen aus D-Galactose-Bausteinen, welche abwechselnd β -1,3-glycosidisch bzw. β -1,4-glycosidisch miteinander verbundenen sind. Die Galactosereste sind, abhängig vom Carrageentyp, mehr oder weniger stark sulfatiert, was zu den unterschiedlichen Eigenschaften der Typen führt. Auch die Carrageenane sind für den menschlichen Organismus unverdaulich und gelten somit als Ballaststoffe. Sie tragen als Lebensmittelzusatzstoff die Nummer E407 und sind ohne Höchstmengenbegrenzung zugelassen. Aufgrund ihres starken Quellvermögens und ihrer emulgierenden Eigenschaften werden sie als Stabilisatoren und Dickungsmittel in Mehrphasensystemen

eingesetzt. Ihre Gele sind jedoch empfindlicher gegenüber niedrigen pH-Werten (Oetker 2004, 143; Ternes 2008, 181ff.; Kunz 1993, 40; Feldmann 1977).

Xanthan wird fermentativ durch Bakterien der Gattung *Xanthomonas* (*X. campestris*) aus Glucose, Mannose und Glucuronsäure gewonnen und weist eine helixartige Struktur auf. Die Hauptkette besteht aus β -1,4-verknüpften Glucoseresten, von denen ca. jeder zweite Rest am C3 ein Trisaccharid mit einer negativ geladenen Carboxylgruppe als Seitenkette trägt. Zum Teil weisen die Glucosereste auch am C6 eine Acetylierung auf. (Belitz 2001, 321; Feldmann 1977; Ternes 2008, 180).

Xanthan löst sich aufgrund seiner zahlreichen, negativ geladenen Trisaccharid-Seitenketten besonders gut in Wasser und bindet es. Das Rückrat des Xanthans ist aufgrund seines chemischen Aufbaus sehr steif, so dass das relativ unflexible Makromolekül neben der Viskosität insbesondere die Fließeigenschaften der Soßen beeinflusst. Da sich aber die Ladungen der Seitenarme innerhalb des Moleküls gegenseitig abstoßen, wird diese Steifigkeit noch elektrostatisch verstärkt. Ebenso stoßen sich die Xanthan-Moleküle aufgrund ihrer negativen Ladungen gegenseitig ab. Die Moleküle versuchen einen möglichst großen Abstand zu wahren, was jedoch bei höheren Xanthankonzentrationen nicht mehr möglich ist. Die langen, steifen Moleküle stellen sich in zufälliger Richtung quer und behindern sich gegenseitig, so dass die Viskosität der Lösung stark zunimmt. Wird auf diese Lösung eine ausreichend große Scherspannung ausgeübt, lagern sich die Xanthanmoleküle parallel in Richtung der anliegenden Kräfte. Auf diese Weise können die Moleküle aneinander vorbei gleiten. Die Viskosität nimmt ab und die Lösung beginnt zu fließen, sobald die Scherspannung die Fließgrenze erreicht hat. Fällt die Scherspannung jedoch unter das durch die elektrostatischen Wechselwirkungen vorgegebene Niveau, so lagern sich die Xanthanmoleküle wieder in zufälliger Richtung an und versperren sich gegenseitig den Weg. Die Folge ist eine Zunahme der Viskosität (Vilgis 2008). Lösungen mit Xanthan weisen somit pseudoelastische Eigenschaften mit einem thixotropen Fließverhalten auf. Das heißt, dass xanthanhaltige Lösungen unter mechanischer Belastung an Viskosität verlieren. Unmittelbar nach Beendigung der Krafteinwirkung stellt sich jedoch die ursprüngliche Viskosität wieder ein. Aufgrund dieser Eigenschaften ist Xanthan für Mehrphasensysteme im besonderen Maße geeignet und wird beispielsweise bei der Herstellung von Salatsoße verwendet. Zusammen mit Johannisbrotkernmehl bildet Xanthan hitzestabile Gele und ist weitgehend unempfindlich gegen Veränderungen des

pH-Wertes. Als Zusatzstoff ist es mit der Nummer E415 als Gelier- und Dickungsmittel ohne Höchstmengenbegrenzung zugelassen. Neben dem Einsatz in Mayonnaiseprodukten findet es häufig in Ketchupzeugnissen Verwendung. Es ist für den menschlichen Organismus unverdaulich und wird dementsprechend den Ballaststoffen zugeordnet (Ternes 2008, 180).

Cellulose ist ein Hauptbestandteil pflanzlicher Zellwände und bildet die Grundlage für verschiedene Cellulosederivate, welche als Dickungsmittel und Fettersatzstoffe eingesetzt werden. Hierzu zählen beispielsweise die Carboxymethylcellulose (E466) oder die Hydroxypropylcellulose (E463).

Cellulose besteht aus β -Glucopyranoseresten, die über 1-4-Bindungen glucosidisch verknüpft sind. Die in Faserrichtung angeordneten Celluloseketten, welche aus bis zu 14.000 Monomeren bestehen können, sind über zahlreiche intermolekulare Wasserstoffbrückenbindungen und hydrophobe Wechselwirkungen miteinander vernetzt. Aufgrund des hohen Molekulargewichts und der geordneten Struktur ist native Cellulose in Wasser unlöslich und weist nur ein geringes Quellungsvermögen auf (Belitz 2001, 318). Damit native Cellulose wasserlöslich wird, muss sie modifiziert werden. Dies geschieht hauptsächlich durch Einführung funktioneller Gruppen (Hydroxy-, Methyl- oder Propylgruppen) an die Hydroxylgruppen der Cellulose. Carboxymethylcellulose wird beispielsweise durch die Umsetzung von gereinigter Cellulose mit Natriumhydroxid und Chloressigsäure gewonnen. Die funktionellen Gruppen bewirken aufgrund ihrer Ladungen eine Störung der regelmäßigen Celluloseketten und erleichtern damit eine Hydratisierung. Je nach Substitutionsgrad und Art der Substituenten sind die Cellulosederivate unterschiedlich gut quellbar. Cellulosederivate sind weitgehend pH-stabil und werden in Konzentrationen von 0,05-0,5% zugesetzt (Ternes 2007, 176).

Cellulose wird durch körpereigene Enzyme des Menschen nicht angegriffen. Daher wird sie in Form von mikrokristalliner Cellulose zur Verringerung der Energiedichte in Lebensmitteln eingesetzt. Zur Gewinnung mikrokristalliner Cellulose wird Cellulose durch Mineralsäure partiell hydrolisiert und hochfein vermahlen, wodurch Polymere aus 40-50 Glucoseresten entstehen. Diese dienen in Verbindung mit Carboxymethylcellulose, welche die Dispergierbarkeit der unlöslichen mikrokristallinen Cellulose verbessert, u.a. als Fettersatzstoffe, da sie durch Aufquellen ein ähnlich glattes Mundgefühl wie Fette

erzeugen und das Vorhandensein von realen Fettkügelchen suggerieren (Feldmann 1977; Belitz 2001, 318; Baltes 2000, 106).

Gelatine ist im Gegensatz zu den übrigen Dickungsmitteln ein Polypeptid, welches hauptsächlich aus Schweineschwarten sowie frischen Knochen und Knorpelgewebe hergestellt wird. Das darin enthaltene Kollagen ist der eigentliche Rohstoff der Gelatine. Es besteht zu 84-90% aus Proteinen, 1-2% aus Mineralstoffen und zu 8-15% aus Wasser. Gelatine ist ein hochmolekulares Peptidgemisch mit einer Molekülmasse zwischen ca. 15.000 und 250.000g pro Mol (Ternes 2007, 455ff.).

Für die Gelatineherstellung werden die Rohstoffe entfettet (z.B. durch Lipasen), ggf. entmineralisiert und gewaschen. Anschließend wird das Kollagen durch 5-8%ige Salzsäure herausgelöst, gewaschen und gelaugt. Die Gelatine wird mit Warmwasser herausgelöst, gefiltert, getrocknet und ggf. zu Pulver vermahlen.

Gelatine quillt in Wasser (mind. 40°C) und erzeugt gallertartige, klare Lösungen, wobei die Gelfestigkeit konzentrations-, temperatur- und pH-Wert-abhängig ist. Gelatine wird u.a. in Salatdressings oder Salatmayonnaisen verwendet (Baltes 2000, 318; Kunz 1993, 103).

4.4.3.3 Wirkungsweise von Dickungsmitteln

Trotz der Vielzahl an Verdickungsmitteln und deren unterschiedlichen chemischen Aufbau, ist ihre Wirkungsweise ähnlich. Alle Polysaccharide weisen verhältnismäßig viele Hydroxylgruppen auf, die nicht an einer glycosidischen Bindung beteiligt sind. Diese freien Hydroxylgruppen neigen dazu, über Wasserstoffbrückenbindungen Wasser zu binden. Diese Wasserbindung bewirkt eine Quellung der Polysaccharide und erhöht deren Löslichkeit. Die Wasseraufnahme kann ein Vielfaches des Eigengewichtes der Hydrokolloide ausmachen und bewirkt eine entsprechende Zunahme des Volumens und der Viskosität. Voraussetzung ist, dass die Struktur und Konformation der Polysaccharide keine zu großen intermolekularen Wechselwirkungen hervorrufen, wie es z.B. bei nativer Cellulose der Fall ist. Diese ist in Wasser praktisch unlöslich (Feldmann 1977; Ternes 2008, 174ff.). Die Bindung des Wassers erfolgt bei der Quellung nicht monomolekular, sondern in Clustern. Bei Clustern handelt es sich um Molekülverbände, welche über Wasserstoffbrückenbindungen untereinander verbunden sind. Die Geschwindigkeit und Stärke der Wasserbindung hängt hauptsächlich von der Raum- und Oberflächenstruktur

und der Verteilung der Wasserstoffbrückenbindungen-bildenden Gruppen des Dickungsmittels ab, was auch die unterschiedlichen Quellungseigenschaften der Dickungsmittel erklärt. Hydrokolloide können bei Gemischen auch untereinander in Wechselwirkung treten und das Quell- und Löseverhalten anderer Komponenten sowohl positiv als auch negativ beeinflussen. Besonders bei der Entwicklung so genannter Compounds müssen daher die jeweiligen Eigenschaften der Dickungsmittel beachtet werden (Feldmann 1977).

Eine weitere Gefahr ist die der Klumpenbildung. Ist keine ausreichend große Menge Wasser vorhanden, so erfolgt lediglich eine partielle Quellung bzw. Benetzung der Hydrokolloide. Diese können nicht dispergieren, so dass sich weite Bereiche der benetzten Partikel überlagern und das Eindringen weiteren Wassers verhindert wird. Durch Änderung der Partikelgröße oder der Zugabe von leicht löslichen Hilfsstoffen wie Zucker oder Kochsalz kann die Klumpenbildung vermieden werden. Die schnell löslichen Zucker- oder Salzmoleküle schaffen große Zwischenräume zwischen den angequollenen Makromolekülen, in welche das Lösungsmittel vordringen kann. Die Zugabe von Kochsalz beeinflusst zudem die Raumstruktur (gestreckte Form oder Knäuelform) der Makromoleküle und damit auch die Viskosität. Lineare Makromoleküle bewirken eine höhere Viskosität als stark Verzweigte (Feldman 1977).

Damit Verdickungsmittel stabile Netze bilden können, sind neben den wasseranziehenden, amorphen Bereichen auch gleichartige Bereiche im Makromolekül notwendig. Diese ähnlichen Bereiche bilden durch Wasserstoffbrückenbindungen oder hydrophoben Wechselwirkungen ein mehr oder weniger weitmaschiges, dreidimensionales Netz. Je zahlreicher die Verknüpfungspunkte sind, desto größer ist die Stabilität des Gels (Ternes 2008, 174ff.; Belitz 2001, 318ff.).

4.5 Verderb von Mayonnaise und emulgierter Soßen

Die Haltbarkeit spielt bei industriell hergestellten Mayonnaisen und emulgierten Soßen eine zentrale Rolle. Aufgrund langer Transport- und Lagerzeiten ist die Haltbarkeit von Feinkosterzeugnissen eng mit den Anforderungen an die Qualität der Produkte verknüpft. (Kleer/Baumgart 2003).

Wie bereits im 3. Kapitel (Lebensmittelkennzeichnung) beschrieben wurde, gibt das MHD eines Lebensmittels an, bis zu welchem Datum das Lebensmittel bei angemessenen

Aufbewahrungsbedingungen seine spezifischen Eigenschaften behält (LMKV 2007). Die Haltbarkeit kann demnach als Zeitspanne zwischen der Herstellung und dem Auftreten der ersten Verderbniserscheinungen interpretiert werden.

Bei Mayonnaisen und emulgierten Soßen kann der Verderb bzw. der Verlust der spezifischen Eigenschaften durch Phasentrennung, geruch- oder geschmackliche Veränderungen, Verfärbungen, Gasbildung oder Beeinträchtigungen der Konsistenz in Erscheinung treten. Dabei können physikalische oder chemische Faktoren die Ursachen für den Verderb unterschiedlich stark beeinflussen. Wie schnell ein Lebensmittel verdirbt, hängt in erster Linie von den Eigenschaften des Lebensmittels wie der Zusammensetzung, der Wasseraktivität (a_w -Wert) oder dem pH-Wert ab. Daneben üben auch die Lagerbedingungen, z.B. UV-Exposition oder insbesondere die Temperatur, einen Einfluss auf die Verderbsfaktoren aus. Im Einzelnen sind dies:

- Mikroorganismen (mikrobiologischer Verderb)
- Enzyme (enzymatischer Verderb)
- Luftsauerstoff (Oxidation, insbesondere von FS)
- Säuren (chemischer Verderb)
- Technologie (physikalisch-mechanischer Verderb)

Die Ursachen für den Verderb können dabei unabhängig voneinander, nacheinander oder zusammen auftreten. Die Haltbarkeit eines Lebensmittels hängt davon ab, mit welcher Geschwindigkeit diese Reaktionen ablaufen (Philipp 1984)[2]; Flückiger 1967). In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Verderbsfaktoren als auch verschiedene Maßnahmen zur Verlängerung der Haltbarkeit näher beschrieben.

4.5.1 Mikrobieller Verderb emulgierter Soßen

Der mikrobielle Verderb hängt wesentlich vom Ausgangskeimgehalt des Endproduktes ab. Aber auch die Art der MO, die Lagertemperatur und der von der Rezeptur abhängige pH- und a_w -Wert beeinflussen den Verlauf des mikrobiellen Verderbs. Ursache für den mikrobiellen Verderb können Hefen, Milchsäurebakterien (*Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*) sowie Schimmelpilze sein, die durch kontaminierte Rohstoffe oder den Herstellungsprozess in das Endprodukt gelangen (Flückiger 1967; Krämer 2002, 309).

Die Auswahl mikrobiell einwandfreier Rohstoffe leistet daher bereits einen wesentlichen Beitrag für die Haltbarkeit, wobei die Rohstoffe unterschiedliche Risiken aufweisen. Eigelb birgt in Bezug auf die mikrobielle Belastung die größten Gefahren. Frisches, unpasteurisiertes Eigelb weist zwischen 1.000 und 10 Mio. Bakterien je Milliliter auf. Dabei lassen sich die verschiedensten Keimgruppen feststellen. Unter anderem finden sich Arten von *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus*, verschiedene Gattungen der *Enterobacteriaceae* sowie Hefen und Schimmelpilze. Darüber hinaus kann Frischei pathogene Mikroorganismen (MO) wie z.B. Salmonellen, *Campylobacter jejuni* oder *Listeria monocytogenes* enthalten und so zu einer Kontamination des Endproduktes führen. Aus diesem Grund wird pasteurisiertes Eigelb verwendet. Durch die Pasteurisation wird die Keimbelastung auf ca. 1% des Ausgangswertes reduziert. Durch die Hochtemperatur-Pasteurisation kann der Keimgehalt auf unter 100/g reduziert werden. Um den a_w -Werte zu verringern, wird pasteurisiertem Eigelb in der Regel ca. 11% Kochsalz zugesetzt (Baumgart 2007, 384; Anonym 2005).

Auch die würzenden Zutaten wie Senf und insbesondere die Gewürze stellen ein nicht unerhebliches Risiko dar. In Senf konnten Bazillen, Clostridien und Milchsäurebakterien nachgewiesen werden. Bei den Gewürzen wird zwischen Gewürzextrakten, Gewürzmischungen und natürlichen Gewürzen unterschieden. Da Gewürzmischungen und besonders natürliche Gewürze in der Regel beträchtliche Mengen an Verderbnis verursachenden MO und auch pathogener Keime enthalten, wird bei der Mayonnaiseherstellung häufig auf keimfreie Gewürzextrakte zurückgegriffen. Möglich ist auch eine Erhitzung der Gewürze und Kräuter, so dass die vorhandenen MO abgetötet werden.

Das Risiko einer mikrobiellen Belastung von Pflanzenölen und Essig ist dagegen als gering einzustufen. Während dem Öl die für MO überlebenswichtige Wasserphase fehlt, resultiert die antimikrobielle Eigenschaft des Essigs auf dessen Säuregehalt, welcher mindestens 10% betragen sollte. Auch Wasser, Salz, Verdickungsmittel, Zucker und Süßungsmittel stellen bei ordnungsgemäßen Lager- und Transportbedingungen keine Gefahr da. Dennoch sollte auch bei diesen Stoffen eine Qualitätskontrolle durchgeführt werden, da sich u.U. während der Lagerung Kondenswasser bilden und ein für MO geeignetes Milieu entstehen kann (Baumgart 2007, 384ff.).

Mayonnaise und mayonnaisehaltige Feinkosterzeugnisse sind trotz ihres verhältnismäßig geringen pH-Wertes besonders anfällig für mikrobiellen Verderb, da sie aufgrund der für die Emulgierung notwendigen Proteine nicht erhitzt werden können. Dennoch kann eine Haltbarkeit von mehreren Monaten (bei Mayonnaisen mit einem Fettgehalt von $\geq 80\%$ auch ohne Kühlung) durch eine strikte Betriebshygiene und einem daraus resultierenden geringen Keimgehalt des Frischproduktes erreicht werden (s. Tabelle 3) (Krämer 2002, 309; Baumgart 2007, 385; Zschaler 1976).

Tabelle 2: Mikrobiologische Haltbarkeit von Mayonnaise und Salatmayonnaise (Baumgart 2007, 385)

Produkt	Ölgehalt	a_w - Wert	pH- Wert	Essig- säure in wässriger Phase	Konservierungs- stoffe	Keimgehalt des Frisch- produktes	Haltbarkeit
Mayonnaise	$\geq 80\%$	0,92- 0,93	<4,1	2,0%	Ohne	<100/g	5 bis 12 Monate ohne Kühlung
Salat- mayonnaise	50%	0,95- 0,96	<4,3	0,5- 1,3%	Ohne	<100/g	ca. 6 Monate mit Kühlung

Der mikrobiologische Verderb spielt sich bei Emulsionen hauptsächlich in der Wasserphase bzw. an den Grenzflächen zur Ölphase und den festen Bestandteilen ab (Philipp 1984[2]). Bei Mayonnaise mit Fettgehalten von mind. 72% sind die Zwischenräume, in welchen sich die Wasserphase befindet, aufgrund der hohen Packdichte der Öltröpfchen sehr klein, so dass sich MO schlechte Wachstumsbedingungen bieten. Fettreduzierte Mayonnaisen mit einem Fettgehalt zwischen 50 und weniger als 72% weisen dagegen die weit weniger dichte kubische Anordnung der Tröpfchen auf. Bei emulgierten Soßen mit einem Fettgehalt unter 50% besteht kein zusammenhängender Kontakt mehr zwischen den Öltröpfchen (Glatthar/Chouard 2005). Daher wird vor allem bei Mayonnaisen mit einem niedrigen Fettgehalt die Haltbarkeit durch den Eintritt eines durch MO verursachten Verderbs begrenzt. In der Wasserphase kann es durch verschiedene MO zu Proteinabbau (Fäulnis) oder zum Abbau der Kohlenhydrate kommen

(Gärung). Da Kohlenhydrate oftmals gute Nährstoffquellen für MO sind, stellen gerade die in fettreduzierten Produkten eingesetzten Dickungsmittel einen zusätzlichen Unsicherheitsfaktor dar. In der Ölphase kann es zur Spaltung von Fettsäuren kommen, was eine Verseifung zur Folge hat (Zschaler 1976).

Die äußeren Kennzeichen des Verderbs durch Hefen sind Gärungserscheinungen, welche zu so genannten Bombagen führen können, oder eine oberflächliche Hautbildung, die durch Filmhefen (z.B. *Pichia membranaefaciens*) verursacht wird. Dabei ist der Verderb durch Hefen weniger von deren absoluter Zahl als vom Ausmaß der Gäraktivität abhängig. Diese wird wiederum von den Produkteigenschaften und den Lagerbedingungen bestimmt (Krämer 2002, 309; Baumgart 2007, 386). Ein Verderb durch Milchsäurebakterien führt zu einem Sauerwerden der Soßen, wobei heterofermentative Milchsäurebakterien (z.B. *Lactobacillus buchneri* oder *Lactobacillus brevis*) auch eine Gasbildung bewirken können. Liegt eine Mischpopulation (Hefen und Milchsäurebakterien) vor, ist der pH-Wert nicht zwangsläufig erniedrigt, da Hefen häufig die von den Milchsäurebakterien stammende Essigsäure verstoffwechseln können und es zu einer Säurezehrung kommt (Baumgart 1965, Baumgart 2004, 508).

Neben dem Ausgangskeimgehalt beeinflussen verschiedene äußere und produktspezifische Faktoren die Geschwindigkeit und das Ausmaß des mikrobiellen Verderbs.

Die Herstellungs- und Lagertemperatur spielt dabei eine besondere Rolle. Alle sowohl biologischen als auch chemischen Prozesse laufen umso langsamer ab, je niedriger die Temperatur ist. Das heißt, dass die Geschwindigkeit des mikrobiologischen, aber auch enzymatischen, oxidativen und chemischen Verderbs wesentlich von der Temperatur abhängig ist (Zschaler 1976).

Neben der Temperatur übt der pH-Wert einen Einfluss auf das Wachstum von MO aus. Ein pH-Wert kleiner 4,5 verhindert das Wachstum von pathogenen MO wie Salmonellen, Staphylococcen, oder Clostridien. Die MO können sich nicht mehr vermehren und sterben relativ rasch ab. Unterhalb eines pH-Wertes von 4,5 ist nur noch mit einer säuretoleranten Keimflora zu rechnen. Zu ihr zählen Milchsäurebakterien, Hefen und Schimmelpilze. Daher dient der Essig nicht nur als geschmacksgebende Zutat, sondern ist auch für die mikrobiologische Stabilität wichtig (Zschaler 1976; Smittle 1977).

Eine weitere Möglichkeit, das Wachstum von MO zu hemmen, bietet die Einstellung der Essigsäurekonzentration. Essigsäure wirkt nicht nur über den pH-Wert, sondern weist selbst eine geringfügige antimikrobielle Wirkung auf. Undissoziierte organische Säuren

können in die MO eindringen und zerfallen dort in Kat- und Anionen. Die MO müssen, um Zellschäden zu vermeiden, diese Protonen aktiv unter ATP-Verbrauch in das umgebende Medium zurücktransportieren. Konstantes Einströmen von Säure führt auf diese Weise zur Erschöpfung der Energiespeicher der MO und letztendlich zu deren Absterben. Die Säuren unterscheiden sich in ihren Anteilen an undissoziierten Molekülen und entsprechend in ihrer antimikrobiellen Wirkung. So beträgt der minimale pH-Wert für die Hemmung von beispielsweise Salmonellen bei Citronensäure pH4,05, bei Milchsäure pH4,40 und bei Essigsäure pH5,40. Um den gleichen Effekt zu erreichen, sind entsprechend geringere Essigsäurekonzentrationen erforderlich. Hinzu kommt die gute Fettlöslichkeit der Essigsäure, welche ein Eindringen in die MO erleichtert (Wieder 1989, 5). In der Regel werden in emulgierten Soßen Essigsäurekonzentrationen von 0,8 bis 1% in der Wasserphase angestrebt, da die meisten MO durch diese Konzentrationen abgetötet werden. Lediglich essigsäuretolerante MO wie beispielsweise *Lactobacillus buchneri*, *Moniliella acetoabutans* oder *Saccharomyces bailii* können auch diese Konzentrationen überstehen. Trotzdem bietet eine ausreichend hohe Essigsäurekonzentration eine große Sicherheit gegenüber essigsäureintoleranten MO und trägt zur so genannten Anbruchhaltbarkeit im Haushalt bei. Höhere Konzentrationen sollten nicht angewendet werden, da ansonsten ein zu saurer Geschmackseindruck entsteht (Zschaler 1976; Smittle 1976).

Der a_w -Wert ist ein weiterer physikalischer Faktor, welcher den mikrobiellen Verderb beeinflusst. Er ist ein Maß für die Wasseraktivität und beschreibt, wie viel freies, ungebundenes Wasser im Produkt vorhanden ist. Der Wasserdampfdruck über reinem Wasser entspricht einem a_w -Wert von eins. Eine völlig wasserfreie Substanz weist dagegen einen a_w -Wert von null auf. Je mehr Wasser in einem Lebensmittel an Inhaltsstoffe wie Proteine oder Kohlenhydrate gebunden ist, desto niedriger ist der a_w -Wert. MO benötigen jedoch zum Leben eine bestimmte Menge an freiem Wasser (s. Tabelle 2). Danach werden relativ hohe Salz- bzw. Zuckerkonzentrationen benötigt um a_w -Werte zu erreichen, die ein Wachstum von MO verhindern. Diese Konzentrationen übersteigen die in emulgierten Soßen Vorhandenen um ein Vielfaches. Es müssten ca. 1,6g Salz bzw. 9,2g Zucker je 100g Produkt- Wasserphase eingesetzt werden, um den a_w -Wert um 0,01 Einheiten zu senken. Daher spielt der a_w -Wert bei der Konservierung von emulgierten Soßen praktisch keine Rolle. Eine Ausnahme kann lediglich die Konservierung bestimmter Rohstoffe darstellen (Baltes 2000, 14ff.; Zschaler 1976).

Tabelle 3: Wasseraktivität und Wachstumsgrenzen von MO (nach Baltes 2000, 15; Zschaler 1976)

a_w-Wert	Art der MO	Bsp. für Lebensmittel
0,91 – 0,95	Gram- negative Stäbchen- Bakterien, Bakteriensporen, einige Hefen	Nahrungsmittel mit bis zu 55% Zucker o. 12% Kochsalz (reifer Käse/ getr. Schinken)
0,91 – 0,80	Die meisten Hefen und Schimmelpilze, Laktobazillen und Kokken	Mehl, Reis, Hülsenfrüchte usw. bis zu 17% Wassergehalt
0,80 – 0,65	Halophile und osmophile Bakterien, xerophile Schimmelpilze	Haferflocken ≤40% Wasser, Konfitüren und Marmeladen
<0,60	Alle MO	Ei- o. Milchpulver, Cornflakes, Trockengemüse

Wie anfangs beschrieben wurde, ist der Ausgangskeimgehalt der Endprodukte von entscheidender Bedeutung. Je weniger Keime das Endprodukt enthält, desto günstiger wirkt sich dies bei gleicher Rezeptur auf die Haltbarkeit aus. Der Keimgehalt kann, neben einer Überwachung der mikrobiologischen Belastung der Rohstoffe, insbesondere durch geeignete Produktionsverfahren verringert werden. Grundvoraussetzung ist ein hohes Maß an Hygiene, z.B. durch Desinfektion der gesamten Maschinenanlage. Des Weiteren übt die Art des Herstellungsprozesses einen Einfluss auf die Keimbelastung aus. Der kontinuierliche Herstellungsprozess bietet gegenüber der diskontinuierlichen Herstellung erhebliche Vorteile. Aufgrund des geschlossenen Systems arbeitet dieser bei entsprechender Reinhaltung und Desinfektion bakteriologisch einwandfrei. Dies betrifft auch die Herstellung des Stärkekulis. Beim kontinuierlichen Verfahren ist der Kuli immer frisch und bakteriologisch rein, da immer nur soviel Kuli hergestellt wird, wie laufend verbraucht wird (Zeh 1986; Flückiger 1967).

Besondere Berücksichtigung findet der Abfüllungsprozess. Beim Abfüllen in Kleingebinde muss die Bildung von Luftblasen vermieden werden, da es in den Lufttaschen zu Flüssigkeitsabscheidungen kommen kann, welche ein Wachstum von MO begünstigen. Um die Bildung von Luftblasen zu vermeiden, bietet sich eine Abfüllung unter Vakuum an. Diese bietet den zusätzlichen Vorteil, dass eine Kontamination der Soßen durch die Raumluft vermieden wird. Bei Füllung größerer Gebinde (z.B. Eimerware) per Hand bietet es sich an, die Abdeckfolien, welche nach der Abfüllung zum Schutz des Produktes auf die Oberfläche gelegt werden, in 10%er Essigsäurelösung zu desinfizieren. Die Belastung der Raumluft durch Hefe- und Pilzsporen sollte besonders im Bereich der Abfüllung möglichst gering sein. Auf diese Weise kann bei Mayonnaisen eine Haltbarkeit von bis zu 12 Monaten ohne Kühlung erreicht werden (Baumgart 2004, 508).

Einsatz und Wirkungsweise von Konservierungsstoffen

Um einen Verderb durch MO oder Schimmelpilze zu vermeiden, ist eine zusätzliche chemische Konservierung möglich. Gemäß der ZZuIV sind für emulgierte Soßen die Verwendung der Konservierungsstoffe Sorbin und / oder Benzoesäure sowie ihrer Kalium-, Calcium- und Natriumsalze erlaubt. Die zugelassenen Höchstmengen sind in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4: Höchstmengen von Sorbin- und Benzoesäure in emulgierten Soßen (ZZuIV 2007)

Lebensmittel	Höchstmenge Ss*	Höchstmenge Bs*	Ss + Bs* **
Emulgierte Soßen mit einem Fettgehalt von $\geq 60\%$	1.000	500	1.000
Emulgierte Soßen mit einem Fettgehalt von $< 60\%$	2.000	1.000	2.000

*in mg/kg bzw. mg/l

**Ss + Bs: Ss und Bs einzeln oder in Kombination verwendet.

Benzoe- und Sorbinsäure hemmen das Wachstum von Bakterien, Schimmelpilzen sowie Hefen. Da MO ausschließlich in der Wasserphase gedeihen, müssen die Konservierungsmittel gut wasserlöslich sein. Andererseits müssen sie auch eine gewisse Fettlöslichkeit aufweisen um die Doppellipidmembran der MO durchdringen zu können. Die antimikrobielle Wirkung der Sorbinsäure (E200) wurde bereits 1939 entdeckt. Seit den 1950er Jahren wird sie industriell hergestellt und findet in steigendem Maße als Lebensmittelkonservierungsstoff Verwendung. Sie ist physiologisch unbedenklich und geschmacksneutral. Als Sorbinsäure als Lebensmittelkonservierungsstoff eingeführt wurde, wurden bereits umfangreiche Prüfungen der chronischen Toxizität für neue Lebensmittelzusatzstoffe gefordert. Daher zählt sie zu den am besten untersuchten Konservierungsstoffen überhaupt. Sorbinsäure sowie ihre Kalium- und Calciumverbindungen sind in allen Ländern der Welt als Konservierungsstoffe zahlreicher Lebensmittel zugelassen (Lück/Jäger 1995, 158ff.). Das allergene Potential der Sorbinsäure ist gering. Aufgrund ihrer geringen Molekülgröße können keine entsprechenden Antikörper gebildet werden. Kovalente Bindungen zwischen Sorbinsäure

und Proteinen, welche zu allergischen Reaktionen führen könnten, konnten bisher nicht nachgewiesen werden (Vieths et al 1994). Darüber hinaus belegen zahlreiche Studien die Sicherheit bezüglich der cancerogenen, teratogenen und toxischen Eigenschaften der Sorbinsäure (Lück/Jäger 1995, 161). Ihre antimikrobielle Wirkung resultiert aus der Hemmung verschiedener Enzyme des Kohlenhydratstoffwechsels sowie des Citratzyklus der MO. Daneben werden verschiedene Enzyme inaktiviert, indem sie über ihre Thiolgruppen kovalente Bindungen mit der Sorbinsäure eingehen. Um ihre Wirkung innerhalb der MO zu entfalten, muss die Sorbinsäure die Zellwand der MO durchdringen, wobei vorzugsweise undissoziierte Säuremoleküle in die MO gelangen. Daher ist die Wirksamkeit der Sorbinsäure stark vom pH-Wert der Soßen abhängig. Aufgrund der geringeren Dissoziationskonstante der Sorbinsäure ($1,73 \cdot 10^{-5}$) weist sie bei gleichen Wasserstoffionenkonzentrationen eine bessere Wirkung als die Benzoesäure auf (s. Tabelle 5). Die Wirkung richtet sich hauptsächlich gegen Hefen und Schimmelpilze, aber auch zahlreiche Bakterienarten werden durch Sorbinsäure gehemmt. Die Wirksamkeit wird in Kombination mit der Kochsalz- und Säurekonzentration, insbesondere der Essigsäurekonzentration, weiter verstärkt. Bei emulgierten Soßen ist in der Regel eine Konservierung mit Sorbinsäure ausreichend (Lück/Jäger 1995, 162ff.).

Benzoesäure (E210) und ihre Salze sind seit vielen Jahren in den meisten Ländern für eine Vielzahl von Lebensmitteln zugelassen. Da Benzoesäure an sich schlecht wasserlöslich ist, wird in der Praxis oft das besser wasserlösliche Natriumbenzoat (E211) verwendet. Benzoesäure greift in das Enzymgefüge der MO ein, woraus ein Teil der antimikrobiellen Wirkung resultiert. Es werden hauptsächlich Enzyme des Energiestoffwechsels, beispielsweise des Citratzyklus, des Essigsäurestoffwechsels oder der Atmungskette, gehemmt. Darüber hinaus wirkt sie über einen ähnlichen Mechanismus wie die Essigsäure. Das undissoziierte Molekül kann die Zellwand durchdringen. Dies bewirkt eine Erniedrigung des intrazellulären pH-Wertes, der zur Wachstumshemmung und Abtötung der MO führt. Da nur die undissoziierte Säure antimikrobiell wirksam ist, Benzoesäure jedoch eine relativ hohe Dissoziationskonstante aufweist, verliert sie, wie Tabelle 5 entnommen werden kann, mit steigenden pH-Werten an Wirkung (Zschaler 1976; Lück/Jäger 1995, 162ff.). Die Wirkung der Benzoesäure richtet sich hauptsächlich gegen Hefen und Schimmelpilze. Bakterien werden durch sie nur teilweise gehemmt (Zschaler 1976).

Tabelle 5: Abhängigkeit des Dissoziationsgrades von Sorbin-/Benzoessäure vom pH-Wert (nach Zschaler 1976)

pH- Wert	wirksamer/ undissoziierter Anteil an Sorbinsäure (%)	wirksamer/ undissoziierter Anteil an Benzoessäure (%)
3,8	90,2	71,0
4,0	85,2	60,7
4,2	78,5	49,4
4,4	69,7	38,1
4,6	59,2	28,0
4,8	47,8	19,7

Der Effekt von Sorbin- und Benzoessäure hängt nicht zuletzt von der Anzahl der im Lebensmittel enthaltenen MO ab. In keinem Fall kann durch sie, bei ordnungsgemäßer Anwendung, eine Sterilität des Lebensmittels erreicht werden. Sorbin- und Benzoessäure wirken in den nach der ZZulV zugelassenen Höchstmengen lediglich hemmend auf das Wachstum der MO, so dass lediglich ein Verzögern bzw. Hinhalten des Verderbs möglich ist (Lück/Jäger 1995, 163; Flückiger 1967).

Soll auf chemische Konservierungsmittel verzichtet werden, kann eine Konservierung auch durch Pasteurisierung oder Tiefkühlung erreicht werden. Bei der Tiefkühlung wird das Produkt unmittelbar nach der Herstellung auf -18°C abgekühlt. Durch die niedrige Temperatur wird jegliches Wachstum der MO unterbunden. Darüber hinaus laufen alle chemischen Reaktionen um ein Vielfaches langsamer ab. Auf diese Weise kann eine wesentlich längere Haltbarkeit erreicht werden, als es der Einsatz von chemischen Konservierungsstoffen ermöglicht. Voraussetzung für Tiefkühlfähigkeit von Mayonnaisen ist jedoch der Einsatz von speziellen Emulgatoren und Stabilisatoren, da es ansonsten zur Phasentrennung kommt. Auch die Pasteurisierung stellt spezielle Anforderungen an das Produkt. Durch kurzzeitiges Erhitzen auf $70-75^{\circ}\text{C}$ und aufgrund des geringen pH-Wertes werden die MO abgetötet. Auf diese Weise wird die Haltbarkeit verlängert, wobei Lagerung und Transport unter denselben Bedingungen erfolgen, wie sie bei chemisch konservierten Produkten üblich sind. Die verhältnismäßig hohen Temperaturen erfordern jedoch hitzestabile Emulgatoren, beispielsweise aus Hühnereieiweiß. Die Pasteurisierung von Mayonnaise, welche definitionsgemäß Eigelb enthält, ist daher problematisch (Flückiger 1967).

4.5.2 **Enzymatischer Verderb emulgierter Soßen**

Enzyme sind Proteine mit katalytischer Aktivität, welche biochemische Reaktionen ermöglichen bzw. deren Geschwindigkeit erhöhen. Sie kommen in allen pflanzlichen und tierischen Zellen vor und können Veränderungen der Farbe, des Geschmacks und des Geruchs verursachen. In Fett haltigen Lebensmitteln ist insbesondere der enzymatische Fettverderb von Bedeutung (Oetker 2004, 220ff., Flückiger 1967).

Enzymatische Fettveränderungen finden nur in wasserhaltigen Lebensmitteln statt, da enzymatische Reaktionen wie Desmolyse, Hydrolyse und Lipoxxygenase-Katalyse nur in Gegenwart von Wasser ablaufen. Besonders anfällig sind jene Lebensmittel, welche neben einem ausreichenden Wassergehalt auch andere Nährstoffe enthalten. Hierzu gehören neben Milchprodukten und Käse auch die Mayonnaise und andere emulgierte Soßen, insbesondere solche, welche stückige Bestandteile wie beispielsweise Frucht- oder Gemüsestückchen enthalten. Die für den Verderb verantwortlichen Enzyme können entweder von den zelleigenen Geweben der Inhaltsstoffe selbst stammen oder durch verschiedene MO, wie z.B. *Penicillium*arten, *Aspergillus*arten, Hefen und *Bacillus*arten, gebildet werden (Ternes 2008, 66). Lipasen katalysieren die Hydrolyse der emulgierten Fette und sind an der Grenzfläche zwischen Wasser- und Fettphase aktiv. Je größer die Grenzfläche, d.h. je kleiner die emulgierten Öltröpfchen sind, desto größer ist die Wirkung der Lipasen. Dabei werden unter Wasseranlagerung Fettsäuren vom Triacylglycerid abgespalten (Schwedt 2005, 68). Freie Fettsäuren können Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen verursachen. Jedoch sind hierfür hauptsächlich kurz- und mittelkettige Fettsäuren verantwortlich, welche in den bei der Herstellung emulgierter Soßen verwendeten Ölen praktisch nicht vorkommen. Langkettige Fettsäuren üben keinen negativen Einfluss auf den Geruch oder Geschmack aus. Freie Fettsäuren sind jedoch besonders anfällig für die Autoxidation (Ternes 2008, 66).

Der durch MO hervorgerufene enzymatische Verderb lässt sich durch eine möglichst geringe mikrobielle Belastung verringern. Enzyme, welche aus zelleigenen Geweben der Zutaten stammen, können durch Erhitzung denaturiert und inaktiviert werden (Flückiger 1967).

4.5.3 Verderb durch Autoxidation

Bei der Autoxidation handelt es sich um einen bei Zimmertemperatur selbständig ablaufenden Oxidationsprozess zwischen Luftsauerstoff und ungesättigten Fettsäuren. Äußerlich führt die Autoxidation zu einem ranzigen Geruch und Geschmack der Lebensmittel. Mit ihr geht aber auch der Abbau von essentiellen Fettsäuren und einiger fettlöslicher Vitamine einher. Die Autoxidation ungesättigter Fettsäuren verläuft als ein Radikalkettenmechanismus, dessen einzelne Schritte im Folgenden beschrieben werden (Ternes 2008, 58; Depree/Savage 2002).

Mayonnaise und emulgierte Soßen sind insbesondere aufgrund der großen Grenzfläche zwischen Fett- und sauerstoffreicher Wasserphase und ihrer relativ hohen Gehalte an ungesättigten Fettsäuren besonders anfällig für Autoxidation. Die ungesättigten Fettsäuren können aufgrund ihrer Doppelbindungen leichter durch den an der Reaktion beteiligten Sauerstoff angegriffen werden. Daher hat die Fettsäurezusammensetzung einen großen Einfluss auf die Oxidationsgeschwindigkeit (Schwedt 2005, 68; Depree/Savage 2002).

Die Autoxidation kann in vier Phasen unterteilt werden: 1. Induktionsphase, 2. Wachstumsphase, 3. Kettenverzweigung und 4. Termination. Die Reaktionsgeschwindigkeit ist Anfangs sehr gering, erfährt jedoch nach der Induktionsphase einen exponentiellen Anstieg.

Im ersten Schritt der Kettenreaktion bildet sich unter Zufuhr externer Energie, z.B. in Form von UV-Licht oder Wärme, ein freies Radikal, indem aus einer aktivierten CH_2 -Gruppe einer ungesättigten Fettsäure ein Wasserstoffatom abgespalten wird. So genannte Prooxidantien wie beispielsweise Schwermetallionen (Cu, Mn, Fe oder Co) können diese Reaktion katalysieren, indem sie die Lichtenergie des UV-Lichts aufnehmen und an die Fettsäuren weitergeben. Das Fettsäureradikal reagiert schließlich mit dem Sauerstoff zu einem Peroxidradikal (Hartmann/Hubig 1969; Ternes 2008, 58ff.).

Die Wachstumsphase wird eingeleitet, indem das Peroxidradikal ein Wasserstoffatom einer intakten ungesättigten Fettsäure aufnimmt und zu einem Monohydroperoxid stabilisiert wird. Die Fettsäure wird ihrerseits zu einem neuen Fettsäureradikal. Dieses reagiert erneut mit Sauerstoff zu einem Hydroperoxid und setzt damit die Kettenreaktion fort. Hydroperoxide weisen nur eine geringe Stabilität auf und zerfallen entsprechend leicht zu jeweils einem Lipid- und Peroxidradikal. Dadurch entstehen mit hoher Geschwindigkeit neue Radikale, so dass die Kettenreaktion in einem exponentiellen Verlauf fortgesetzt wird.

Die Hydroperoxide können nicht nur zur Bildung von weiteren Radikalen beitragen. Durch Isomerisierung oder Abbau der Hydroperoxide kann es auch zur Bildung von Ketonen, Aldehyden oder Säuren kommen (Kettenverzweigung). Erhöht sich die Konzentration an Fettsäure- und Peroxidradikalen, können diese auch direkt miteinander zu stabilen Verbindungen reagieren, was letztendlich zum Abbruch der Kettenreaktion (Termination) führt. Diese Verbindungen sowie Ketone, Aldehyde und Säuren führen zusammen zum Sauerwerden und zur Bildung verschiedener Off-Flavour, insbesondere des ranzigen Geschmacks (Depree/Savage 2002; Ternes 58ff.).

Die Geschwindigkeit des oxidativen Fettverderbs hängt von der Menge des vorhandenen Sauerstoffes, der Fettsäurezusammensetzung des Öles und den Lagerbedingungen, insbesondere der Temperatur und der Lichteinwirkung, ab. Auch die Größe der Öltröpfchen hat einen Einfluss auf die Autoxidation. Je geringer der Durchmesser der Tröpfchen ist, desto größer ist die Kontaktfläche zwischen den Phasen im Verhältnis zur Ölmenge. Die geringe Größe der Tröpfchen fördert daher zusätzlich die Autoxidation (Depree/Savage 2002; Flückiger 1967).

Da Sauerstoff an den meisten Oxidationsreaktionen beteiligt ist, wäre ein vollkommener Ausschluss des Sauerstoffes erstrebenswert. Aufgrund des Luftdruckes ist in Flüssigkeiten jedoch immer eine gewisse Menge gelöst. Darüber hinaus ist es äußerst aufwendig, jeglichen Sauerstoff aus den Rohstoffen zu entfernen und eine Sauerstoffberührung während des gesamten Produktionsprozesses zu unterbinden. Die durch die Rohstoffe und den Luftkontakt in das Endprodukt eingetragene Menge reicht bereits aus, um die Autoxidation in Gang zu setzen (Flückiger 1967). Außerdem kann es während des Emulgierprozesses und der Abfüllung, falls diese nicht unter Vakuum stattfinden, zur Bildung von Luftblasen kommen. Durch das erhöhte Sauerstoffangebot wird die Autoxidation zusätzlich gefördert (Müller 1985).

Auch während der Lagerung ist eine Migration von Sauerstoff durch die Verpackung möglich. Durch Verwendung sauerstoffdichter Verpackungen kann jedoch, nachdem der gelöste Sauerstoff verbraucht worden ist, eine weitere Autoxidation verhindert werden, indem kein weiterer Sauerstoff aus der Atmosphäre in das Produkt eindringen kann. Zusätzlich sollte die Verpackung das Produkt vor Lichteinwirkung schützen. Eine Kühlagerung im Dunkeln trägt daher zu einer längeren Haltbarkeit bei. Da Schwermetallspuren die Oxidation beschleunigen können, sollte das Produkt während der Produktion und der Lagerung möglichst wenig in Kontakt mit derartigen Materialien

kommen. Für die Produktion und Lagerung kommen daher nur Apparate und Lagerbehälter aus Werkstoffen wie rostfreiem Edelstahl, Glas, Keramik oder Kunststoff zum Einsatz (Hartmann/Hubig 1969; Flückiger 1967).

Die Autoxidation kann durch so genannte Antioxidantien verzögert werden. Antioxidantien sind Stoffe, welche die Induktionsphase der Autoxidation, also die Zeitspanne, bis es zu einem exponentiellen Anstieg von Oxidationsprodukten kommt, verlängern (Ternes 2008, 67ff.). Zu den wichtigsten Antioxidantien zählen die in Pflanzenölen natürlich vorkommenden fettlöslichen Tocopherole und Tocotrienole, welche unter der Bezeichnung Vitamin E zusammengefasst werden. Sie sind in der Lage, freie Radikale durch Abgabe eines Wasserstoffatoms zu neutralisieren und damit vor allem die ungesättigten Fettsäuren vor einer Oxidation zu schützen. Durch die Abgabe eines Wasserstoffatoms werden sie selber zu einem Radikal, welches jedoch aufgrund ihrer chemischen Struktur mesomeriestabilisiert ist. Daraus resultiert die notwendige Reaktionsträgheit, damit die Kettenreaktion nicht fortgeführt wird. Tocopherole und Tocotrienole werden nur im pflanzlichen Organismus synthetisiert und sind für die Haltbarkeit von Pflanzenölen ein wichtiger Faktor (Bässler et al 2002, 391ff.). Soja- und Sonnenblumenöl weisen einen Gesamtocopherolgehalt von ca. 59,5mg je 100g auf. Rapsöl enthält lediglich ca. 22,8g Tocopherol je 100g, wobei es auch lediglich 32% mehrfach ungesättigte Fettsäuren enthält und damit weniger anfällig gegen Autoxidation ist (Fiebig/Weber 2006, 49ff.; Kerschbaum/Schweiger 2001).

Des Weiteren darf emulgierten Soßen der Komplexbildner Calcium-Dinatrium-EDTA (E385) zugesetzt werden (max. 75mg/kg). Er bildet mit Schwermetallionen sehr feste Komplexe, so dass diese ihre prooxidativen Eigenschaften verlieren. Auf diese Weise unterstützt Calcium-Dinatrium-EDTA die Wirkung der Antioxidantien und verhindert Farb- und Geschmacksveränderungen. Darüber hinaus besitzt es eine geringe Wirkung gegenüber MO, da es die für Bakterien notwendigen Metallionen bindet (Belitz 2001, 449).

4.5.4 Verderb durch Säurehydrolyse

Unter dem chemischen Verderb wird hauptsächlich der Verderb durch Säurehydrolyse verstanden. Die in emulgierten Soßen enthaltene Essigsäure kann in Anwesenheit von Wasser die enthaltenen Kohlenhydrate, Proteine und Fette zu niedermolekularen Einheiten abbauen. Diese Reaktion wird als hydrolytische Spaltung bezeichnet. Der Abbau der

Kohlenhydrate, welche vor allem niedrigprozentigen Mayonnaisen als Dickungsmittel zugesetzt werden, und der Proteine, welche in Form von Emulgatoren wesentlich zur Emulsionsbildung und -stabilität beitragen, kann eine allmähliche Konsistenzminderung bewirken. Auch die Triacylglyceride können durch die Säuren hydrolysiert werden. Es entstehen, ähnlich wie bei dem enzymatischen Verderb, freie Fettsäuren, welche besonders anfällig für die Autoxidation sind (Flückiger 1967; Philipp 1984).

4.5.5 Physikalisch-mechanischer Verderb

Unter dem physikalisch-mechanischen Verderb wird die Phasentrennung der O/W-Emulsion aufgrund des pH-Wertes, der Temperatur oder mechanischen Belastungen verstanden.

Bei der Verwendung von Emulgatoren, deren isoelektrischer Punkt nahe dem pH-Bereich des Produktes (4,0-4,4) liegt, können diese ihre emulgierende Wirkung nicht entfalten, so dass es zu einer Trennung der Phasen kommen kann. Auch nicht vollständig hydratisierte Stabilisatoren können eine Reduzierung der Viskosität und eine anschließende Phasentrennung verursachen (Philipp 1984).

Die Stabilität hängt auch von der Größenverteilung der Öltröpfchen ab. Stabile Emulsionen weisen gleichmäßig große Öltröpfchen mit Durchmessern zwischen 1µm und 10µm auf, während instabile Emulsionen aus teils deformierten Öltröpfchen sehr unterschiedlicher Größe bestehen. Diese neigen bei Temperaturschwankungen und mechanischer Belastung leicht zur Ölabscheidung. Auch fein verteilte Lufteinschlüsse können zu Wasserabscheidungen führen. Durch Erschütterungen, z.B. beim Transport, werden die Luftblasen aus der Emulsion entfernt und das an ihrer Oberfläche haftende Wasser abgeschieden (Flückiger 1967). Auch extreme Temperaturen, wie sie beispielsweise beim Sterilisieren oder Tiefgefrieren eingesetzt werden, können zu einem Bruch der Emulsion führen. Durch die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Wasser und Öl treten Spannungen auf. Nur durch den Einsatz spezieller Emulgatoren und Stabilisatoren können die auftretenden Spannungen kompensiert und ein Bruch der Emulsion verhindert werden (Philipp, 1984).

5 Nichtemulgierte Würzsoßen

Nichtemulgierte Würzsoßen sind Soßen, deren Grundlage so genannte Suspensionen bilden. Eine Suspension ist ein Stoffgemisch aus einer Flüssigkeit und darin fein verteilten Feststoffen, welche durch chemische Wechselwirkungen in Schwebelage gehalten werden (Ternes 2008, 404).

Die Konsistenz nichtemulgierter Würzsoßen variiert zwischen dünnflüssig bis pastenförmig. Würzsoßen bestehen aus zerkleinerten und / oder flüssigen Zutaten mit ausgeprägt würzigem Geschmack. Als aromawirksame Bestandteile kommen zahlreiche Ingredienzien wie beispielsweise Tomatenkonzentrat, Tamarindenmus, Gewürz-, Pilz-, Malz-, Hefe-, Walnuss- und Fleischextrakte, Kräuter, Gewürze, Gemüseauszüge, Senfmehl, Zitrusfrüchte, Obst bzw. Obstgelee, Essig, naturidentische Aromastoffe sowie Zucker in Frage. Der Zusatz von Dickenmitteln und Stabilisatoren ist gebräuchlich, um die jeweils gewünschte Konsistenz und Stabilität der Soße zu erreichen. Die Verkehrsbezeichnung richtet sich in der Regel nach ihrem Verwendungszweck, ihrer Herkunft oder der Art der Soße. Gebräuchliche Bezeichnungen sind z.B. Barbecue-, Grill-, Steak-, Worcester-, Cumberland-, Zigeuner-, Pfeffer-, Soja- oder Schaschliksoße. Zu den bekanntesten nichtemulgierten Würzsoßen gehören vor allem die Tomaten-, Gewürz- und Spezialketchups wie z.B. Curry-, Schaschlik- oder Hot-Ketchup (Täufel et al 2005, 2077ff.; Oetker 2004, 886).

Mit einem Anteil von über 25% am Gesamtumsatz des Feinkostmarktes (ohne Feinkostsalate) zählen die Ketchupsoßen zu den wichtigsten Feinkostprodukten (GfK 2008). Daher werden in den folgenden Abschnitten Anforderungen an Ketchupsoßen sowie deren Herstellung, Rohstoffe und Verderb näher erläutert.

5.1 Struktur und Aufbau nichtemulgierter Soßen

Nichtemulgierte Soßen stellen im weiten Sinne Dispersionen dar, also die feine Verteilung eines Stoffes (innere Phase) in einer kontinuierlichen äußeren Phase. Im Gegensatz zu den emulgierten Soßen, handelt es sich bei den nichtemulgierten Würzsoßen jedoch um so genannte Suspensionen. Bei einer Suspension handelt es sich zwar auch um ein disperses System, sie verfügt jedoch lediglich über eine flüssige, äußere Phase. Die wässrige

kontinuierliche Phase wird teils durch das in den Zutaten enthaltene Wasser und teils aus dem zugesetzten Wasser und Essig gebildet. Die innere, disperse Phase besteht aus Feststoffteilchen. Diese oft hochmolekularen Verbindungen wie z.B. Stärken, Zellbruchstücke, ganze Zellen oder Frucht- und Gemüsestückchen liegen in der wässrigen Phase fein verteilt vor. Dabei hängt die Stabilität der Suspension maßgeblich von der Viskosität der kontinuierlichen Phase sowie den Wechselwirkungen in der Grenzschicht zwischen disperser und kontinuierlicher Phase ab. Bildet beispielsweise ein suspendiertes Stärkemolekül Bindungen zur kontinuierlichen Phase aus, so wird die Suspension durch diese Wechselwirkungen stabilisiert. Damit eine Sedimentation der Feststoffpartikel unterbleibt, muss ein Gleichgewicht zwischen Strömungs- und Schwerkraft bestehen (Ternes 2008, 404; Kunz 1993, 274). Produkte, die auf Basis von Tomaten verarbeitet werden, stellen beispielsweise eine Suspension aus Fasermaterialien und Carotinpigmenten in einer wässrigen äußeren Phase dar. Ebenfalls sind in Tomatenprodukten Pektine in unterschiedlichen Konzentrationen enthalten, welche als natürliche Stabilisatoren fungieren. Sie verhindern die Bildung von Faserklumpen oder Agglomeraten und verzögern die Phasentrennung. Sie entfalten jedoch erst nach einer thermischen Behandlung, dem so genannten Hot-Break-Verfahren, ihre Wirkung, da erst danach Pektin in gelierter Form vorliegt (Eyring 1990; GEA 2008).

5.2 Tomaten- und Gewürzketchups

Ketchup ist die allgemeine Bezeichnung für meist flüssige, mit Salz, Gewürzen und anderen würzenden Zutaten versehene pikante Würzsoßen. Es existiert eine große Anzahl verschiedenster Varianten. Sie werden kalt oder heiß zu den verschiedensten Speisen, insbesondere zu Fleisch, Fisch, Käse, Eierspeisen, Reis-, Nudel- und Kartoffelgerichten, serviert (Oetker 2004, 423ff.). In der Gruppe der „roten Soßen“ finden sich teils gießfähige, teils gelierte und meist ölfreie Würzsoßen. Zu den bekanntesten und in Europa verbreitetsten Varianten gehören die Tomaten-, Curry- und Gewürzketchups. Aber auch die Grill-, Barbecue-, Zigeuner- oder Schaschliksoße gehören zu dieser Warengruppe.

Die Soßen werden im Allgemeinen aus Tomatenmark und / oder dem Saft frischer Tomaten hergestellt. Weitere gängige Zutaten sind Zwiebeln, Zucker und / oder Süßungsmittel, Essig, Paprika, Gurken, Kochsalz, Gewürze sowie weitere würzende Zutaten, die in Abhängigkeit von der Ketchupsorte variieren. So werden in Fruchtketchups

mitunter auch Pilze, Walnüsse und verschiedene Früchte verarbeitet. Durch die Zugabe von Dickungsmitteln kann die gewünschte Konsistenz eingestellt werden (Oetker 2004, 423ff.; Philipp 1985[2]; Täufel et al 2005, 944).

Erst vor rund 50 Jahren wurde Ketchup erstmals im deutschen Handel angeboten. Der Ursprung des heute bekannten Tomatenketchups kann jedoch nicht sicher genannt werden. Es wird angenommen, dass sich der Begriff Ketchup von einer pikanten Fischsoße aus China Namens „kê-tsiap“ ableitet, welche im 18. Jahrhundert von britischen Seefahrern nach Europa und von dort nach Amerika gebracht wurde. Bei dieser Fischtunke handelte es sich weniger um das heute bekannte Tomatenketchup, sondern vielmehr um eine fermentierte Fisch- und Sojasoße. Diese Beschreibung würde auch mit den ersten Ketchuprezepten in englischen Kochbüchern übereinstimmen, welche eher den Rezepten einer Fischsoße glichen (Lück 2003; Smith 2001; 3ff.).

Der englische Botaniker und Schriftsteller Richard Bradley veröffentlichte 1732 ein Ketchuprezept, dessen wichtigste Zutat Kidneybohnen waren (vermutlich als Ersatz für die in Europa noch weitestgehend unbekannten Sojabohnen). Die Konsistenz dieser Würzsoße war eher pastenartig, konnte jedoch durch die Zugabe von Wasser nach belieben variiert werden. Um einen milderer Geschmack zu erreichen, fügten die Europäer schließlich Zucker, Pilze und zahlreiche weitere Ingredienzien hinzu. Erst als die Tomate in Nordamerika angebaut wurde, entstanden die ersten Ketchups auf Tomatenbasis. Im Jahr 1812 erschien in den USA das erste Ketchuprezept auf der Grundlage pürrierter Tomaten, welches wahrscheinlich an die Rezepte italienischer Tomatensaucen angelehnt war. Durch den Zusatz von Essig konnte jedoch eine längere Haltbarkeit erreicht werden (Smith 2001, 3ff.).

Bereits in den 1830er Jahren wurde Ketchup als fertige Soße im Handel angeboten, deren Rezepturen vorwiegend auf Pilzen, Fisch, Muscheln oder Walnußmus basierten. Ab 1837 musste Tomatenketchup in Großbritannien als „Tomato-Chutney“ angeboten werden, damit es von den auf Pilzen basierenden Ketchups unterschieden werden konnten.

Der Beginn der industriellen Tomatenketchupproduktion wurde Mitte des 19. Jahrhunderts durch den amerikanischen Fabrikanten Jonas Yerkes eingeleitet. Begünstigt wurde die industrielle Herstellung durch die Kopplung der Tomatenkonserven- und der Ketchupproduktion (Lück 2003, Smith 2001, 3ff.).

In Deutschland kam Tomatenketchup erst in den 1950er Jahren in den Handel. Anfangs wurde es ausschließlich aus den USA, später auch aus Großbritannien und Italien

importiert. Im Jahr 1958 betrug der Verbrauch an Tomatenketchup in Deutschland 980t. Heute werden pro Jahr mehr als 100.000t Tomaten-, Curry- und andere Ketchupzeugnisse verkauft, wobei die deutsche Produktion von Ketchupzeugnissen den Verbrauch sogar noch übertrifft. Im Jahr 2007 wurden in Deutschland ca. 206.473t Tomatenketchup und andere Soßen auf Tomatenbasis produziert. Von zehn verkauften Flaschen befindet sich in sieben Flaschen Tomatenketchup, zwei enthalten Curryketchup und der Rest entfällt auf andere Spezial-Ketchupzeugnisse (Lück 2003; Statistischen Bundesamt 2008).

5.2.1 Begriffsbestimmung Tomatenketchup

Tomatenketchup ist eine Würzsoße und wird aus Tomatenmark und / oder dem Saft reifer Tomaten roter bzw. rötlicher Sorten ohne Kerne und Schalen hergestellt. Weitere gängige Zutaten sind Zucker bzw. Süßungsmitteln, Essig, Kochsalz, Gewürze, Zwiebeln oder Knoblauch. Um die gewünschte Konsistenz zu erhalten, kann Tomatenketchup durch Wasserentzug konzentriert oder mittels Dickungsmitteln angedickt werden. Der Gehalt an Tomatentrockensubstanz muss heute mindestens 6% betragen (Oetker 2004, 815; Weber 2007).

Wie auch bei der Mayonnaise, existiert keine vom Gesetzgeber vorgegebene Definition des Begriffes Tomatenketchup in Form von Leitsätzen, Verordnungen o.ä.. Bereits 1967 beschrieb Dr. K.H. Schlegel in einem Artikel der Zeitschrift „Feinkostwirtschaft“ die Problematik der fehlenden einheitlichen Spezifikationen des damals neuartigen Lebensmittels. Er kam zu dem Schluss, dass aufgrund der fehlenden Bestimmungen für das Produkt und der sich noch in der Entwicklung befindenden Verbrauchererwartung es allein in der Verantwortung der Hersteller liegt, Mindestanforderungen zu definieren und für eine angemessene Produktqualität zu sorgen (Schlegel 1967). Insbesondere herrschte Uneinigkeit, ob ein Hersteller dazu verpflichtet ist auf dem Etikett anzugeben, dass das Tomatenketchup durch Beigabe anderer Früchte oder Gemüse gestreckt wurde (Schlegel 1967; Lehmann, 1967).

Daher befasste sich der Bundesverband der Deutschen Feinkostindustrie im Jahr 1971 mit der Festlegung von Mindestanforderungen für Tomatenketchup mit dem Ziel, durch die Festlegung von Mindestanforderungen einen fairen Wettbewerb zu gewährleisten und für eine Information des Verbrauchers zu sorgen. Im Jahr 1980 wurde schließlich die

überarbeitete „Richtlinie für Tomatenketchup“ veröffentlicht, welche für Tomatenketchup einen Mindestgehalt an Tomatentrockensubstanz von 7% festlegte (Mürau 1980).

Mit der Einführung des gemeinsamen europäischen Binnenmarktes im Jahr 1993 und dem damit einhergehenden freien Warenverkehr wurde es notwendig, einheitliche, allgemein anerkannte Mindestanforderungen für Tomatenketchup zu definieren.

Im Jahr 1999 wurde die FIC Europe (Federation of the Condiment and Sauce Industries) durch den Zusammenschluss der Branchenverbände für Feinkostsoßen (CIMSCEE), Senf (CIMCEE) und Sauerkonserven (AIFLV) gegründet, welcher als internationaler Verband die Interessen der Hersteller von Feinkosterzeugnissen vertritt (Weber, 2007). Nicht zuletzt aufgrund der guten Erfahrungen, welche bereits mit den Code of Practice für Mayonnaise, Senf sowie Obst und Gemüse in Essig gemacht wurden, hat die FIC Europe im Jahr 2005 die „Europäischen Beurteilungsmerkmale für Tomatenketchup – Code of Practice“ verabschiedet (Weber 2008, 3). Das Ziel der europäischen Beurteilungsmerkmale ist es, Tomatenketchup, eines der wichtigsten Produkte der Feinkostindustrie, zu beschreiben und die wichtigsten qualitativen Eigenschaften festzulegen. Auf diese Weise soll die Markttransparenz erhöht und der Schutz des Verbrauchers verbessert werden. Gleichzeitig sollen sie dazu beitragen, die Entwicklung des gemeinsamen europäischen Marktes voranzutreiben und einen fairen internationalen Wettbewerb zu ermöglichen (Weber 2007).

Der Code of Practice definiert Tomatenketchup als eine „homogene Würzsoße, die entweder aus einwandfreien, gesunden, reifen Tomaten (*Lycopersicum esculentum*) ohne Schalen und Kerne oder aus Tomatenerzeugnissen einschließlich Tomatenkonzentrat unter Zusatz von Essig, Zuckern, Salz und würzenden Zutaten oder deren Extrakten wie Zwiebeln, Gewürze und zulässige Zusatzstoffe hergestellt wird.“ Der Mindestgehalt an Tomatentrockenmasse muss mindestens 6% betragen (Weber 2007). Als Gewürze werden häufig Pfeffer, Paprika, Muskatnuss, Nelken, Piment, Ingwer und Zimt verwendet. Daneben werden dem Ketchup häufig Zwiebeln oder Knoblauch als würzende Zutaten hinzugefügt. Die Verwendung natürlicher Aromastoffe ist üblich. Sie bedürfen keiner Zulassung und werden den Gewürzen zugeordnet (Benk 1986; Gerhardt 1994, 432). Hingegen sind künstliche Aromastoffe nach Anlage 6 der Aromaverordnung für Würzsoßen und Tomatenketchup nicht zugelassen (AromV 2008). Als weitere geschmacksbeeinflussende Zutaten werden zum Teil auch so genannte Geschmacksverstärker verwendet, welche im weiteren Sinne als würzende Zutaten

angesehen werden (Benk 1986). Für Lebensmittel allgemein zugelassen sind verschiedene Aminosäuren sowie ihre Natrium- und Kaliumverbindungen bzw. die Hydrochloride dieser Aminosäuren, welche unter der E-Nummer E640 zusammengefasst sind. Ihre Höchstmenge im verzehrsfertigen Lebensmittel darf insgesamt max. 500mg/kg bzw. als Einzelsubstanz 300mg/kg betragen (AromV 2008). Zu den gängigsten Geschmacksverstärkern zählt z.B. Natriumglutamat, das Natriumsalz der Glutaminsäure. Gesüßt wird Tomatenketchup in der Regel mit Saccharose, einer Mischung aus Saccharose und anderen Zuckern oder mit anhand von Süßstoff gesüßtem Essig (Lück 2003; Benk 1986).

Eine Streckung des Ketchups durch andere als in der Definition angegebene Früchte und Gemüse ist nicht erlaubt. Der verwendete Essig muss die Anforderungen der DIN EN 13188 (s. Kapitel 5.4.3) erfüllen (Weber 2007). Tomatenketchup darf neben Essig als Säuerungsmittel außerdem Zitronensäure enthalten. Diese muss im Zutatenverzeichnis angegeben werden, stellt jedoch im Sinne der ZZuV keinen Zusatzstoff dar und ist daher nicht zulassungsbedürftig. Als Säureregulatoren, welche ebenfalls im Zutatenverzeichnis angegeben werden müssen, dienen in der Regel die Natrium- und Calciumsalze von Essig-, Milch- oder Zitronensäure. Diese Stoffe sind gemäß der ZZuV für Lebensmittel allgemein zugelassen (ZZuV 2007, Benk 1986). Die Verwendung von Farbstoffzusätzen ist für Soßen auf Tomatenbasis gemäß der EG- Richtlinie 94/36/EG jedoch untersagt (EG- Richtlinie 94/36/EG 1994). Die Verwendung von Zusatzstoffen wie beispielsweise Dickungsmitteln, Stabilisatoren oder Konservierungstoffen ist erlaubt, sofern diese in den Richtlinien des Europäischen Parlamentes zugelassen sind. In der Regel kann jedoch aufgrund des relativ hohen Essiganteils auf Konservierungstoffe verzichtet werden. Als Verdickungsmittel werden, sofern notwendig, üblicherweise Johannisbrotkernmehl, Tragant oder modifizierte Stärken verwendet (Benk 1986).

Die Kennzeichnung erfolgt gemäß der LMKV (s. Kapitel 3). Die Angabe des Tomatengehaltes ist möglich, jedoch stellt sich das Problem, dass bei der Herstellung in der Regel Tomatenkonzentrat verwendet wird. Der Gehalt an frischen Tomaten je 1kg Tomatenkonzentrat kann je nach Herkunft, Klima, Erntejahr oder Tomatensorte variieren. Um es den Verbrauchern zu ermöglichen, die unterschiedlichen Tomatengehalte in den Produkten miteinander zu vergleichen, bietet sich eine Umrechnung auf den Anteil frischer Tomaten anhand vorgegebener Umrechnungsfaktoren an (s. Tabelle 6). Diese Umrechnungsfaktoren werden auch im Code of Practice genannt, damit eine einheitliche

Grundlage für die freiwillige Angabe des Anteils „frischer Tomaten“ gewährleistet ist. Dabei wird von einem durchschnittlichen Trockenmassegehalt von 5g je 100g frischer Tomaten ausgegangen. Zweifach konzentriertes Tomatenmark (28-30%) enthält je 100g ca. 28g Trockenmasse, was einem Frischgewicht von 560g entspricht. Der Mindestgehalt an Tomatentrockenmasse von 6% kann beispielsweise durch die Verwendung von 21,5kg doppelt konzentriertem Tomatenmark je 100kg Tomatenketchup erreicht werden. Der Tomatenmarkanteil liegt jedoch häufig bei 35% und mehr (Mürau 1980; Lück 2003; Weber 2007).

Tabelle 6: Umrechnungsfaktoren zur Ermittlung des Anteils frischer Tomaten in konzentriertem Tomatenmark (Weber 2007)

Angabe des Tomatengehaltes		Umrechnungsfaktor (bei 5g Trockenmasse in 100g Tomaten)
100g Tomatenmark 28/30 (zweifach konzentriert) enthalten	28g Trockenmasse	5,6
100g Tomatenmark 36 (dreifach konzentriert) enthalten	36g Trockenmasse	7,2

5.2.2 Begriffsbestimmung Curry- und Gewürzketchup

Curryketchup wird auf der Basis von Tomatenketchup hergestellt, wobei der Tomatenmarkanteil in der Regel niedriger als bei Tomatenketchup ist. Neben der Currymischung werden üblicherweise noch weitere Würzmittel wie z.B. Worcestersoße zugesetzt. Im Vergleich zum klassischen Tomatenketchup weisen Curryketchups eine rötlich-braune Färbung auf (Lück 2003; Oetker 2004, 170).

Gewürzketchups unterscheiden sich dagegen wesentlich von Tomatenketchup. Unter dem Begriff Gewürzketchup werden alle Variationen von Ketchups zusammengefasst, deren Zutaten über den normalen Tomatenketchup hinausgehen. In der Regel enthalten Gewürzketchups Tomatenmark oder -saft, Gewürze, Essig und, je nach Sorte, Zutaten wie Gurken, Zwiebeln, Knoblauch, Paprika, Chilischoten sowie weitere würzende Zutaten für die unterschiedlichen Geschmacksrichtungen (z.B. Schaschlik). Die entsprechenden Sorten werden im Handel beispielsweise als Barbecueketchup, Knoblauchketchup, Hot-Chili-Soße, Steak-Soße oder Zigeunersoße angeboten (Lück 2003; Oetker 2004, 317).

Die im Code of Practice definierte Zusammensetzung und die dort beschriebenen qualitätsbestimmenden Merkmale beziehen sich lediglich auf das Tomatenketchup. Für die sonst zahlreichen anderen Ketchup-Variationen fehlen entsprechende Richtlinien. Sie unterliegen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung den allgemeinen lebensmittelrechtlichen Bestimmungen. Ein Mindestanteil an Tomaten ist entsprechend nicht vorgeschrieben. Der Tomatengehalt von Curry- oder Gewürzketchup und anderen Ketchupsoßen ist im Vergleich zu klassischem Tomatenketchup meistens sehr viel geringer. Darüber hinaus werden den Curry- und Gewürzketchups üblicherweise Dickungsmittel zugesetzt, um die gewünschte Konsistenz zu erhalten (Lück 2003; Philipp 1985[2]).

Neben den roten Ketchups sind im Handel auch grüne Ketchupsoßen zu finden. Verwendet werden jedoch auch hier rote Tomaten. Die grüne Farbe resultiert lediglich aus dem Zusatz von Lebensmittelfarbe. Da der Code of Practice für Tomatenketchup die Verwendung von Farbstoffzusätzen untersagt, werden auch diese Soßen als Gewürzketchup deklariert (Lück 2003; Weber 2007; EG-Richtlinie 94/36/EG 1994). Es ist jedoch auch möglich, auf den Tomatenanteil gänzlich zu verzichten. So können Ananas-, Auberginen-, Bananen-, Gelber Curry-, Grüner- oder Pilzketchups anstelle von Tomaten die namengebenden Zutaten sowie andere Gemüse oder Obst enthalten (Benk 1986).

5.3 Herstellung von Tomatenketchup und Ketchuperzeugnissen

Da es sich bei Ketchupsoßen um Suspensionen handelt, das heißt um eine Verteilung fester Stoffe in einer wässrigen Phase, müssen die Soßen eine stabile Konsistenz aufweisen, um eine Sedimentation zu vermeiden. Die Konsistenz wird maßgeblich durch den Herstellungsprozess beeinflusst. Daneben kann die Art des Herstellungsprozesses zu einer längeren Haltbarkeit der Soßen beitragen, indem mikrobielle Belastungen sowie der Eintrag von Luftsauerstoff in die Soßen vermieden werden (Philipp 1985[2]).

Voraussetzung für eine stabile Konsistenz der Ketchupprodukte ist die Kombination aus der Verwendung qualitativ hochwertiger Rohstoffe und dem Einsatz geeigneter Misch-, Homogenisier- und Rührmaschinen. Die große Anzahl verschiedener Ingredienzien und deren unterschiedliche Eigenschaften erfordern eine sehr gründliche Homogenisierung, um ein späteres Entmischen zu verhindern. Gegebenenfalls kann die Konsistenz durch Zugabe von Verdickungsmitteln und Stabilisatoren (s. Kapitel 4.4.3) zusätzlich erhöht werden (Philipp 1985[2]).

Grundsätzlich finden für die Herstellung von Ketchupsoßen die gleichen Maschinen Verwendung, welche auch bei der Produktion emulgierter Soßen genutzt werden. Die Feinstverteilung der Feststoffe in der Suspension erfolgt hauptsächlich durch den Einsatz von Zahnkranzdispergiermaschinen oder Kolloidmühlen, deren Aufbau und Funktion bereits in Kapitel 4.3 (Herstellung von Mayonnaise und emulgierter Soßen) beschrieben wurde. Darüber hinaus werden bei der Produktion nichtemulgierter Soßen auch so genannte Hochdruckhomogenisatoren eingesetzt. Das Funktionsprinzip von Hochdruckhomogenisatoren beruht auf den auf einen Stoff wirkenden Scher- und Gravitationskräften, wenn dieser plötzlich aus einem gespannten in einen entspannten Zustand überführt wird.

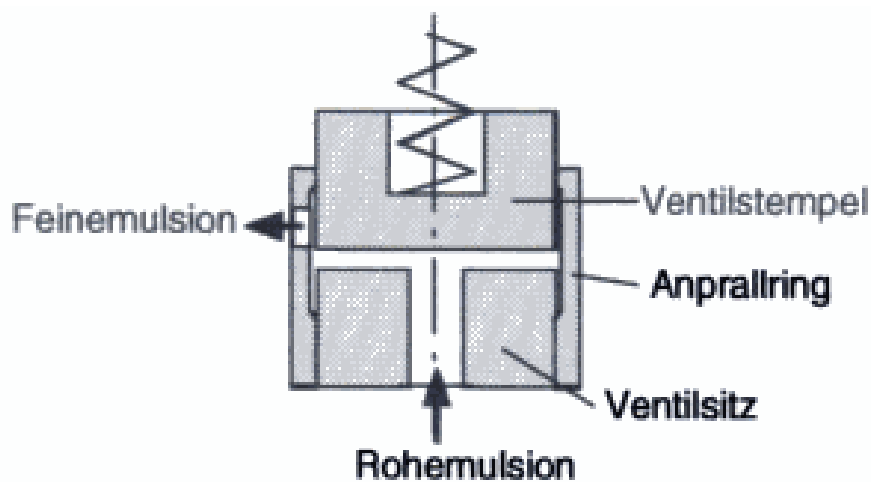


Bild 9: Aufbau eines Homogenisierventils (Schubert 2005, 345)

Der Hochdruckhomogenisator besteht aus einer oder mehreren Hochdruckkolbenpumpe(n) mit nachgeschaltetem Homogenisierventil. Das Produkt wird durch die Kolbenpumpen auf einen am Homogenisierventil einstellbaren Druck verdichtet. Das Ventil selbst setzt sich aus einer feststehenden Ventilplatte und einem einstellbarem Ventilstempel zusammen. Durch die Krafteinwirkung der strömenden Masse auf den Ventilstempel öffnet sich der Homogenisierspalt (Jahnke 2008; Kunz 1993, 121). Unmittelbar nach Passieren des Homogenisierspaltes entspannt sich das Produkt schlagartig. Als Folge dieser Energieumsetzung treten Scher- und Gravitationskräfte auf, welche eine Teilchenzerkleinerung und eine starke Durchmischung der Masse bewirken (Schubert 2005, 343ff.). Darüber hinaus trägt die Hochdruckhomogenisierung zu einer Erhöhung der Wasserbindungsfähigkeit der im Produkt enthaltenen Pflanzenfasern und damit zu einer

Stabilisierung des Verteilungszustandes bei. In der Einlaufzone erfährt das Produkt durch die Umwandlung potentieller Druckenergie in kinetische Energie eine starke Beschleunigung bei gleichzeitiger Absenkung des statischen Drucks. Im Ventilsplatt erreicht der statische Druck den Dampfdruck des Wassers, wodurch an den in den Fasern reichlich vorhandenen Kavitationskeimen Dampfblasen entstehen. Die Blasenbildung führt zu einer Öffnung der Faserenden. Die aufgeweiteten Faserenden sind in der Lage, eine größere Menge Wasser zu binden und dadurch die Viskosität zu erhöhen, so dass u.U. auf den Einsatz von zusätzlichen Dickungsmitteln verzichtet werden kann (Jahnke 2008).

Prinzipiell wird zwischen der Kalt- und der Heißherstellung unterschieden. Der Aufbau der Ketchupsuspension verläuft jedoch bei beiden Verfahren in ähnlicher Weise.

Die meist diskontinuierlich ablaufende Kaltherstellung erfolgt in der Regel in mit einem Rührwerk ausgestatteten Mischbehälter, an welchem der Homogenisator und eine Vakuumeinheit angeschlossen sind. Über die Vakuumeinheit werden die Zutaten in den Mischbehälter gesogen (Tetrapak 2004; Romaco 2008[2]). Zudem verhindert sie die Schaumbildung und einen unerwünschten Lufteintrag, wodurch eine bessere Dispergierbarkeit der Rohstoffe sowie eine längere Stabilität und Haltbarkeit des Endproduktes erreicht wird (Philipp 1985[2]). Zuerst wird im Mischbehälter das Wasser bzw. der Essig mit dem Zucker bzw. den Süßungsmitteln vermischt. Anschließend erfolgt die Zugabe der Dickungsmittel, welche häufig in Form von Fertigmischung aus Zucker, Salz, Gewürzen, modifizierter Stärke, Natriumglutamat und verschiedenen Dickungsmitteln zugesetzt werden. Die Zutaten werden in den Homogenisator eingezogen und dispergiert. Über eine Rezirkulationsleitung gelangt das Produkt wieder in den Behälterinnenraum. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis die Quellung der Dickungsmittel abgeschlossen ist. Erst dann erfolgt die Zugabe der pastösen Zutaten wie Tomaten- oder Fruchtmark, wobei meist pasteurisierte Produkte verwendet werden. Nach einer weiteren Durchmischung im Homogenisator ist die Ketchupsoße fertig zur Abfüllung. Da bei der Kaltherstellung auf eine Erhitzung des Produkts völlig verzichtet wird, werden kalt hergestellten Ketchups in der Regel Sorbin- und Benzoesäure als Konservierungsstoffe zugesetzt (Philipp 1985[2]; Baumgart 2004, 511).

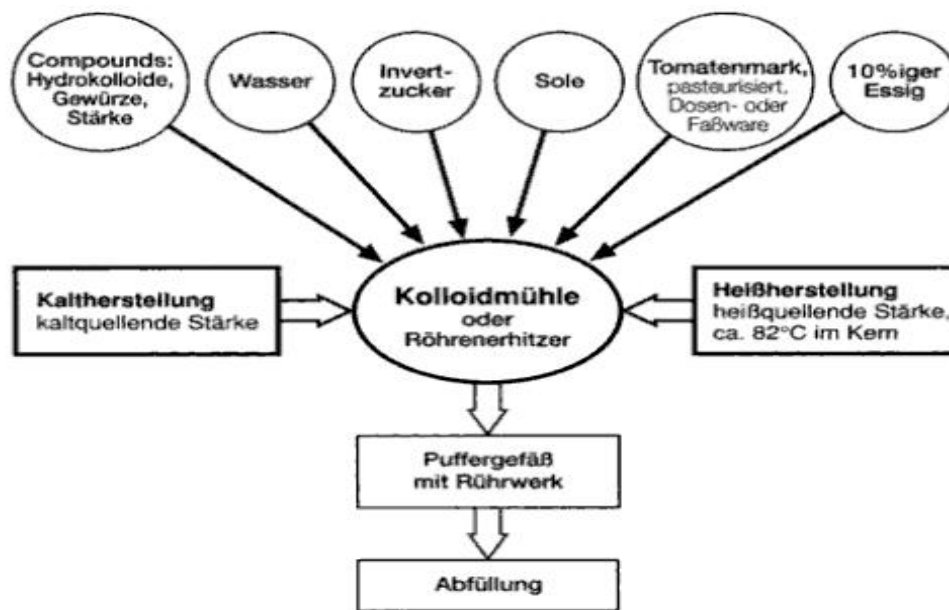


Bild 10: Herstellung von Ketchup (Baumgart 2004, 512)

Die Heißherstellung kann sowohl kontinuierlich als auch diskontinuierlich im Batchverfahren erfolgen. Bei der diskontinuierlichen Herstellung erfolgt die Aufbereitung des Kulis auf gleiche Weise wie bei der Kaltherstellung. Jedoch quellen die bei der Heißherstellung verwendeten Dickungsmittel erst bei Temperaturen zwischen 82°C und 95°C. Die Erhitzung des Stärkekulis erfolgt, je nach Anlagentyp, direkt im beheizten Mischbehälter oder mittels externer Platten- bzw. Röhrenwärmetauscher. Das Tomatenmark oder andere Frucht- bzw. Gewürzpasten, zerkleinerte Zwiebeln, Knoblauch und Gewürze werden zusammen mit dem Essig vermischt und dem Kuli erst zugesetzt, nachdem die Dickungsmittel vollständig gequollen sind. Die späte Zugabe erfolgt, damit die Geschmacksstoffe der würzenden Zutaten und des Essigs möglichst weitgehend erhalten bleiben. Dementsprechend sollte die Temperatur während des weiteren Herstellungsprozesses unterhalb von 85°C liegen, da es andernfalls zu Aromaverlusten, Verfärbungen oder dem Auftreten eines Kochgeschmackes kommen kann. Im Homogenisator werden die Zutaten schließlich zu einer homogenen Suspension verarbeitet. Über die Rezirkulationsleitung kann die Suspension so lange dem Behälterinnenraum zugeführt werden, bis die Soße die gewünschte Konsistenz erreicht hat (Baumgart 2004, 511; Philipp 1985[2]).

Die kontinuierliche Heißherstellung weist im Vergleich zum Chargenbetrieb einige Besonderheiten auf. Die Dickungsmittel werden zunächst in kaltem Wasser suspensiert. Anschließend, noch vor der Erhitzung, werden das Tomatenmark oder andere

Fruchtzubereitungen, die Gewürze sowie der Essig der Dickungsmittelsuspension zugegeben und mittels einer Kolloidmühle zu einer homogenen Masse verarbeitet. Eine Dosierpumpe drückt das Gemenge durch einen Platten- oder Röhrenerhitzer, in welchem eine Erhitzung auf bis zu 95°C erfolgt. Um eine Überhitzung des Produktes zu vermeiden, muss die Durchsatzgeschwindigkeit entsprechend groß sein. Statische Mischer sorgen zusätzlich für eine kontinuierliche Umwälzung der Masse, um Produktfehler wie Karamellisierung, Farbveränderungen oder Bittergeschmack zu vermeiden (Philipp 1985[2]; Baumgart 2004, 511). Die fertige Soße wird anschließend einem Puffertank zugeführt oder, sofern die Rezeptur feste Bestandteile wie z.B. Gurken, Zwiebeln oder Paprika vorsieht, mit diesen in einem separaten Vakuummischer vermischt (Philipp 1985[2]).

Da Ketchupprodukte zur Separation neigen und diese besonders leicht bei Luftblasen auftritt, werden die Soßen vor der Abfüllung im Vakuum entlüftet (Philipp 1985[2]). Die Abfüllung kann heiß oder kalt erfolgen. Während bei der Verwendung von Glasgebinden eine Heißabfüllung unproblematisch ist, muss das Produkt beim Gebrauch von hitzeempfindlichen Kunststoffgefäßen auf etwa 60- 70°C abgekühlt werden. Dies ist im Hinblick auf die mikrobielle Belastung bei einer entsprechenden Raumhygiene ohne weiteres möglich. Eine Reinfektion der durch die Heißherstellung sterilen Soßen ist bei Produkttemperaturen von über 60°C nicht zu befürchten, zumal in der Regel unter Sterilluft abgefüllt wird (Baumgart 2004, 512). Insgesamt beträgt die Produktionszeit von Ketchupzeugnissen in der Regel inklusive aller Wiege-, Misch- und Abfüllprozesse eine bis maximal drei Stunden (Lück 2003).

5.4 Rohstoffe von Tomaten- und Gewürzketchups

Tomatenketchup besteht im Wesentlichen aus fünf Zutaten: Sonnengereifte Tomaten, Essig, Zucker, Salz und Gewürze. Die Tomaten werden jedoch in der Regel nicht frisch verarbeitet, sondern als vorproduziertes Tomatenmark bezogen. Je nach Produkt werden den Soßen darüber hinaus Dickungsmittel und Stabilisatoren, Süß- oder Zuckeraustauschstoffe sowie Aromen zugefügt. Sie tragen zur Konsistenz- und Geschmacksverbesserung bei und ermöglichen nicht zuletzt eine wirtschaftliche Produktion. Im Folgenden werden die Eigenschaften der wichtigsten Zutaten, ihre

ernährungsphysiologische Bedeutung und die lebensmittelrechtlichen Rahmenbedingungen behandelt.

5.4.1 Tomatenmark

Mengenmäßig stellt Tomatenmark den bedeutendsten Rohstoff von Tomatenketchup und anderen Ketchuperzeugnissen dar. Es ist zudem der einzige Rohstoff, welcher laut den Europäischen Beurteilungsmerkmalen für Tomatenketchup einen bestimmten Anteil am Endprodukt haben muss. Besondere Bedeutung kommt daher der Qualität des Tomatenmarks zu.

Für die Herstellung von Tomatenmark werden vorzugsweise sonnengereifte Tomaten aus den klassischen Tomatenländern wie Italien, Spanien, Griechenland oder Portugal verwendet, welche als besonders aromatisch gelten. Um die gewünschte Qualität des Endproduktes zu erreichen, werden Mischungen verschiedener Tomatensorten mit Unterschieden in Konsistenz, Geschmack, Farbe und Reifezustand verarbeitet (Lück 2003; Eyring 1990). Die Tomaten werden gewaschen und manuell sortiert. Anschließend erfolgt die Zerkleinerung der Früchte im so genannten Trituratione (Zerhacker). Dabei wird zwischen dem Cold-break- und dem Hot-break-Verfahren unterschieden. Im Cold-break-Verfahren werden die Früchte bei Temperaturen zwischen 60°C und 70°C, im Hot-break-Verfahren bei Temperaturen zwischen 90°C und 95°C zerkleinert. Das Hot-break-Verfahren bietet den Vorteil, dass pektinabbauende Enzyme inaktiviert werden. Pektin trägt zur Konsistenzbildung von Ketchuperzeugnissen bei, so dass bei guter Erhaltung des natürlichen Pektingehaltes auf den Einsatz von Dickungsmitteln und Stabilisatoren verzichtet werden kann (Eyring 1990). Farb- oder Aromaverluste treten trotz der relativ hohen Temperaturen bei einer geeigneten Prozessführung auch bei dem Hot-break-Verfahren nicht auf.

Die Entfernung von Kernen und Schalenbestandteilen erfolgt durch den Einsatz von Trommelsieben unterschiedlicher Lochdurchmesser. Um eine größere Saftausbeute zu erreichen, werden zum Teil auch Zentrifugen eingesetzt. Der Fruchtsaft wird durch Eindämpfungsverfahren zu Tomatenmark verschiedener Trockenmassegehalte konzentriert. Dazu wird er unter Vakuum auf maximal 80°C erhitzt. Der Saft kann ggf. vor dem Eindampfen durch ein Umkehrosmoseverfahren auf Trockenmassegehalte bis 10% vorkonzentriert werden. Ausgehend von einem Trockenmassegehalt frischer Tomaten von

ca. 5% wird das Tomatenmark üblicherweise zweifach (mind. 28% Tr) oder dreifach (mind. 36% Tr) konzentriert. Prinzipiell kann auch Tomatenmark höherer Konzentrationen produziert werden, was jedoch mit Farb- und Aromaverlusten einhergeht.

Für 1kg zweifach konzentriertes Tomatenmark werden, abhängig von deren Trockenmassegehalt, ca. 6kg Frischtomaten benötigt. Vor der Abfüllung wird das Tomatenmark durch einen Durchlauferhitzer gepumpt und auf mindestens 90°C erhitzt. Die Transportbehältnisse wie Tankzüge oder Standtanks werden vor der aseptischen Abfüllung mit Dampf sterilisiert. Häufig werden auch 200-kg-Fässer verwendet, welche mit sterilen Innenbeuteln ausgekleidet sind. Das hergestellte Tomatenmark wird in der Regel direkt bei den Ketchupherstellern angeliefert (Eyring 1990; Kunz 1993, 283ff.).

Um eine einwandfreie Qualität zu gewährleisten, spielt die Qualitätssicherung eine große Rolle. Üblicherweise haben große Hersteller von Ketchupzeugnissen feste Vertragslieferanten, welche die vereinbarte Qualität des Tomatenmarks gewährleisten. Großen Markenherstellern lassen zusätzlich durch Fachleute vor Ort kontrollieren, ob alle Vereinbarungen eingehalten werden und ausschließlich qualitativ hochwertige Ware produziert wird. Die Vereinbarungen beziehen sich beispielsweise auf die Art des Anbaus und die Pflege der Pflanzen. Ist eine Kontrolle vor Ort nicht möglich, wird die Qualität bei der Anlieferung der Rohstoffe geprüft (Lück 2003). Die wichtigsten Qualitätskriterien sind Farbe, Geruch, Geschmack und Konsistenz. Bei der lebensmittelchemischen Untersuchung wird das Tomatenmark auf das Vorkommen von Gärungsprodukten wie Ethanol, Milchsäure und Essigsäure geprüft. Diese Produkte geben Hinweise auf einen möglichen mikrobiellen Verderb (Benk 1986).

5.4.2 Dickungsmittel und Stabilisatoren in Ketchupzeugnissen

Dickungsmittel sind Hydrokolloide, welche in Wasser löslich sind und in natürlicher oder modifizierter Form bereits in geringen Mengen aufgrund ihres Wasserbindevermögens zu starken Viskositätssteigerungen führen. Die Viskosität, das Fließverhalten und auch das Aussehen von Tomatenketchup und anderen Ketchupzeugnissen ist im Wesentlichen von den Pasten und Gelen der eingesetzten Dickungsmittel und deren Interaktion mit anderen Stabilisatoren und den enthaltenen Zuckerarten abhängig. Bei Ketchupprodukten handelt es sich um so genannte thixotrope Flüssigkeiten. Durch mechanische Krafteinwirkung verändert sich die Viskosität der Soßen. Die Krafteinwirkung bewirkt die Lösung der

intermolekularen Bindungen zwischen den langkettigen Molekülen, so dass sich die Moleküle in Bewegungsrichtung neu orientieren und die Viskosität der Soße herabsetzen (Philipp 1985[2]; Stiftung Warentest 2008).

Die bei der Ketchupherstellung verwendeten Dickungsmittel sind Polysaccharide pflanzlichen oder mikrobiellen Ursprungs. Hauptsächlich werden in Ketchupprodukten modifizierte Maisstärken, Xanthan, Guarkernmehl, Johannisbrotkernmehl oder Traganth eingesetzt (Philipp 1985[2]; Lück/Lipinski 1991, 20). Im Folgenden werden die Anforderungen an die Dickungsmittel sowie deren Eigenschaften erläutert. Da die Eigenschaften und der Aufbau von modifizierten Stärken, Johannisbrotkernmehl, Guarkernmehl und Xanthan bereits in den Kapiteln 4.4.3.1 und 4.4.3.2 beschrieben wurden, werden in diesem Abschnitt die insbesondere für Ketchupsoßen typischen Dickungsmittel Pektin, Traganth und Maltodextrin behandelt.

Die Anforderungen, welche an Dickungsmittel für Ketchuperzeugnisse gestellt werden, sind mit den an Dickungsmitteln für emulgierte Soßen gestellten Ansprüchen vergleichbar. Aufgrund des geringen pH-Wertes der Soßen, der während des Herstellungsprozesses auftretenden Scherkräfte und den Anforderungen an die Haltbarkeit, müssen die verwendeten Dickungsmittel über eine hohe Scher-, Säure- und Synäresestabilität verfügen. Zudem sollten sie möglichst transparente Gele bilden. Im Gegensatz zu den emulgierten Soßen mit geringer optischer Eindringtiefe, bei welchen eine möglichst große Streuung des Lichts erwünscht ist, werden bei Ketchuperzeugnissen genau gegenteilige Effekte bevorzugt. Bei transparenten Gelen kann das Licht in tiefere Schichten eindringen, so dass färbende Zutaten, z.B. Tomatenmark, besser zur Geltung kommen (Philipp 1985 [2]).

Weitere Anforderungen ergeben sich aus der Art der Herstellung, der Zusammensetzung der Soße sowie der Menge und Qualität des Tomatenkonzentrats. Eine Erfüllung aller Anforderungen ist häufig nur durch eine genau abgestimmte Mischung verschiedener Stabilisatoren möglich. Im Prinzip handelt es sich um die gleichen Dickungsmittel und Stabilisatoren, welche auch bei der Herstellung emulgierter Soßen verwendet werden. Jedoch werden sie bei Ketchuperzeugnissen in anderen Mischungsverhältnissen eingesetzt (Benk 1986).

Die Art des Produktionsprozesses gibt maßgeblich die Wahl der Dickungsmittel vor. Bei der Kaltherstellung müssen die Dickungsmittel im kalten Wasser gut dispergier- und verquellbar sein, damit eine Klumpenbildung ausgeschlossen wird. Die bei der Heißherstellung verwendeten Dickungsmittel müssen ebenso in kaltem oder warmem

Wasser leicht dispergierbar sein. Jedoch darf eine Verdickung erst bei höheren Temperaturen eintreten. Die Auswahl der geeigneten Stärken richtet sich danach, ob die Herstellung kontinuierlich oder im Chargenbetrieb erfolgt. Für den Chargenbetrieb werden beispielsweise Maisstärken genutzt, welche bereits ab einer Temperatur von 70°C verkleistern. Für kontinuierliche Verfahren im Platten- oder Röhrenerhitzer werden dagegen Stärken verwendet, welche bei Temperaturen von über 90°C eindicken und erst während der Abkühlung ihre maximale Quellung erreichen, da auf diese Weise ein günstigerer Wärmeübergang erreicht wird. In jedem Fall ist die Bildung einer Haut an der Soßenoberfläche während der Abkühlung unerwünscht (Philipp 1985[2]).

Die Zusammensetzung der Soßen stellt zusätzliche Anforderungen an die Verdickungsmittel und Stabilisatoren. Ketchuperzeugnisse, insbesondere solche mit festen Bestandteilen, neigen zur Separation. Die Dickungsmittel müssen in der Lage sein, Wasserabscheidungen zu binden bzw. den Wasseraustritt aus beispielsweise Gemüsestückchen zu verhindern (Philipp 1985[2]).

Auch die Menge und Qualität des verwendeten Tomatenkonzentrats müssen bei der Wahl geeigneter Dickungsmittel berücksichtigt werden. Bei der Verwendung großer Mengen Tomatenmark dienen beispielsweise modifizierte Stärken hauptsächlich der Stabilisierung der Suspension. Sie sollen ein Separieren verhindern, ohne einen wesentlichen Einfluss auf die Fließeigenschaften des Produktes auszuüben. Werden nur geringe Mengen an Tomatenkonzentrat eingesetzt, so können z.B. vorverkleisterte Maisstärken zur Verbesserung der typischen, püreeartigen Textur von Ketchupprodukten beitragen (Philipp 1985[2]; Tate&Lyle 2008). Unter Umständen kann sogar auf den Einsatz von Dickungsmitteln verzichtet werden. Voraussetzung ist ein ausreichend hoher Gehalt an Pektin, welches natürlicherweise in Tomaten enthalten ist. Zudem muss das Tomatenmark im Hot-break-Verfahren hergestellt worden sein, da erst die hohen Temperaturen eine Inaktivierung der Pektin-abbauenden Enzyme bewirken (Eyring 1990; GEA 2008)

Pektin (E440) ist der Oberbegriff für eine Gruppe löslicher Ballaststoffe, die in allen Landpflanzen vorkommen. Sie sind hauptsächlich in der Mittellamelle der Zellen lokalisiert und bilden zusammen mit Zellulose die Gerüstsubstanz der Zellwände. Als Hydrokolloide besitzen sie die Fähigkeit, Flüssigkeiten gelartig zu verfestigen. Auf diese Weise entfalten sie ihre Wirkung als natürlich in Pflanzen vorkommende Dickungsmittel. Pektine sind hochmolekulare Polyuronide und treten in einer Vielzahl verschiedener

Strukturen auf. Hauptsächlich bestehen sie aus α -1,4-verknüpften α -D-Galacturonsäureresten, welche an verschiedenen Stellen mit Methanol verestert sind. Die Gelbildung resultiert aus hydrophoben Wechselwirkungen zwischen den Methylgruppen der Pektinmoleküle und der Bildung von Wasserstoffbrückenbindungen. Die Stabilität von Pektinen erreicht im pH-Bereich 3-4 ihr Maximum. Ernährungsphysiologisch betrachtet sind Pektine für den Menschen Ballaststoffe, da sie durch die menschlichen Verdauungsenzyme nicht gespalten werden können (Belitz 2001, 303; Ternes 2008, 176ff.; Feldmann 1977).

Reicht der Pektingehalt für die Stabilisierung der Suspension nicht aus, wird in Ketchupprodukten häufig Traganth als Stabilisator eingesetzt.

Traganth ist ein Pflanzensaft und wird aus den Stämmen und Ästen einer in Kleinasien beheimateten Akazienart der Gattung *Astragalus* gewonnen. Dazu wird die Rinde der Pflanzen angeritzt. Der austretende Pflanzensaft wird gesammelt und getrocknet. Der Saft enthält ein Gemisch aus quellfähigen, wasserunlöslichen Polysacchariden, welche ihm ein enormes Wasserbindungsvermögen verleihen (Kunz 1993, 284). Traganth weist eine komplexe Struktur auf. Die Hauptkette besteht aus 1,4- α -glycosidisch verbundenen Glucuronsäureresten, an welche Seitenäste aus D-Xylose über eine β -1,3-Verknüpfung verbunden sind. Am Ende dieser Seitenäste befinden sich D-Galactose, L-Fucose und L-Arabinose. Die Carboxylgruppen der D-Galacturonsäurereste sind teilweise mit Methanol verestert. Die Molekülketten erzeugen aufgrund ihrer starken Streckung (450 x 1,9nm) eine hochviskose Lösung. Durch Scherkräfte können die Molekülketten jedoch in kleinere Fragmente zerbrechen, so dass die Schergeschwindigkeit einen unmittelbaren Einfluss auf die Viskosität ausübt. Die gebildeten Gele bleiben auch unter dem Einfluss von Hitze und starken Säuren stabil und klar. Daher eignet sich Traganth insbesondere als Dickungsmittel und Stabilisator für Ketchupprodukte. Es wird üblicherweise in Konzentrationen von 0,4-1,2% zugesetzt. Aufgrund der verhältnismäßig aufwändigen und teuren Herstellung wird Traganth jedoch nur dann verwendet, wenn kein anderes Verdickungsmittel geeignet ist (Belitz 2001, 301ff, Feldmann 1977). Nach der ZZulV ist Traganth ohne Höchstmengenbegrenzung (quantum satis) als Zusatzstoff in Lebensmitteln zu gelassen (ZZulV 2007)

Vereinzelte werden auch Maltodextrine als Dickungsmittel in Ketchupprodukten verwendet. Dabei handelt es sich um wasserlösliche und geschmacksneutrale Kohlenhydrate, welche durch enzymatische oder saure Hydrolyse von Mais-, Kartoffel- oder Getreidestärke hergestellt werden. Maltodextrin stellt ein Gemisch aus Mono-, Di-, Oligo- und Polymeren der Glucose, dem Grundbaustein der Stärke, dar. Die prozentualen Anteile unterscheiden sich je nach Hydrolysegrad. Maltodextrin schmeckt kaum süß und bildet mit Wasser eine klebende, trübe und viskose Masse (Oetker 2004, 54; Ternes 2008, 173).

Schließlich soll der Einsatz von so genannten Nanopartikeln zur Verbesserung des Fließverhaltens von Ketchupsoßen nicht unerwähnt bleiben. Der Einsatz von Nanopartikeln in der Lebensmittelindustrie ist ein noch relativ neues Feld, so dass zuverlässige Quellen über deren tatsächlichen Anwendungsbereich fehlen. Auch mögliche Gefahren, die von Nanopartikeln ausgehen, werden zurzeit noch kontrovers diskutiert.

Als Nanopartikel werden Stoffe bezeichnet, deren Durchmesser zwischen 1nm und 100nm betragen. Die als Lebensmittelzusatzstoffe zugelassenen Substanzen Siliziumdioxid (E551) und Titandioxid (E171) können bei entsprechender Partikelgröße unter diese Definition fallen. Das Bundesinstitut für Risikobewertung geht davon aus, dass derartige Nanopartikel in Lebensmitteln verwendet werden. Bei Ketchupprodukten könnte z.B. der Zusatz von Siliziumdioxid-Nanopartikeln dazu beitragen, die Fließeigenschaften zu verbessern (Gürtler 2006). Die winzigen Quarzsandkörnchen können jedoch zu unerwünschten Nebenwirkungen führen. In Zellkulturen sind Siliziumdioxid-Partikel mit einer Größe von weniger als 100nm in humanen Epithelzellen bis in den Zellkern eingedrungen und störten dort wesentliche Funktionen wie die Replikation und Transkription der DNS (Chen/v. Mikecz 2005). Dr. Peter Wick von der eidgenössischen Material-Prüfungsanstalt, welcher ebenfalls Nanopartikel auf ihre zelltoxische Wirkung untersuchte, stuft hingegen die Gefahren von Siliziumdioxid-Nanopartikeln als harmlos ein. Menschliche Lungenzellen, welche drei Tage lang diesen Nanopartikeln ausgesetzt waren, zeigten keinerlei Veränderungen (Wick, 2006).

5.4.3 Essig

Essig gehört zu den fünf Hauptzutaten von Tomatenketchup. Die Anforderungen an in Tomatenketchup verwendetem Essig sind im CEN Standard EN 13188 definiert. Diese

europäische Norm beinhaltet die Definitionen, Anforderungen sowie die Kennzeichnung von Essig (Erzeugnis aus Flüssigkeiten landwirtschaftlicher Herkunft). Der Standard wurde vom Europäischen Komitee für Normung im Jahr 2000 auf Initiative des „Ständigen Internationalen Ausschusses der Essighersteller“ erarbeitet, wobei er den Status einer deutschen Norm besitzt (DIN 13188). Gemäß dem CEN-Standard ist Essig definiert als ein „Erzeugnis, das ausschließlich durch den biologischen Vorgang der doppelten Gärung, nämlich der alkoholischen und der Essigsäuregärung, aus Flüssigkeiten oder anderen Erzeugnissen landwirtschaftlicher Herkunft hergestellt wird“ (CEN 2000). Die Bezeichnung Essig darf nicht für Vermischungen von Essig und Essigsäuren verwendet werden. Darüber hinaus legt der CEN-Standard fest, welche Rohstoffe für die einzelnen Essigsorten verwendet werden dürfen. So darf Weinessig ausschließlich aus Wein oder Apfelessig ausschließlich aus Apfelwein durch den biologischen Vorgang der Essigsäuregärung gewonnen werden. Der aus einem einzigen Rohstoff hergestellte Essig muss neben der Bezeichnung Essig auch durch die Angabe des verwendeten Rohstoffes gekennzeichnet werden. Werden mehrere Rohstoffe eingesetzt, müssen alle Rohstoffe genannt werden.

Entsprechend wird der in Ketchupprodukten häufig verwendete Branntweinessig durch den biologischen Vorgang der Essigsäuregärung aus destilliertem Alkohol landwirtschaftlicher Herkunft, beispielsweise aus Kartoffeln oder Rüben, hergestellt. Daneben dürfen der Maische technische Hilfsstoffe wie Malzpräparate, Flüssigstärke, Glucose oder anorganische Substanzen wie Phosphate oder Ammoniumsalze hinzugefügt werden, sofern diese der Ernährung der Essigsäurebakterien dienen. Zur Geschmacksgebung dürfen den Essigen Gewürze oder Früchte im frischen oder getrockneten Zustand oder entsprechende Auszüge sowie Zucker, Salz, Honig oder Fruchtsäfte zugesetzt werden. Nicht erlaubt ist hingegen die Verwendung von künstlichen Aromastoffen, künstlichen oder natürlichen Weinbeerenölen, Rückständen der Destillation oder der Gärung und ihrer Nebenprodukte sowie jegliche Säuren, welche nicht natürlicherweise in den verwendeten Rohstoffen vorkommen. Der Gesamtsäuregehalt muss im Einklang mit der Essigverordnung mindestens 5g je 100ml betragen (CEN 2000; EssigV 2006).

Essig gehört zu den ältesten vom Menschen hergestellten Lebensmitteln zum Würzen und Konservieren. Grundsätzlich stellt Essig eine Lösung von Essigsäure in Wasser dar, welche auf verschiedenen Wegen erzeugt wird (Oetker 2004, 228ff.).

Die Herstellung erfolgt durch die Nutzung der spontan ablaufenden Essigsäuregärung von ethanolhaltigen Flüssigkeiten wie beispielsweise Wein bzw. einer kombinierten alkoholischen und Essigsäuregärung aus Äpfeln oder anderen Obstsorten. Häufig werden auch mit Nährsubstraten angereicherte, verdünnte Ethanollösungen (ca. 5%vol) als Ausgangsmaterial verwendet (Krämer 2002, 255).

Bei den Produktionsverfahren wird zwischen dem Oberflächen-, Fessel- und Submersverfahren unterschieden. Das Oberflächenverfahren ist das traditionelle, handwerkliche Verfahren. Dazu wird ein Holzfass zur Hälfte mit einem Gemisch aus Wein und Weinessig oder einem anderen Essig gefüllt. Die Luftschicht ist notwendig, da für die Bildung von Essigsäure aus Ethanol Sauerstoff benötigt wird. An der Oberfläche bildet sich eine Haut aus Essigsäurebakterien, weshalb dieses Verfahren seinen Namen erhielt (Oetker 2004, 229).

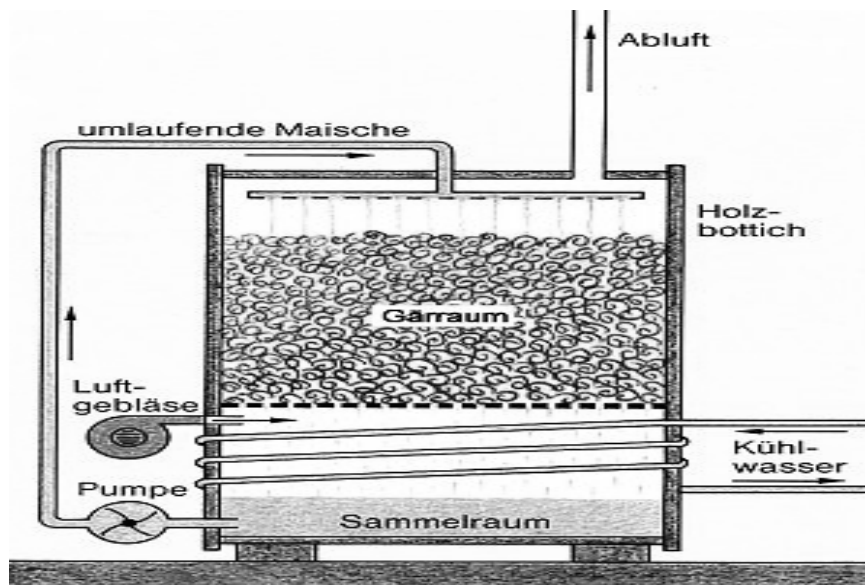


Bild 11: Essigherstellung im Fringsgenerator (Blume 2002)

Das Fesselverfahren arbeitet mit großen Holzbottichen (Frings-Generatoren), welche mit etwa 1mm dicken Buchenholzspänen gefüllt sind. Diese dienen als Träger für die Essigsäurebakterien. Die ethanolhaltige Maische (ca. 10%vol) wird über den von unten belüfteten Spänen verrieselt und sickert langsam durch diese durch. Eine Umwälzpumpe pumpt die Flüssigkeit so lange im Kreis, bis die gewünschte Essigsäurekonzentration erreicht ist (Blume 2002; Krämer 2002, 256).

Das Submersverfahren funktioniert auf ähnliche Weise wie das Oberflächenverfahren. Es werden jedoch hochkonzentrierte Essigsäurebakterien verwendet, welche der

Alkohollösung in Form von Impfessigen zugesetzt werden. Diese bewegen sich, im Gegensatz zum Oberflächenverfahren, in der gesamten Flüssigkeit. Die Gärung selbst findet in großen Stahltanks (Fermenter) statt. Um eine gleichmäßige Gärung zu ermöglichen, wird der für die Gärung benötigte Sauerstoff von unten in die Fermenter gepresst (Krämer 2002, 256). Das Submersverfahren ist heute das gängigste Verfahren, da die Gärung innerhalb von Stunden und nicht, wie bei den anderen Verfahren, innerhalb von Tagen oder Wochen erfolgt (Oetker 2004, 229).

5.4.4 Gewürze und Aromastoffe

Ausschlaggebend für den Geschmack von Tomatenketchup ist, neben der Verwendung qualitativ hochwertiger Tomaten, die Zusammenstellung der Gewürzmischung. In der Regel wird eine ausgewogene Mischung aus süßen und salzigen Geschmackskomponenten bevorzugt, wobei sich die Würzmischungen von Hersteller zu Hersteller unterscheiden. Als Gewürze werden vor allem Pfeffer, Paprika, Nelken, Piment, Ingwer, Muskatnuss und Zimt verwendet (Benk 2003). Damit das Aroma der Gewürze richtig zur Geltung kommen kann, brauchen sie eine gewisse Entfaltungszeit, was bei der Herstellung zu berücksichtigen ist. Dies gilt nicht nur für Tomatenketchup, sondern insbesondere für die verschiedenen Variationen an Gewürzketchups. Bei Curryketchup übt die Entfaltungszeit einen besonders großen Einfluss auf den Geschmack aus (Lück 2003).

Neben dem Faktor Zeit beeinflusst auch das Produktionsverfahren das Aroma der würzenden Zutaten. Bei hohen Temperaturen treten je nach Gewürz und Aromastoff unterschiedliche Abbaureaktionen auf. Eine in der Kälte ausgewogene und abgerundete Gewürzkombination kann nach der Heißverarbeitung ein völlig anderes, unbefriedigendes Aroma aufweisen. Um im Vorfeld eine geeignete Kombination zu erstellen, werden die Gewürze in drei Gruppen unterschiedlicher Hitzeempfindlichkeit eingeteilt. Tabelle 7 veranschaulicht das thermische Verhalten verschiedener, häufig verwendeter Gewürze. Für die Korrektur der Rezeptur werden die verwendeten Mengen der Gewürze aus Gruppe II mit dem Faktor 1,75, der Gewürze aus Gruppe III mit dem Faktor 2,0 multipliziert. Auf diese Weise wird der temperaturbedingte Aromaverlust ausgeglichen. Zusätzlich kann eine Würzung auch auf Grundlage von natürlichen Gewürzauszügen oder natürlichen Aromastoffen vorgenommen werden. Verschiedene Hersteller von Aromen (z.B. Givaudan,

Symrise, Firmenich etc.) bieten diese bereits als standardisierte, angepasste Mischungen an (Philipp 1985[2]; Benk 1986).

Tabelle 7: Thermische Verhalten von Gewürzen (nach Philipp 1985[2])

Thermostabilität	Gewürz
Gruppe I (hitze stabil)	Chilies Salbei
Gruppe II (weniger hitze stabil)	Cardamon Gewürznelken Pfeffer Rosenpaprika Rosmarin Thymian
Gruppe III (nicht hitze stabil)	Coriander Muskat / Macisblüte Majoran Piment Ingwer Zimt

Da Aromen keinen technologischen Zweck erfüllen, fallen sie nicht unter die ZZulV. Die Verwendung von Aromen ist daher gesondert in der Aromenverordnung (AromV) geregelt. Werden Aromen verwendet, so muss dies auf der Zutatenliste angegeben werden. Zusätzlichen Angaben wie „natürlich“ oder „naturidentisch“ sind erlaubt, aber nicht vorgeschrieben (Bergmann 2003; AromV 2008).

Es wird zwischen sechs verschiedenen Aromagruppen unterschieden, von denen die wichtigsten kurz beschrieben werden sollen.

Natürliche Aromastoffe werden durch physikalische (z.B. Destillation oder Extraktion), enzymatische oder mikrobiologische Verfahren aus Ausgangsstoffen tierischer oder pflanzlicher Herkunft gewonnen und für den menschlichen Verzehr aufbereitet. Der Ausdruck „natürliches Aroma“ darf nur für Aromastoffe oder -extrakte verwendet werden, die aus pflanzlichen oder tierischen Ausgangssubstanzen gewonnen werden. Die tatsächliche Quelle des Aromastoffes hat keine Relevanz. So kann beispielsweise das Aroma einer Rinderbrühe aus Pflanzenproteinen stammen. Enthält die Bezeichnung jedoch den Hinweis auf ein bestimmtes Lebensmittel, beispielsweise „natürliches Vanillearoma“, so muss dieser Aromastoff aus Vanilleschoten stammen (AromV 2008; Bergmann 2003).

Naturidentische Aromastoffe werden chemisch synthetisiert, weisen aber eine identische chemische Struktur wie die natürlichen Aromastoffe auf. Als naturidentische Aromastoffe können folglich nur solche Substanzen synthetisiert oder isoliert werden, welche ein natürliches pflanzliches oder tierisches Vorbild haben (AromV 2008).

Künstliche Aromastoffe gelten, im Gegensatz zu den anderen Aromastoffen, als Zusatzstoffe. Sie unterliegen besonderen gesetzlichen Bestimmungen und sind nur für bestimmte Lebensmittel bis zu einer festgelegten Höchstmenge zugelassen. Bei den derzeit 18 zugelassenen künstlichen Aromastoffen handelt es sich um chemische Neuschöpfungen ohne Vorbild in der Natur. Künstliche Aromastoffe sind gemäß Anlage 6 der AromV für Würzsoßen und Tomatenketchup nicht zugelassen (AromV 2008).

Aromaextrakte sind Stoffgemische, welche, wie auch die natürlichen Aromastoffe, aus pflanzlichen oder tierischen Ausgangsstoffen durch physikalische, enzymatische oder mikrobiologische Verfahren gewonnen werden. Zu den physikalischen Verfahren zählen insbesondere die Destillation, Extraktion, Röstung oder Trocknung. Aromaextrakte enthalten neben dem eigentlichen Aromastoff noch andere Substanzen wie beispielsweise Öl, das bei der Gewinnung ebenfalls aus dem Ausgangsstoff gelöst wird (AromV 2008; Bergmann 2003).

Bisweilen finden sich in den Zutatenlisten einiger Spezialketchups auch Raucharomen, welche den Soßen einen typischen Rauchgeschmack verleihen. Raucharomen werden durch die Kondensierung von Rauch, welcher bei herkömmlichen Verfahren zum Räuchern von Lebensmitteln verwendet wird, in Wasser gewonnen. Aus diesem Kondensat wird dann das entsprechende Raucharoma extrahiert (AromV 2008; Bergmann 2003).

5.4.5 Zucker und Süßungsmittel

Ketchupsoßen enthalten in der Regel zwischen 10% und 25% Zucker. In Lightprodukten wird dieser ganz oder teilweise durch Süß- oder Zuckeraustauschstoffe ersetzt (Stiftung Warentest 2008). Im Folgenden werden die für Ketchupprodukte zugelassenen Zuckerarten, Süß- und Zuckeraustauschstoffe sowie deren Eigenschaften näher beschrieben.

5.4.5.1 Zucker und Zuckerarten

Tomatenketchup wird üblicherweise mit Saccharose oder einer Mischung aus Saccharose und anderen Zuckern gesüßt (Weber 2007). Um welche Zuckerarten es sich im Einzelnen handelt, ist in der Zuckerartenverordnung (ZuckArtV) näher definiert. In Ketchupprodukten wird als zusätzliche Zuckerart insbesondere Glucosesirup verwendet. Des Weiteren finden sich auf den Zutatenlisten vieler Produkte Invertzucker- oder Glucose-Fructosesirup (Benk 1986).

Zucker ist die allgemeine Bezeichnung für die hauptsächlich aus Zuckerrüben oder Zuckerrohr hergestellte Saccharose, einem Disaccharid aus Glucose und Fructose. Sie gehört wie die anderen Zuckerarten zu den Kohlenhydraten (Oetker 2004, 687ff.). Gemäß der ZuckArtV ist Zucker ein geschützter Begriff zur Bezeichnung von Raffinade; in Zutatenverzeichnissen dient er hingegen als Klassenname für Saccharose jeder Art (Oetker 2004, 898; ZuckArtV 2003). Saccharose dient als Maßstab zur Beurteilung der Süßkraft aller anderen Süßungsmittel. Die Süßkraft ist eine dimensionslose Größe, welche die relative Süßkraft eines Stoffes im Vergleich zur Saccharose angibt (Ternes 2008, 117ff.).

Glucosesirup, welcher gelegentlich auch als Stärkesirup bezeichnet wird, ist ein durchsichtiger, heller Sirup von zäher Konsistenz und stellt eine gereinigte und konzentrierte Lösung von zur Ernährung geeigneten Sacchariden dar. Ausgangsprodukt der Herstellung ist in der Regel Maisstärke, welche durch Stärkeverzuckerung mittels Säuren oder Enzymen zu Glucose, Maltose und anderen Oligosacchariden sowie wasserlöslichen Dextrinen abgebaut wird. Der Glucosegehalt liegt meist zwischen 20 und 70%, wobei dieser durch eine entsprechende Prozessführung dem Verwendungszweck angepasst werden kann (Baltes 2000, 346). Enthält Glucosesirup mehr als fünf Gewichtsprozent Fructose in der Trockenmasse, so muss er gemäß der ZuckArtV als Glucose-Fructose-Sirup in der Zutatenliste aufgeführt werden (ZuckArtV 2003). Neben der Süßung dient Glucosesirup auch zur Viskositätserhöhung der Soßen (Oetker 2004, 323).

Invertzuckersirup ist eine wässrige, auch kristallisierte Lösung aus gleichen Teilen Glucose und Fructose. Er wird durch enzymatische oder saure Hydrolyse aus Saccharose gewonnen (Belitz 2001, 861). Der Gehalt an Trockenmasse muss mindestens 62% betragen, wobei

diese zu mindestens 50% aus Invertzucker (Gemisch aus gleichen Teilen Fructose und Glucose) bestehen muss (ZuckArtV 2003).

5.4.5.2 Süß- und Zuckeraustauschstoffe

Neben der Saccharose und den anderen Zuckerarten werden in so genannten Lightprodukten üblicherweise Süß- oder Zuckeraustauschstoffe eingesetzt. Süßstoffe besitzen eine wesentlich höhere Süßkraft als Saccharose, weshalb sie in sehr geringen Mengen eingesetzt werden. Sie enthalten, mit Ausnahme von Aspartam, keine Energie (Biesalski/Grimm 2004, 288). Zuckeraustauschstoffe unterscheiden sich von den Süßstoffen in Energiegehalt und Süßkraft. Ihre Süßkraft ist geringer als die der Saccharose, weshalb sie in größeren Mengen eingesetzt werden müssen. (Biesalski/Grimm 2004, 78). Süßstoffe sind Substanzen mit intensivem Süßgeschmack, der bis zur 2.000-fachen Süßkraft von Saccharose betragen kann (s. Tabelle 8). Jedoch sind die Angaben zur Süßkraft starken Schwankungen unterworfen, da die Temperatur und die Zusammensetzung des Lebensmittels die Süßkraft beeinflussen können. Da Süßstoffe, mit Ausnahme von Aspartam, keine für den Menschen verwertbare Energie liefern und den Blutglucosespiegel nicht beeinflussen, werden sie für Lebensmittel mit reduziertem Brennwert verwendet und tragen so zu einer Reduzierung des Zucker- und Energiegehaltes der Produkte bei (Biesalski/Grimm 2004, 288). Ein Süßstoff allein erfüllt jedoch selten alle Anforderungen für den Einsatz in der Lebensmittelverarbeitung. Um durch Süßstoffe hervorgerufene Off-Flavour (metallischer Geschmack) zu vermeiden, werden häufig Süßstoffmischungen verwendet (Oetker 2004, 785).

Tabelle 8: Relative Süßkraft von Zuckern, Zuckeraustausch- und Süßstoffen bezogen auf Saccharose (nach Baltes 2000, 181; *nach SCF 2000)

Verbindung	Süßkraft	Verbindung	Süßkraft
D-Fructose	1,1	Sucralose*	600-650
D-Sorbit	0,5	Acesulfam-K	80-250
D-Xylit	1,2-1,3	Na-Saccharin	20-700
Thaumatococcus	2000	Aspartame	100-200

Süßstoffe gelten als Zusatzstoffe und fallen daher unter den Anwendungsbereich der ZZulV. Sie benötigen als Zusatzstoffe die ausdrückliche Zulassung durch den Gesetzgeber. Derzeit sind in der EU sieben Süßstoffe zugelassen. Welche Süßungsmittel in Ketchupsoßen verwendet werden dürfen, ist durch die ZZulV und die Richtlinie 94/35/EG „über Süßungsmittel, die in Lebensmitteln verwendet werden dürfen“ geregelt. Zu den für Ketchupprodukte zugelassenen Süßstoffen zählen Acesulfam-K, Saccharin und seine Natrium-, Kalium- und Calciumsalze, Aspartam, Sucralose sowie Neohesperidin-DC. Am häufigsten lassen sich auf den Zutatenlisten die Süßstoffe Sucralose, Acesulfam-K und Saccharin finden (EG-Richtlinie 94/35/EG 1994; ZZulV 2007). Darüber hinaus gelten je nach Produktgruppe unterschiedliche Mengenbeschränkungen. Diese sind so berechnet, dass mit den üblichen Konsummengen die ADI-Werte der Süßstoffe nicht überschritten werden.

Sucralose ist eine relativ neue Erfindung. Sie wurde 1975 durch einen jungen Inder bei der Suche nach neuen Insektiziden in Großbritannien entdeckt. Am 11. September 1991 hat Kanada als erstes Land der Welt Sucralose als Zusatzstoff für Lebensmittel zugelassen (Reicherzer 1991; Eberle 2007). Mit der Änderungsrichtlinie 2003/115/EG wurde am 22. Dezember 2003 der Süßstoff Sucralose auch in Deutschland neu zugelassen. Sucralose ist ein Halogendesoxyderivat der Saccharose ohne Nährwert. Der wissenschaftliche Name lautet Trichlorogalactosucrose. Durch Substitution von drei Hydroxylgruppen der Saccharose durch Chloratome wird eine 600–650-fache Süßkraft im Vergleich zu Saccharose erreicht. Sucralose zeichnet sich durch seine sehr große Stabilität gegenüber hohen Temperaturen und niedrigen pH-Werten aus, weshalb sie sich besonders für die Ketchupherstellung eignet. In sauren Lösungen hydrolysiert Sucralose nur langsam in seine zwei chlorierten Monosaccharide 4-Chlorgalactose und 1,6-Dichlorfructose. Aufgrund seiner Stabilität und der toxikologischen Unbedenklichkeit ist Sucralose für ähnlich viele Lebensmittel zugelassen wie die bereits zugelassenen Süßstoffe. Der Süßstoff wird in vergleichsweise geringen Maßen resorbiert und nahezu unverändert ausgeschieden, weshalb er praktisch kalorienfrei ist. In umfangreichen Studien wurden Sucralose und ihre Hydrolyseprodukte auf ihre erbgutverändernde Wirkung untersucht. Die Ergebnisse enthielten keine Hinweise, aus welchen sich Bedenken für den Menschen ergeben. Der ADI-Wert wurde auf 0–15mg/kg Körpergewicht festgelegt (SCF 2000; bgvv 1994). Soßen

darf Sucralose bis 450mg/kg zugesetzt werden. Als Lebensmittelzusatzstoff trägt Sucralose die Bezeichnung E955 (Amtsblatt der EU 2004).

Saccharin ist der älteste der zugelassenen Süßstoffe und wurde bereits 1878 entdeckt. Er gehört zu den wichtigsten Süßstoffen und besitzt die Struktur von Benzoessäuresulfimid. In der Regel wird Saccharin in Form seines Natriumsalzes verwendet, da dieses im Gegensatz zum Saccharin gut wasserlöslich ist. Das Natriumsalz besitzt die 450-fache Süßkraft von Saccharose. Es zeichnet sich jedoch durch einen unangenehmen metallischen Beigeschmack aus. Dieser kann jedoch durch Kombination mit anderen Süßstoffen reduziert werden. Saccharin ist nur wenig hitzestabil, da sein Imid-Ring bei hohen Temperaturen hydrolytisch gespalten wird. Dementsprechend eignet es sich nur wenig für heißhergestellte Ketchupsoßen (Baltes 2000, 180ff.; Belitz 2001, 427). Wiederholt wurden Saccharin cancerogene Eigenschaften zugeschrieben. Untersuchungen konnten diese Vorwürfe jedoch entkräften. Lediglich bei der Saccharinherstellung auftretende Zwischenprodukte, welche durch eine Reinigung des Produktes entfernt werden, stehen unter dem Verdacht, Krebs auszulösen (Weihrauch et al 2003; Baltes 2000, 180ff.). Auch Saccharin enthält keine für den Menschen verwertbare Energie, da es vom menschlichen Körper nicht verstoffwechselt werden kann. Es wird unverändert ausgeschieden. Saccharin trägt als Zusatzstoff die Bezeichnung E954. Der ADI-Wert liegt bei 5mg/kg Körpergewicht je Tag. Würzsoßen darf Saccharin bis 160mg/kg zugesetzt werden (Süßstoff-Verband e.V. 2008; EG-Richtlinie 94/35/EG 1994).

Acesulfam wird in Form seines Kaliumsalzes (Acesulfam-K) als Süßstoff eingesetzt. Es gehört zu den Oxathiazinondioxiden und besitzt die 200-fache Süßkraft von Saccharose. Im Gegensatz zu Saccharin ist Acesulfam koch- und hydrolysebeständig. Unter den gängigen Verarbeitungs- und Lagerbedingungen ist es praktisch stabil, so dass es in allen gängigen Zubereitungen eingesetzt werden kann. Acesulfam zeichnet sich durch seinen geringen Eigengeschmack aus, welcher erst ab hohen Konzentrationen wahrgenommen wird. Daher wird es auch als Einzelsüßstoff eingesetzt. Acesulfam-K wird nicht verstoffwechselt sondern unverändert ausgeschieden und ist daher kalorienfrei (Belitz 2001, 433ff.). Für Acesulfam-K wurde ein ADI-Wert von 9mg/kg Körpergewicht je Tag festgelegt. Als Zusatzstoff für Würzsoßen darf Acesulfam-K bis 350mg/kg verwendet werden (EG-Richtlinie 94/35/EG 1994; Süßstoff-Verband e.V. 2008[2]).

Die Zuckeraustauschstoffe unterscheiden sich von den Süßstoffen in ihrem Energiegehalt und der Süßkraft. Sie enthalten, bezogen auf ihre Süßkraft, in etwa den gleichen Brennwert wie Saccharose, werden jedoch insulinunabhängig verstoffwechselt und üben einen nur geringen Einfluss auf den Insulinspiegel aus. Sie eignen sich dadurch besonders für Diabetiker, leisten jedoch keinen nennenswerten Beitrag zu einer Energie reduzierten Kost (Biesalski/Grimm 2004, 78). Zu den Zuckeraustauschstoffen zählen neben der Fructose insbesondere die Zuckeralkohole Sorbit, Mannit, Isomalt, Maltit, Lactit und Xylit, deren Verwendung in der ZZuV und der EG-Richtlinie 94/35/EG geregelt ist (Oetker 2004, 989ff.; ZZuV 2007; EG-Richtlinie 94/35/EG 1994). Von den Zuckeraustauschstoffen findet laut den Zutatenlisten der Hersteller insbesondere der Zuckeralkohol Xylit als Süßungsmittel für Ketchupprodukte Verwendung, weshalb nicht näher auf die übrigen Zuckeraustauschstoffe eingegangen wird.

Der Zuckeralkohol Xylit kommt natürlicherweise in verschiedenen Früchten und Gemüsesorten vor, u.a. auch in Tomaten, wobei sein Anteil an der Trockenmasse weniger als 1% ausmacht (Hermann 2001, 78). Xylit besitzt einen reinen Süßgeschmack und in etwa die gleiche Süßkraft wie Saccharose. Es belastet den Blutzuckerspiegel innerhalb bestimmter Konzentrationen jedoch nicht, da sein Abbau beim Menschen insulinunabhängig über den Pentosephosphatweg erfolgt. Hinzu kommt, dass Xylit nur langsam aus dem Gastrointestinaltrakt aufgenommen wird. Dies kann bei übermäßigem Verzehr jedoch auch unerwünschte Folgen haben. Da Xylit schlecht resorbiert wird, gelangt es, sofern es in größeren Mengen aufgenommen wird, in untere Darmabschnitte, wo es aufgrund seiner hygroskopischen Eigenschaft Diarrhoen verursachen kann. Daher dürfen Produkte, sofern sie mehr als 100g Zuckeralkohole je kg enthalten, gemäß der ZZuV nur in den Verkehr gebracht werden, sofern der Hinweis „kann bei übermäßigem Verzehr abführend wirken“ angebracht ist (Biesalski/Grimm 2004, 78; ZZuV 2007).

Xylit wird aus Xylose durch Hydrierung an Nickelkatalysatoren unter hohem Druck und bei hohen Temperaturen synthetisiert. Xylose ist ein in Pflanzen vorkommendes Monosaccharid, welches auch als Holzzucker bezeichnet wird. Als Baustein von Xylan, einem Strukturbestandteil vieler Pflanzen, kommt es jedoch in freier Form praktisch nicht vor. Erst durch die hydrolytische Spaltung von Xylan erfolgt die Gewinnung von Xylose aus hemicellulosereichen Pflanzenresten wie z.B. Maiskolben oder Stroh (Oetker 2004, 889; Walther et al 2002). Xylit ist unter Nummer E967 als Zuckeraustauschstoff quantum

satis zugelassen. Eine Höchstmengenbeschränkung gibt es nicht, jedoch darf es „nach der guten Herstellungspraxis nur in der Menge verwendet werden, die erforderlich ist, um die gewünschte Wirkung zu erzielen“ (ZZulV 2007).

5.5 Ernährungsphysiologische Bedeutung von Tomaten- und Ketchupprodukten

Eine Portion (200g) Tomaten besitzt einen Energiegehalt von ca. 34kcal, was in etwa zwei Prozent des Tagesbedarfs eines männlichen, erwachsenen Menschen entspricht. Gleichzeitig deckt diese Menge den Tagesbedarf an Kalium zu ca. 30%, an Vitamin C zu ca. 50%, an Vitamin A zu ca. 17% und an Pyridoxin zu ca. 14%. Daneben enthalten Tomaten bedeutende Mengen an Thiamin, Panthoten- und Folsäure sowie zahlreiche weiterer Vitamine, Mineralstoffe und sekundäre Pflanzenstoffe wie beispielsweise Carotinoide (Heseker o.J., 26; BLS 2008; DGE 2001, 69/113/137/151). Das bedeutendste Carotinoid von Tomaten ist das Lycopin. Lycopin gehört zur Gruppe der Carotine und kommt in besonders hohen Konzentrationen in Tomaten vor. Aufgrund seiner Polyenstruktur (s. Abbildung 12) erscheint es als orangeroter Farbstoff und verleiht der Tomate ihre charakteristische rote Färbung. Daher gab auch die botanische Bezeichnung der Tomate (*Solanum lycopersicum*) dem Lycopin seinen Namen. Es kommt jedoch auch in anderen roten Früchten wie Hagebutten, Wassermelonen oder Papayas vor, jedoch stellt die Tomate die Hauptquelle des Lycopins in der europäischen Ernährung dar (Hart/Scott 1994; Oetker 2004, 495).

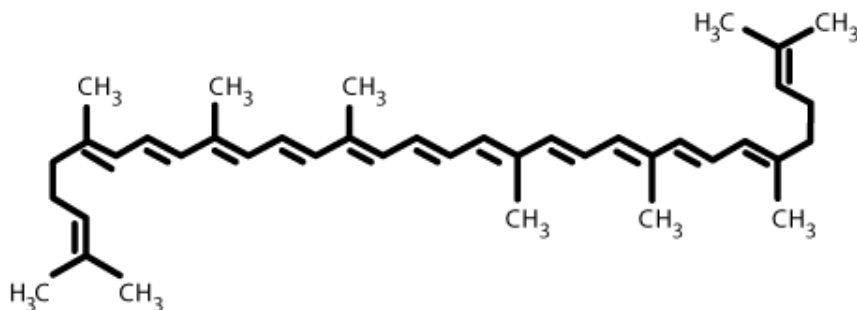


Bild 12: Chemische Struktur von Lycopin (Boehm 2007)

Lycopin ist in jeder einzelnen Zelle der Tomate vorhanden, nicht nur in der Schale. Doch erst die Verarbeitung des frischen Gemüses, z.B. zu Ketchup oder Tomatensaft, ermöglicht

eine effektive Resorption. Durch kurzes Erhitzen platzen die Zellen auf, so dass das Lycopin besser aufgenommen werden kann. Weiterhin findet eine temperaturabhängige Isomerisierung des Moleküls zu cis-Isomeren statt, wodurch die Bioverfügbarkeit ebenfalls erhöht wird. Das Lycopin selbst wird durch die Erhitzung nicht zerstört, da es sehr hitzestabil ist. Zerkleinern und schonendes Erhitzen tragen auf diese Weise zu einer deutlich erhöhten Bioverfügbarkeit des Stoffes bei. Darüber hinaus werden für verarbeitete Tomatenprodukte ausschließlich vollreife Tomaten verwendet. Da Lycopin hauptsächlich während der Reifephase gebildet wird, enthalten vollreif geerntete Tomaten entsprechend größere Mengen des Carotinoides (Ternes 2008, 751ff.; Hart/Scott 1994). Dosentomaten enthalten ca. 6,2mg und Tomatenketchups bis zu 28,4mg bioverfügbares Lycopin je 100g. Frische Tomaten weisen lediglich Lycopingehalte zwischen 2,9mg und 3,7mg je 100g auf (Merkur Vers. 2008). Obwohl Lycopin eine dem β -Carotin ähnliche Struktur aufweist, ist es kein Provitamin A. Ihm fehlt die notwendige Ringstruktur und wird daher zu den acyclischen Carotinoiden gezählt. Folglich kann aus ihm im menschlichen Organismus kein Retinol gebildet werden. Dennoch ist Lycopin für die menschliche Ernährung von großem Interesse. Lycopin weist im menschlichen Organismus die höchste Konzentration aller Carotinoide auf und verfügt über eine herausragende antioxidative Wirkung (Ternes 2008, 750ff.). Carotinoide, und insbesondere das Lycopin, gehören zu den wirksamsten natürlichen Quenchern für Singulett-sauerstoff oder freie Radikale. Freie Radikale werden, wie bereits in Kapitel 4.5.3 (Verderb emulgierter Soßen durch Autoxidation) beschrieben wurde, beispielsweise durch photochemische Reaktionen gebildet. Aufgrund ihrer Reaktivität können sie Aminosäuren, Nukleinsäuren oder ungesättigte Fettsäuren oxidieren und Schäden an Zellstrukturen oder Molekülen verursachen. Zudem können sie die DNS, das Erbgut jeder Zelle, schädigen und die Entstehung von Tumoren begünstigen. Als Radikalfänger werden die Carotinoidmoleküle selber zum Radikal, reagieren jedoch nicht mit anderen Molekülen in der Zelle, da sie durch die mesomeren Grenzstrukturen des Moleküls stabilisiert werden. Durch Abgabe von Wärme fallen die angeregten Carotinoidmoleküle wieder in ihren Grundzustand zurück. Bei dieser Reaktion werden sie chemisch nicht umgewandelt, so dass sie für weitere Quenchingprozesse zur Verfügung stehen (Horn et al 2005, 160). Lycopin weist eine der höchsten Quenchingraten aller Carotinoide auf. Sie übertrifft die Rate des β -Carotins um das zwei- und die des α -Tocopherols um ca. das hundertfache (Bässler et al 2002, 320).

Zahlreiche Studien deuten darauf hin, dass eine lycopinreiche Ernährung das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, verschiedene Krebsarten und Diabetes mellitus senkt. Lycopin soll beispielsweise die Oxidation von Plaques in den Arterien weitgehend verhindern und so der Arteriosklerose vorbeugen. Um eine positive Wirkung zu erzielen ist es dabei gleichgültig, ob die Tomaten roh oder gekocht verzehrt werden. Ausschlaggebend ist vielmehr der Reifezustand der Früchte, da nur vollreife Tomaten hohe Lycopingehalte aufweisen (Boehm 2007). Jedoch kann nach einer aktuellen Langzeitstudie, welche an 28.000 Probanden durchgeführt wurde, die Annahme, dass Lycopin insbesondere das Prostatakrebsrisiko senkt, nicht bestätigt werden (Lester 2007). Die Angaben in der Literatur sind jedoch nicht eindeutig. So kommt Mahyar in seiner Studie zu dem Schluss, dass Tomatenprodukte durchaus einen positiven Effekt auf die Prävention diverser Krebsarten ausüben, die dem Lycopin zugeschriebenen Effekte jedoch nicht ausreichen, um beispielsweise eine Lycopin-Supplementation zu empfehlen (Mahyar et al 2004). Insgesamt liegen kaum wissenschaftliche Beweise für die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Nahrungsmittelbestandteilen in Bezug auf ihre vorbeugenden Eigenschaften vor. Wichtige Aspekte der Bioverfügbarkeit von Lycopin sowie der molekularen Mechanismen seiner protektiven Wirkung sind noch nicht vollständig erforscht (Boehm 2007).

Bei der ernährungsphysiologischen Beurteilung von Tomatenketchup sind neben dem Lycopingehalt weitere Aspekte zu beachten. Unverarbeitete Tomaten enthalten im Vergleich zu Tomatenketchup die zwanzigfache Menge Folsäure (20µg/100g) und zwölffache Menge Vitamin C (24,5mg/100g), da diese Vitamine extrem empfindlich gegenüber Sauerstoff und Hitze sind und bei der Ketchupherstellung teilweise zerstört werden (Bässler et al 2002, 124; BLS 2008; Oetker 2004, 848). Darüber hinaus enthalten Tomatenketchups beträchtliche Mengen Zucker. Für Tomatenketchups ist zwar ein Mindestgehalt an Tomatentrockenmasse in Höhe von 6% vorgeschrieben, was umgerechnet ca. 1,1kg frischen Tomaten je Liter Ketchup entspricht. Jedoch weisen sie daneben, je nach Hersteller, Zuckergehalte zwischen 10% und 25% auf (Stiftung Warentest 2008). Dies entspricht der 10-fachen Menge, welche in frischen oder Dosentomaten enthalten ist. Die Energiedichte ist mit 110kcal je 100g im Vergleich zu frischen Tomaten mit lediglich 17kcal je 100g entsprechend hoch (BLS 2008).

Auch der Gehalt an Natrium ist aufgrund der Zugabe von Kochsalz in Ketchupprodukten deutlich höher. Während frische Tomaten lediglich 6mg Natrium je 100g enthalten, weisen

Tomatenketchups Gehalte von 1120mg je 100g auf. Positiv zu beurteilen ist jedoch die schnelle Verfügbarkeit und die bequeme Handhabung von Ketchupsoßen. Dennoch sollte Ketchup eher als würzende Zutat denn als Gemüseprodukt eingestuft werden (BLS 2008; Verbraucherzentrale Thüringen e.V. 2005).

5.6 Verderb von nichtemulgierten Soßen

Der Verderb von Ketchupsoßen kann verschiedene Ursachen haben. Einerseits können mikrobiologische oder enzymatische Prozesse zu einem Verderb der Soßen führen. Zum anderen kann es durch Oxidationsprozesse zu einer Verminderung von Geschmacks- und Aromastoffen sowie zu Verfärbungen kommen, welche sich negativ auf die Produktqualität auswirken (Philipp 1985[2]).

Die Geschwindigkeit des Verderbs hängt im Wesentlichen von der Art der Herstellung, der Rohstoffauswahl, der Zusammensetzung der Soßen sowie den Lagerungsbedingungen ab. Im Folgenden werden der mikrobiellen, enzymatische und oxidative Verderb, ihre Ursachen sowie Maßnahmen zu ihrer Vermeidung beschrieben.

5.6.1 Mikrobieller und enzymatischer Verderb nichtemulgierter Soßen

Die mikrobiologische Haltbarkeit nichtemulgierter Soßen wird durch innere Faktoren wie dem pH-Wert, insbesondere der Essigsäurekonzentration, und dem a_w -Wert sowie durch äußere Faktoren wie der Herstellungs- bzw. Lagertemperatur bestimmt (Zschaler 1976).

Während die Heißeherstellung bei Ketchupprodukten aufgrund der niedrigen pH-Werte (in der Regel weisen Ketchupsoßen pH-Werte zwischen 2,8 und 4,0 auf) mit einer Pasteurisation gleichzusetzen ist, reichen die bei der Kaltherstellung erreichten Temperaturen nicht aus, um ggf. in den Rohstoffen vorhandene MO abzutöten (Kleer/Baumgart 2003). Daher werden besonders bei kalthergestellten Soßen entsprechend hohe Anforderungen an die Rohstoffe gestellt. Nichtpasteurisierte Zutaten müssen möglichst niedrige Anfangskeimzahlen aufweisen, während pasteurisierte Rohstoffe wie beispielsweise Tomatenmark oder andere Fruchtzubereitungen, völlige Keimfreiheit aufweisen sollten. Darüber hinaus müssen die Zutaten frei sein von aktiven Enzymen, wie

beispielsweise Amylasen in Stärkeprodukten bzw. Katalasen, Pektinesterasen oder Peroxidasen in Gemüse und Gewürzen, da bei der Kaltherstellung eine thermische Denaturierung der Enzyme unterbleibt. Auch pasteurisierte Rohstoffe können eine Restenzymaktivität aufweisen, sofern die Pasteurisierung bei Temperaturen unterhalb von 85°C erfolgt. Aktive Enzyme können z.B. die konsistenzbildenden Pektine und Dickungsmittel abbauen und so die Viskosität herabsetzen. Die Folgen können ein Zusammenbrechen der Konsistenz oder ein Schleimigwerden des Produktes sein (Philipp 1985[2]; Baumgart 2004, 513).

Diese Probleme treten bei der Heißherstellung nicht auf. Heißhergestellte Ketchups sind praktisch steril und frei von aktiven Enzymen. Durch eine aseptische Abfüllung bleibt die Sterilität der Soße auch nach der Abfüllung erhalten. Ist eine keimfreie Abfüllung nicht möglich, z.B. bei der Abfüllung in Eimer, sollte das Produkt nach Möglichkeit mit einer Temperatur von über 60°C abgefüllt werden (Zschaler 1976, Phillip 1985[2]).

Die Lagerung von Ketchupprodukten ist unproblematisch. Aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften, auf welche nachfolgend eingegangen wird, weisen sie eine gute Ausgangsbasis hinsichtlich des mikrobiellen Verderbs auf. Daher ist eine relativ hohe Lagertemperatur möglich, so dass keine Kühlung erforderlich ist. Heißhergestellte und in Gläser abgefüllte Produkte weisen ohne Kühlung eine Haltbarkeit von ca. 9 Monaten, in Eimer abgefüllte Soßen eine Haltbarkeit von etwa 4–6 Monaten auf (Zschaler 1976; Kleer/Baumgart 2003).

Von den rein chemischen Faktoren trägt insbesondere der niedrige pH-Wert zur Konservierung der Produkte bei. Ein pH-Wert von 4,5 stellt hinsichtlich des MO-Wachstums eine deutliche Schwelle dar. Alle pathogenen MO wie Salmonellen, Clostridien oder Staphylococcen können sich in einem sauren Milieu ($\text{pH} \leq 4,5$) nicht vermehren und sterben relativ schnell ab. In der Regel liegt der pH-Wert von Ketchupprodukten unter $\text{pH} 4,0$, wodurch sie eine wesentlich verbesserte Haltbarkeit aufweisen (Wieder 1989, 5).

Zusätzlich übt die Essigsäurekonzentration einen Einfluss auf die mikrobiologische Haltbarkeit aus. Dies resultiert aus der Wirkungsweise der Wasserstoffionenkonzentration auf die MO, welche bereits in Kapitel 4.5.1 (Mikrobiologischer Verderb emulgierter Soßen) ausführlich beschrieben wurde. Zweifach konzentriertes Tomatenmark enthält durchschnittlich 0,7% Säure, berechnet als Essigsäure. Bei einem gemäß den Code-of-Practice hergestellten Tomatenketchup entspricht dies einem Beitrag von 0,2% Essigsäure.

Durch die Beigabe von Essig ergeben sich schließlich Essigsäuregehalte von 0,8 bis 1% (Philipp 1985[2]). Diese Essigsäurekonzentration garantiert zwar keinen absoluten Schutz gegenüber essigsäuretoleranten MO wie beispielsweise *Lactobacillus buchneri*, *Moniliella acetoabutans* oder *Saccharomyces bailii*, aber sie ermöglicht einen großen Schutz gegenüber dem normalen Verderb und garantiert die so genannte Anbruchhaltbarkeit im Haushalt (Zschaler 1976).

Der a_w -Wert ist ein weiterer physikalischer Faktor, welcher den mikrobiellen Verderb beeinflusst. Er ist ein Maß für die Wasseraktivität und beschreibt, wie viel freies, ungebundenes Wasser im Produkt vorhanden ist. Der Wasserdampfdruck über reinem Wasser entspricht einem a_w -Wert von eins. Eine völlig wasserfreie Substanz weist dagegen einen a_w -Wert von null auf. Zahlreiche Inhaltsstoffe wie Zucker, Kochsalz oder Proteine sind in der Lage, eine bestimmte Menge Wasser zu binden. Je mehr wasserbindende Zutaten in einem Lebensmittel enthalten sind, desto niedriger ist der a_w -Wert. MO benötigen jedoch für alle Stoffwechselaktivitäten eine bestimmte Menge freies Wasser, so dass ein niedriger a_w -Wert ein vermindertes MO-Wachstum bewirkt (Baltes 2000, 14ff.; Krämer 2002, 132ff.).

MO benötigen meist a_w -Werte von über 0,98. In mittelgradig verderblichen Lebensmitteln mit a_w -Werten zwischen 0,95 und 0,91 können sich die meisten bakteriellen Verderbniserreger und Lebensmittelvergifter nicht mehr vermehren. Nur resistente MO wie beispielsweise Mikrokokken, Staphylokokken, Hefen und vor allem Schimmelpilze können unter diesen Bedingungen wachsen. Jedoch hängt der für MO erforderliche Mindest- a_w -Wert wesentlich von anderen Milieufaktoren wie dem pH-Wert ab. Mit sinkendem pH-Wert sind umso höhere a_w -Werte notwendig, um ein MO-Wachstum zu ermöglichen (Krämer 2002, 135). Über die Rolle des a_w -Wertes in Bezug auf die Haltbarkeit von Ketchupprodukten finden sich in der Literatur widersprüchliche Angaben. Zschaler stuft den Einfluss der Wasseraktivität auf die Haltbarkeit von Feinkostprodukten eher als gering ein. Als Grund gibt sie die relativ großen Mengen an Saccharose oder Kochsalz an, die eingesetzt werden müssten, um einen Effekt zu erzielen (s. Tabelle 9). Um den a_w -Wert um 0,01 Einheiten zu senken, müssten 1,6g Kochsalz bzw. 5,8g Saccharose je 100g Produkt-Wasserphase eingesetzt werden. Ihren Angaben zufolge müssten die Rezepturen die bis zu zehnfache Menge Salz bzw. Zucker enthalten, um einem Verderb vorzubeugen. Ausnahmen können jedoch einige Rohstoffe darstellen (Zschaler 1976).

Tabelle 9: a_w -Werte von Kochsalz, Saccharose und Invertzuckerlösung bei 25°C
(nach Krämer 2002, 133)

a_w - Wert	NaCl (Gew. %)	Saccharose (Gew. %)	Invertzucker (Gew. %)
0,99	1,7	15,4	4,1
0,98	3,4	26,0	8,2
0,96	6,5	39,6	16,4
0,94	9,3	48,2	24,6
0,92	11,9	54,3	32,8
0,90	14,8	58,4	41,0
0,88	16,2	62,7	49,3
0,86	18,1	65,6	57,5

Gert Dieter Philipp dagegen misst dem a_w -Wert eine größere Bedeutung bei. Die Zugabe von Saccharose und anderen Zuckerarten, insbesondere Glucose- oder Invertzuckersirup, tragen ihm zufolge neben der Absenkung des pH-Wertes und der Erhöhung der Essigsäurekonzentration wesentlich zur Verlängerung der Haltbarkeit bei.

Die Verringerung des a_w -Wertes erfolgt durch die Erhöhung des osmotischen Drucks, welcher wiederum aus der Erhöhung der Konzentration gelöster Bestandteile resultiert. Dabei ist die geringe Größe der gelösten Stoffe von Bedeutung. Während beispielsweise Polysaccharide nur einen geringen Effekt ausüben, zeigen Monosaccharide wie Glucose bzw. Fructose oder Stoffe, die in der Lösung in ihre Ionen zerfallen, eine größere Wirkung. Der Zugabe von Kochsalz sind geschmackliche Grenzen gesetzt. Um jedoch die konservierende Wirkung des Zuckers zu erhöhen ist es möglich, anstatt der Saccharose die osmotisch wirksameren Monosaccharide Glucose und Fructose, auch in Form von Glucosesirup, zu verwenden. Bei der Heißeherstellung spielt die Zuckerart dagegen eine untergeordnete Rolle, da der Großteil der Saccharose während des Herstellungsprozesses invertiert und zu den Monomeren Glucose und Fructose zerfällt (Philipp 1985[2]). Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzungen von Ketchupsoßen in Bezug auf den Zucker- und Salzgehalt, kann keine allgemeingültige Aussage über den a_w -Wert von Ketchupprodukten gemacht werden. Alzamora legt jedoch für Tomatenketchup eine Wasseraktivität von 0,94 zugrunde, welche im Zusammenhang mit einem pH-Wert von 3,8–4,0 einen wirksamen Schutz vor den meisten Bakterien darstellt (Alzamora et al 2003, 614).

Dennoch ist ein Verderb der Ketchupprodukte, insbesondere der kalthergestellten Soßen, nicht ausgeschlossen. Zum Verderb können Essigsäurebakterien der Gattung *Acetobacter*

und *Gluconobacter*, Milchsäurebakterien der Gattung *Lactobacillus* wie beispielsweise *L. fructivorans* und *Leuconostoc* sowie Hefen und Schimmelpilze führen, welche gegenüber niedrigen a_w - und pH-Werten die größte Resistenz aufweisen. Bei der Abfüllung in Kunststoffflaschen kann die Vermehrung von Essigsäurebakterien der Genera *Acetobacter* Bombagen verursachen. Nach einer ausreichenden Standzeit ist es jedoch möglich, dass das Kohlenstoffdioxid bei gasdurchlässigen Kunststoffen entweicht, so dass keine geschmackliche Veränderung des Produktes wahrnehmbar ist (Kleer/Baumgart 2003).

Darüber hinaus kann ein Verderb auch durch die Verderbniserreger *Bacillus coagulans*, *B. stearothermophilus*, *Paenibacillus macerans*, *Clostridium pasteurianum*, *Byssoschlamyxa nivea*, *B. fulva* und *Neosartorya fischeri* hervorgerufen werden (Björkroth/Kokeala 1997). Ein Verderb durch *Clostridium botulinum* ist aufgrund der niedrigen pH-Werte ausgeschlossen, da sein pH-Minimum bei pH 4,5 liegt. Bei verschimmelter Ware besteht jedoch neben der Möglichkeit der Mykotoxinbildung auch die Gefahr einer Erhöhung des pH-Wertes, da Schimmelpilze organische Säuren verstoffwechseln können. Nach der Beimpfung von Tomatensaft mit Schimmelpilzen der Gattung *Cladosporium* und *Penicillium* stieg unterhalb der Schimmelpilzdecke der pH-Wert innerhalb von sechs Tagen von 4,2 auf 5,8 und nach neun Tagen auf 7,0 an (Huhtanen et al 1976; Robinson et al 1994). Diese Milieuänderung kann zu einer Vermehrung von *Clostridium botulinum* führen. Bereits bei einem pH-Wert von 5,0 konnte in mit *Clostridium botulinum* beimpften Tomatensaft eine Toxinbildung nachgewiesen werden. So kam es beispielsweise in der ehemaligen UDSSR zu neun Botulismusvergiftungen, deren Ursache verschimmelter Tomatensaft war (Odlaug et al 1979; Huhtanen et al 1976).

Um einen Verderb durch Schimmelpilze und MO zu unterbinden ist eine chemische Konservierung möglich und zulässig. Für nichtemulgierte Soßen sind die Konservierungsstoffe Benzoe- und Sorbinsäure sowie ihre Kalium-, Calcium- und Natriumsalze zugelassen, deren Gesamtgehalt die Grenze von 1.000mg/kg nicht überschreiten darf (ZZuIV 2007). Eine detaillierte Beschreibung der Benzoe- bzw. Sorbinsäure sowie ihrer Wirkungsweise enthält Kapitel 4.5.1 (Mikrobieller Verderb emulgierter Soßen). Kaltthergestellten Soßen werden, da eine Pasteurisierung während der Herstellung unterbleibt, in der Regel Sorbin- und / oder Benzoesäure zugesetzt. Aufgrund der niedrigen pH-Werte von Ketchupsoßen wird hauptsächlich die insbesondere im sauren Bereich wirksame Benzoesäure verwendet. Jedoch weisen Benzoesäure und deren Salze einen Eigengeschmack auf, der auch bei Einhaltung der Grenzwerte hervortreten kann. Die

geschmacklichen Nachteile halten sich jedoch aufgrund der hohen Säuregehalte und der Würzungen der Ketchupprodukte in Grenzen (Lück/Jäger 1995, 187). Bei heißhergestellten Soßen wird meist auf den Zusatz von Konservierungsmitteln verzichtet, da das Risiko eines mikrobiellen Verderbs aufgrund der hohen Temperaturen während der Herstellung gering ist (Philipp 1985[2]).

5.6.2 Oxidativer Verderb nichtemulgierter Soßen

Neben dem mikrobiellen Verderb, welcher durch entsprechende Produktionsmethoden, die Auswahl geeigneter Rohstoffe und durch den Einsatz von Konservierungsmitteln vermieden werden kann, ist auch ein Verderb durch Oxidationsprozesse möglich.

Oxidationsreaktionen, welche hauptsächlich durch Sauerstoff, auch in gelöster Form, ausgelöst werden, können zu Verfärbungen oder einem Verlust an Geschmacks- und Aromastoffen führen (Zschaler 1976). Hauptsächlich tragen die Oxidationsprodukte des Lycopins und der Anthocyanidine sowie Polyphenoloxidationen zur Dunkelfärbung der Soßen bei. Da der Luftsauerstoff der Hauptverursacher der Oxidationsreaktionen ist, bietet die Vermeidung von Lufteinschlägen bei der Produktion einen wirksamen Schutz. Die Produktion unter Vakuum sowie die Erzeugung eines wirksamen Redoxpotentials, beispielsweise durch den Zusatz des Antioxidationsmittels Ascorbinsäure (Vitamin C), tragen dazu bei, Oxidationsreaktionen zu unterbinden (Philipp 1985[2]).

Da die Reaktionsgeschwindigkeit maßgeblich von der Temperatur abhängt, bietet es sich zudem an, die für Verfärbungen anfälligen Zutaten wie Tomatenmark und andere Fruchtpulpen bei der heißherstellung möglichst spät zuzugeben. Auf diese Weise werden lange und zu starke Erhitzungen der empfindlichen Zutaten vermieden. Daneben sollten die fertigen Soßen im Hinblick auf die Vermeidung von Oxidationen nach der Herstellung möglichst rasch gekühlt und auch während der Lagerung möglichst kühl gehalten werden. Da auch Licht Oxidationsreaktionen auslösen kann, spielt die Dunkellagerung eine wichtige Rolle. Von diesen Produktions- und Lagerbedingungen profitieren auch die Geschmacks- und Aromastoffe, da deren Verlust ebenso durch hohe Temperaturen oder Licht verursacht wird (Philipp 1985[2]; Zschaler 1976).

6. Feinkostsalate

Unter Feinkostsalaten werden im Allgemeinen verzehrsfertige Zubereitungen aus Zutaten tierischer und / oder pflanzlicher Herkunft in einer geschmacklich hierauf abgestimmten Soße verstanden. Als Soße werden üblicherweise Mayonnaise, Salatmayonnaise, Salatcreme oder andere würzende Soßen sowie Essig und / oder Öl verwendet (Oetker 2004, 241). Feinkostsalate werden überwiegend zur Selbstbedienung in Fertigpackungen in den Verkehr gebracht und stammen meist aus industrieller Produktion. In Lebensmittelgeschäften mit Bedienungstheken, Feinkostgeschäften oder Metzgereien werden Feinkostsalate auch lose angeboten. Es existieren zahlreiche verschieden Arten von Feinkostsalaten, entsprechend vielfältig sind auch die Zutaten. Die Zubereitungen können beispielsweise Fleisch- und Fischteile, Eier, Gemüse, Pilze, Obstzubereitungen oder Kartoffeln enthalten. Die Herstellung und Zusammensetzung der Feinkostsalate variiert, so dass auch bei gleichnamigen Produkten zum Teil erhebliche Abweichungen der Zutaten auftreten können (Kunz 1993, 80). Um trotz der großen Anzahl an Salatsorten und Vielzahl an Zutaten sowie deren Kombinationsmöglichkeiten eine gewisse Markttransparenz und damit verbundene Handelbarkeit zu ermöglichen, sind in den Leitsätzen für Feinkostsalate des Deutschen Lebensmittelbuches Mindestanforderungen für zahlreichen Salatsorten festgelegt (Lips/Beutner 2000, 137).

6.1 Das Deutsche Lebensmittelbuch

„Das Deutsche Lebensmittelbuch ist eine Sammlung von Leitsätzen, in denen Herstellung, Beschaffenheit oder sonstige Merkmale von Lebensmitteln, die für die Verkehrsfähigkeit der Lebensmittel von Bedeutung sind, beschrieben werden“ (LFGB 2005).

Im Gegensatz zu Tomatenketchup, Speisesenf oder Mayonnaisen und mayonnaiseartigen Erzeugnissen, deren allgemeine Verkehrsauffassung lediglich in verschiedenen Richtlinien der Wirtschaft, beispielsweise den Code-of-Practice, definiert ist, existieren für die Feinkostsalate entsprechende Leitsätze im Deutschen Lebensmittelbuch. Das Deutsche Lebensmittelbuch soll dazu beitragen, Beurteilungsmerkmale hinsichtlich der Zusammensetzung und Beschaffenheit einzelner Lebensmittel sowie Lebensmittelgruppen zu definieren. Dazu verfasst die Deutsche Lebensmittelbuch Kommission (DLK), deren 32

Mitglieder zu gleichen Teilen aus Kreisen der Wissenschaft, der Lebensmittelüberwachung, der Verbraucherschaft und der Lebensmittelwirtschaft stammen, so genannte Leitsätze. Die Leitsätze müssen von der Deutschen Lebensmittelbuch-Kommission grundsätzlich einstimmig beschlossen werden. Diese werden vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) im Einvernehmen mit den Bundesministerien der Justiz und für Wirtschaft veröffentlicht (LFGB 2005; BMELV 2008). Die Leitsätze selbst sind keine Rechtsnormen und daher nicht mit Gesetzen oder Verordnungen gleichzusetzen. Die Leitsätze beschreiben vielmehr eine bestehende, allgemeine Verkehrsauffassung bzw. Merkmale von Lebensmitteln, die für die Verkehrsfähigkeit der Lebensmittel von Bedeutung sind. Sie sind somit Hilfsmaßstäbe bei der Ermittlung der bestehenden Verkehrsauffassung. Der Vorteil der Leitsätze bzw. des Deutschen Lebensmittelbuches ist, dass sie nicht an die strengen Methoden der Gesetzesteknik gebunden sind. Merkmale für die Beurteilung der Zusammensetzung und der Eigenschaften bestimmter Lebensmittel können einfacher und praktikabler niedergelegt werden als im Paragraphenwerk einer Rechtsverordnung. Die Leitsätze haben die Qualität objektiver Sachverständigengutachten aller in Betracht kommenden Kreise über die allgemeine Verkehrsauffassung (Lips/Beutner 2000, 16ff.; BMELV 2008).

Eine detaillierte Beschreibung der verkehrsüblichen Zusammensetzung verschiedener Feinkostsalate enthielten die bereits 1972 vom Bundesverband der Deutschen Feinkostindustrie aufgestellten und 1979 neu formulierten Leitsätze. Diese Beschreibungen wurden von der Deutschen Lebensmittelbuch-Kommission aufgegriffen und gingen in die Leitsätze vom 02.12.1998 für Feinkostsalate ein (Lips/Beutner 2000, 137).

6.2 Begriffsbestimmung Feinkostsalate

Bei Feinkostsalaten handelt es sich gemäß den Leitsätzen des Deutschen Lebensmittelbuches um „verzehrfertige Erzeugnisse aus Zutaten tierischer und / oder pflanzlicher Herkunft in einer geschmacklich hierauf abgestimmten Soße“ (DLK 1999). Als Soßen dienen üblicherweise Mayonnaise oder Salatmayonnaise. Bei fettreduzierten Erzeugnissen ist die Verwendung anderer Soßen als Mayonnaise oder Salatmayonnaise üblich. Die Rezeptur, Art und Beschaffenheit der Zutaten sowie die Art der Herstellung prägen den Charakter der Feinkostsalate (DLK 1999). Die Zutaten, welche maßgeblich den Charakter von Feinkostsalaten prägen, werden in folgende fünf Gruppen zusammengefasst:

1. *Fleisch von Schlachttieren, Wild und Geflügel, hitzegegart, auch gepökelt und Erzeugnisse daraus.*
2. *Fische, Krebs- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus*
3. *Gemüse, Kartoffeln, Pilze, Obst, Käse, Eier, Teigwaren, Reis sowie andere stückige Zutaten*
4. *Soßen wie Mayonnaise und/oder Salatmayonnaise, andere mehr oder minder emulgierte Zubereitungen, wahlweise aus Speiseöl, Essig, Sahne, Joghurt, Crème fraîche, verkehrsüblichen Zuckerarten, anderen geschmackgebenden oder den Genusswert erhöhenden Zutaten*
5. *Gewürze, andere würzende Zutaten und Aromen (DLK 1999)*

Dabei müssen die Zutaten die Anforderungen ihrer jeweiligen Leitsätze erfüllen, welche in den Kapiteln 6.4 ff. (Rohstoffe von Feinkostsalaten) näher beschrieben werden. Falls keine entsprechenden Leitsätze für bestimmte Bestandteile existieren, so müssen diese der allgemeinen Verkehrsauffassung entsprechen. Wird auf eine Zutat in der Verkehrsbezeichnung besonders hingewiesen, so muss diese auch in Mengen enthalten sein, um maßgeblich zum Charakter des Salates beizutragen (DLK 1999).

In den Leitsätzen werden die Salate nach ihren wertbestimmenden Bestandteilen in drei Kategorien eingeteilt: Salate mit Fleisch und / oder Fleischerzeugnissen, Salate mit Fleisch von Fischen, Krebs- und / oder Weichtieren sowie Gemüse-, Pilz-, Obst-, Käse-, Eier- und andere Feinkostsalate. Darüber hinaus definieren die Leitsätze zahlreiche Feinkostsalate und schreiben die Zutaten für diese vor. Werden die aufgeführten Verkehrsbezeichnungen verwendet, so müssen die Mindest- bzw. Höchstmengen und die gestellten Anforderungen eingehalten werden. Zu beachten ist, dass sich die Prozentangaben auf das Gewicht zum Zeitpunkt der Herstellung beziehen. Einzelne Rohwaren können herstellungsbedingt oder durch Stoffaustausch, beispielsweise durch Wasserverlust oder Wasseraufnahme, Gewichtsveränderungen erleiden oder in ihrer Struktur verändert werden (Deutsche Lebensmittelbuch Kommission 1999).

Neben den in den Leitsätzen aufgeführten und definierten Feinkostsalaten existieren zahlreiche weitere Variationen mit Phantasiebezeichnungen. Ihre Zusammensetzung und Bezeichnung wird nicht durch die Leitsätze festgelegt und ist dem Hersteller überlassen (Deutsch Lebensmittelbuch Kommission 1999).

Aufgrund der großen Anzahl an Varianten im Handel angebotener Feinkostsalate ist es kaum möglich, eine abschließende Darstellung des Salatsortiments zu geben. Daher

werden in den folgenden Abschnitten hauptsächlich die Anforderungen an die in den Leitsätzen beschriebenen Feinkostsalate näher beschrieben.

6.2.1 Salate mit Fleisch und / oder Fleischerzeugnissen

Unter Salaten mit Fleisch und / oder Fleischerzeugnissen werden insbesondere diejenigen Salate verstanden, deren wertbestimmende Zutaten aus Fleisch von Schlachttieren, Wild, Geflügel und Erzeugnissen daraus bestehen. Gängige Verkehrsbezeichnungen sind beispielsweise Fleischsalat, Ochsenmaulsalat oder Geflügelsalat. In den Leitsätzen ist festgelegt, durch welche charaktergebenden Zutaten sich der jeweilige Salat zusammensetzt. Auch die Mindest- und Höchstmengen der wertgebenden Bestandteile werden in den Leitsätzen definiert (DLK 1999).

Bei Salaten, die Fleisch enthalten, aber nicht den folgenden Bezeichnungen entsprechen, bleiben Zusammensetzung und Namensgebung dem Hersteller überlassen.

1. Fleischsalat

Bei Fleischsalat handelt es sich um einen Feinkostsalat auf der Grundlage einer Soße aus Mayonnaise und / oder Salatmayonnaise, Fleisch und / oder Fleisch-erzeugnissen, Gurken als einziges Gemüse sowie würzenden Zutaten. Als Fleischerzeugnisse dürfen entweder Brühwurst oder Fleischsalatgrundlage verwendet werden (DLK 1999; Oetker 2004, 264). Diese sind durch die Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse näher definiert (s. Kapitel 6.4.1). Die Festen Zutaten wie Fleisch, Fleischerzeugnisse und Gurken werden in der Regel in ca. 3mm breite Streifen geschnitten. Die auf diese Weise erzeugte Oberflächenvergrößerung erleichtert die Aufnahme von Gewürzen und Aromastoffen. Der Anteil an Gurken darf gemäß den Leitsätzen zusammen mit den würzenden Zutaten max. 25% betragen. Hingegen muss die Fleischeinwaage bzw. die Fleischsalatgrundlage oder Brühwurst einen Anteil von mindestens 25% ausmachen. Der Fleischsalat darf nicht mit dem Rindfleischsalat gleichgesetzt werden, da dieser sich in Bezug auf Würzung und Zusammensetzung deutlich vom Fleischsalat unterscheidet (Oetker 2004, 666; DLK 1999).

2. Delikatess-Fleischsalat / Feiner Fleischsalat oder ähnlich ausgelobte Fleischsalaterzeugnisse

Die Grundzutaten von Delikatess- oder ähnlich ausgelobten Fleischsalaten und herkömmlichen Fleischsalaten unterscheiden sich nicht. Jedoch zeichnet sich Delikatess-Fleischsalat durch eine besondere sensorische Qualität und durch eine besonders sorgfältige Herstellung aus. Dies wird u.a. durch einen höheren Mindestfleischanteil bzw. durch einen geringeren Anteil an Gurken und würzenden Zutaten erreicht. So beträgt der Mindestgehalt an Fleisch und / oder Fleischsalatgrundlage und / oder Brühwurst 33,3%. Gurken und andere würzende Zutaten dürfen hingegen maximal 16,6% der Gesamtmasse ausmachen. Darüber hinaus ist bei Delikatess-Fleischsalat die Verwendung einer Salatmayonnaise mit einem Fettgehalt von mindestens 65% üblich (Oetker 2004, 264; DLK 1999).

3. Italienischer Salat

Bei italienischen Salat handelt es sich um einen Fleischsalat, bei welchem ein Teil der Gurken durch andere Gemüsearten und / oder andere Zutaten ersetzt wird. So können beispielsweise Karottenstreifen, Erbsen, hart gekochte Eier oder Äpfel einen Teil der Gurken ersetzen (DLK 1999; Oetker 2004, 386).

4. Rindfleischsalat

Rindfleischsalat ist ein Feinkostsalat aus gekochtem oder anderweitig gegartem, geschnittenem Rindfleisch und anderen Zutaten und Gewürzen. Dabei werden sowohl sättigende Zutaten wie Kartoffeln als auch verschiedene Gemüse wie beispielsweise Zwiebeln, Paprika oder Erbsen verwendet. In der Regel wird Rindfleischsalat mit Mayonnaise, Öl und / oder Essig oder einer anderen beliebigen würzenden Soße angerichtet. Der Rindfleischanteil beträgt mindestens 20%, wobei die Verwendung von Formfleisch üblich ist (DLK 1999; Stemmer 1991, 476). Bei Formfleisch handelt es sich um Fleischerzeugnisse, welche durch Hitze- oder Gefrierbehandlung aus gewachsenen Fleischstücken zu einer größeren Einheit zusammengefügt werden (s. Kapitel 6.4.1) (DLK 2001).

5. Ochsenmaulsalat

Ochsenmaulsalat ist eine regionale Spezialität aus dem süddeutschen Raum. Deren Hauptbestandteil ist gepökeltes, gekochtes und in Streifen oder Scheiben geschnittenes Rindermaul (Ochsenmaul), dessen Anteil am Fertigprodukt mindestens 50% betragen

muss. Als weitere Zutaten finden Speiseöl, Essig, Zwiebeln, Gewürze und andere würzende Zutaten Verwendung (DLK 1999; Stade/Panske 1991).

6. Wurstsalat

Wurstsalat ist ein aus geschnittener Wurst, Gurken und / oder Zwiebeln hergestellter Feinkostsalat. Dabei darf auch eine Kombination verschiedener Wurstsorten verwendet werden. Wurstsalat wird wahlweise mit Speiseöl und / oder Essig, Mayonnaise, Salatmayonnaise oder anderen würzenden Soßen zubereitet. Bei der Verwendung von Speiseöl und Essig muss der Wurstanteil mindestens 50% betragen. Wird hingegen Mayonnaise, Salatmayonnaise oder eine andere Würzsoße verwendet, so schreiben die Leitsätze lediglich einen Mindestwurstanteil von 25% vor, wobei der Anteil an Gurken und anderen würzenden Zutaten höchstens 25% betragen darf (DLK 1999; Oetker 2004, 887).

7. Geflügelsalat

Geflügelsalat wird aus gekochtem oder anderweitig gegartem und geschnittenem Geflügelfleisch hergestellt. In Feinkostsalaten darf gemäß den Leitsätzen nur sehn- und fettgewebsarmes bzw. grob entsehtes Geflügelfleisch verwendet werden, deren Anforderungen in Kapitel 6.4.1 erläutert werden. Die Mitverwendung anderer Geflügelarten als Hühner, Hähnchen oder Poularden muss kenntlich gemacht werden. Der Fleischanteil von Geflügelsalaten beträgt mindestens 25%. Als weitere Zutaten kommen beispielsweise gekochte Eier, Pilze, Obst oder Gemüse sowie würzende Zutaten in Frage (DLK 1999; Bertling 1983). Als Soßen werden Mayonnaise, Salatmayonnaise, Öl und / oder Essig oder andere würzende Soßen verwendet (Oetker 2004, 298ff.).

8. Delikatess-Geflügelsalat / Feiner Geflügelsalat oder ähnlich ausgelobte Geflügelsalaterzeugnisse

Delikatess- oder ähnlich ausgelobte Geflügelsalate unterscheiden sich in ihren Ausgangsstoffen nicht von herkömmlichen Geflügelsalaten. Jedoch zeichnen sich Delikatess-Geflügelsalate durch einen besonders hohen Fleischanteil von mindestens 30% aus (DLK 1999).

6.2.2 Salate mit Fleisch von Fischen, Krebs- und / oder Weichtieren

Unter Salaten mit Fleisch von Fischen, Krebs- und / oder Weichtieren werden diejenigen Feinkostsalate zusammengefasst, deren wertgebende Zutaten aus Fleisch sowie Erzeugnissen von ebendiesen bestehen. Gängige Verkehrsbezeichnungen sind beispielsweise Fischsalat (z.B. Thunfisch- oder Lachssalat), Herings- oder Krabbensalat. Die jeweiligen Definitionen legen sowohl die Auswahl der Zutaten als auch deren Höchst- bzw. Mindestanteile fest (DLK 1999).

Neben den Leitsätzen für Feinkostsalate enthalten die Leitsätze für Fische, Krebs- und Weichtiere verschiedene Anforderungen an die verwendeten Rohstoffe. So müssen beispielsweise Sahnesoßen und -cremes mindestens 2% Milchfett enthalten. Ist der Verkehrsbezeichnung das Wort „Sahne“ vorangestellt (z.B. Sahne-Heringssalat), muss die Soße einen Milchfettanteil von mindestens 4% aufweisen. Werden Soßen auf der Basis von Mayonnaise oder mayonnaiseähnlichen Erzeugnissen verwendet, müssen die Soßen mindestens 50% dieser Zutaten enthalten (DLK 2003).

Die Anforderungen an die Rohstoffe tierischen Ursprungs sowie die Beschreibung ihrer Eigenschaften erfolgt in Kapitel 6.4.2 (Fleisch von Fischen, Krebs- und Weichtieren).

1. Fischsalate wie Thunfischsalat, Lachssalat, Makrelensalat (außer Heringssalat und Matjessalat)

Fischsalate sind Zubereitungen aus zerteiltem Fleisch von entgräteten, gekochten, marinierten, gebratenen oder anderweitig verzehrfertig zubereiteten Fischen, wobei Seefische bevorzugt werden. Das in mundgerechte Stücke geschnittene Fischfleisch wird mit Zutaten wie Obst, Gemüse, gekochten Eiern sowie würzenden Zutaten mit einer pikanten Salatsoße vermengt. Die Art der Soße ist nicht vorgeschrieben. Als Zutaten kommen grundsätzlich alle Gemüse und Früchte infrage, die sich geschmacklich dazu eignen. Dazu zählen sowohl eher würzende Zutaten wie Gewürzgurken, Zwiebeln oder Tomaten als auch Sättigende wie beispielsweise Reis oder Kartoffeln (Oetker 2004, 257; Täufel et al 2005, 569). Fischsalate müssen einen Fischanteil von mindestens 20% aufweisen, wobei in der Verkehrsbezeichnung die verwendete Fischart angegeben sein muss. Herings- und Matjessalate fallen jedoch nicht unter diese Definition, da für diese Salate besondere Anforderungen in den Leitsätzen formuliert sind (DLK 1999).

2. Heringssalat

Heringssalat besteht aus engrätetem, evtl. gewässertem und in mundgerechte Stücke oder Streifen geschnittenem Salzhering und / oder mariniertem Hering (Bismarckhering) in einer pikanten Salatsoße und verschiedenen anderen Zutaten. Dazu zählen würzige Zutaten wie beispielsweise Gewürzgurken, Zwiebeln, Paprikaschoten, Tomaten, rote und / oder weiße Bete, Sellerie, Äpfel, Kapern oder Nüsse. Es können aber auch sättigende Zutaten wie z.B. Kartoffeln oder Reis verwendet werden. Auch die Zugabe von Rindfleisch oder Fleischsalatgrundlage ist erlaubt, wobei bei ersterem die Verwendung von Formfleisch üblich ist. Heringssalat muss mindestens einen Anteil von 20% Heringsfleisch aufweisen (DLK 1999; Oetker 2004, 360).

3. Delikatess-Heringssalat / Feiner Heringssalat oder ähnlich ausgelobte Heringsalaterzeugnisse

Die Ausgangsstoffe von Delikatess- oder in ähnlicher Weise ausgelobten Heringssalaten stimmen weitestgehend mit den Zutaten von herkömmlichen Heringssalaten überein. Delikatess-Heringssalat zeichnet sich jedoch durch die ausschließliche Verwendung von enthäuteten Heringen sowie einen Mindestanteil an Heringsfleisch von 25% aus (DLK 1999).

4. Matjessalat

Der Matjessalat stellt eine Sonderform des Heringssalates dar. Das Ausgangsmaterial sind enthäutete, geschnittene, matjesartig gesalzene Heringsfilets und / oder Matjesfilets nordische Art und / oder Matjesfilets. Der Fischanteil muss einen Mindestanteil von 50% am Endprodukt haben. Hinzu kommen weitere Zutaten wie beispielsweise Gurken, Zwiebeln, Sellerie, Tomaten, Paprika und Obst (DLK 1999). Matjessalat wird im Gegensatz zu den meisten anderen Heringssalaten nicht mit Mayonnaise bzw. mayonnaiseartigen Würzsoßen sondern mit einer Vinaigrette, einer Soße aus Öl, Essig, Salz, verschiedenen Kräutern und Gewürzen, angemacht (Oetker 2004, 360/846). Eine zweite Besonderheit stellt die besondere Kennzeichnung der Fischrohwaren dar. Neben der Verkehrsbezeichnung wird explizit darauf hingewiesen, ob Matjesfilets, matjesartig gesalzene Heringsfilets oder Matjesfilets nordische Art verwendet wurden.

Eine typische Bezeichnung könnte wie folgt lauten: „Matjessalat, aus matjesartig gesalzenen Heringsfilets“ (DLK 1999).

5. Krabbensalat

Krabbensalat wird aus dem Fleisch gekochter und geschälter Nordsee- oder Tiefseegarnelen hergestellt, deren Anteil am Endprodukt gemäß den Leitsätzen mindestens 40% betragen muss. Dabei finden sowohl frische als auch tiefgekühlte Garnelen (in Deutschland zoologisch fälschlicherweise „Krabben“ genannt) Verwendung. Hinzu kommen verschiedene würzende Zutaten. Als Soße dürfen ausschließlich Mayonnaise oder Salatmayonnaise verwendet werden. Wird der Krabbensalat als „Nordseekrabbensalat“ angeboten, so darf dieser ausschließlich Garnelen der Gattung *Crangon crangon* (Nordseegarnele) enthalten (DLK 1999; Oetker 2004, 450).

6. Salate mit Fleisch von Krebs- und / oder Weichtieren

Neben dem bereits beschriebenen Krabbensalat werden im Handel noch zahlreiche weitere Feinkostsalate auf der Grundlage von Fleisch von Krebs- und / oder Weichtieren angeboten, welche als „...-Salat“ unter Voranstellung der Verkehrsbezeichnung der verwendeten Tierart bezeichnet werden. Um die Anforderungen der Leitsätze zu erfüllen, müssen diese mindestens einen Fleischanteil von Krebs- und / oder Weichtieren von 20% aufweisen. Daneben kommen andere Zutaten wie Obst, Gemüse, gekochte Eier sowie würzende Zutaten, welche in den Leitsätzen nicht näher beschrieben werden, zur Verwendung (DLK 1999). Als Beispiel kann der Muschelsalat genannt werden. Er besteht mindestens zu 20% aus gekochten und geschälten Muscheln, Salatmayonnaise sowie gewürfelten Gurken, Zwiebeln, Tomaten oder Paprika (Philipp o.J.).

6.2.3 Gemüse-, Pilz-, Obst-, Käse-, Eier- und andere Feinkostsalate

Neben den auf Fleisch von Fischen bzw. Fleisch- und Fleischerzeugnissen basierenden Salaten existieren verschiedenste Feinkostsalate auf der Basis von Gemüse, Pilzen, Obst, Käse, Eiern und anderen Ingredienzien, deren Zusammensetzung im Einzelnen nicht näher definiert ist. Wird jedoch bei der Bezeichnung der Ware deutlich auf eine Zutat oder

mehrere Zutaten in Verbindung mit dem Wort „-salat“ hingewiesen, dann muss diese Zutat in einer charaktergebenden Menge von mindestens 20% enthalten sein. Werden mehrere Zutaten genannt, so müssen diese insgesamt zu mindestens 20% enthalten sein. Der Anteil der festen Bestandteile muss mindestens 40% betragen, sofern die Salate auf der Basis von Pilzen, Gemüse, Obst, Käse, Eiern, Kartoffeln oder Reis basieren (DLK 1999).

Die im Folgenden beschriebenen Salate sind nicht als solche im Deutschen Lebensmittelbuch aufgeführt. Sie sollen vielmehr als Beispiele für die Produktgruppe der auf Gemüse, Pilzen, Käse und anderen Zutaten basierenden Feinkostsalate dienen.

1. Gemüsesalat

Unter Gemüsesalaten werden allgemein Feinkostsalate auf der Basis fester Gemüsebestandteile wie z.B. Brokkoliröschen, Erbsen, Brechbohnen, Spargel oder Maiskörnern verstanden. Der Gehalt fester Gemüsebestandteile beträgt mindestens 40%. Wird in der Verkehrsbezeichnung auf eine bestimmte Zutat in Verbindung mit dem Begriff „...salat“ besonders hingewiesen, z.B. Möhrensalat, so müssen von dieser Zutat mindestens 20% im Endprodukt enthalten sein (DLK 1999, Oetker 2004, 308). Als Beispiel für einen Gemüsesalat kann der Krautsalat genannt werden. Als Feinkostsalat muss er mindestens 40% Gemüse, davon mindestens 20% Weißkohl, enthalten (Oetker 2004, 452). Zu den Gemüsesalaten zählen auch diverse Salate mit Phantasiebezeichnungen wie z.B. „Party-Salat“, welcher aus Weißkohl, Sellerie, Mais, Gurken, Paprika, Karotten sowie Mayonnaise besteht (Philipp o.J.).

2. Pilzsalat

Pilzsalate enthalten üblicherweise mindestens 40% feste Pilzbestandteile. Wird auf eine bestimmte Pilzsorte, z.B. Champignons in der Verkehrsbezeichnung Champignonsalat, hingewiesen, so müssen von dieser Pilzsorte mindestens 20% enthalten sein (Oetker 2004, 616).

3. Waldorfsalat

Der Waldorfsalat wurde Ende des 19. Jahrhunderts im Waldorf-Astoria-Hotel in New York kreiert und erhielt daher seinen Namen. Er besteht aus in Stücke oder Streifen geschnittenen Äpfeln, in Streifen geschnittener Knollensellerie, Zitronensaft und zerkleinerten Walnüssen. Daneben finden häufig geringe Mengen anderer Früchte wie beispielsweise Orangen oder Ananas Verwendung. Als Soßen werden in der Regel

Mayonnaise oder mayonnaiseähnliche Erzeugnisse verwendet (Oetker 2004, 857). Für die Zusammensetzung von Waldorfsalat hat der Feinkostverband 1986 seinen Mitgliedern folgende Rezeptur empfohlen: Salatmayonnaise max. 25% (Richtwert 20%), Haselnüsse mind. 8% (Richtwert 10%), Ananas und Mandarinen max. 10%, Äpfel und Sellerie ad. 100% zu gleichen Teilen (Stemmer 1991).

4. Käsesalat

Käsesalate werden üblicherweise aus Käsesorten wie Emmentaler, Gouda oder verschiedenen Hartkäsesorten hergestellt. Der Anteil an Käse muss mindestens 20%, der an festen Bestandteilen mindestens 40% betragen. Die Sorte des Käses sowie die Auswahl weiterer Zutaten sind nicht vorgeschrieben. In der Regel werden Käsesalaten als weitere Zutaten Äpfel, gehackte süße Mandeln, Mandarinen, Mayonnaise bzw. mayonnaiseähnliche Produkte und Fruchtsäfte bzw. –konzentrate zugegeben. Käsesalate sind in den Leitsätzen nicht näher definiert. Meist werden Käsesalate unter Verwendung von Phantasiebezeichnungen im Handel angeboten (Philipp o.J.).

5. Kartoffelsalat

Hauptausgangsmaterial für Kartoffelsalat sind gekochte und geschnittene Salzkartoffeln, wobei sich besonders festkochende Sorten für die Herstellung eignen. Hinzu kommen zahlreiche weitere Zutaten wie beispielsweise Zwiebeln, Gurken, Petersilie, Schnittlauch oder Speck. Zum Anmachen werden sowohl Mayonnaise, Salatmayonnaise, Salatcreme oder andere Würzsoßen als auch Speiseöl und / oder Essig verwendet. Im Handel angebotener Kartoffelsalat muss mindestens 20% Kartoffeln und mindestens 40% feste Zutaten enthalten (Oetker 2004, 416).

6. Obstsalat / Frucht-Cocktail

Obstsalat oder Fruchtcocktails bestehen in der Regel aus mindestens vier verschiedenen Sorten geschälter Früchte. Der klassische Obstsalat setzt sich aus einem Frucht-Cocktail unter Zugabe von Salatmayonnaise oder einer anderen emulgierten Soße zusammen. Der Fruchtanteil muss mindestens 40% betragen (DLK 1999; Oetker 2004, 279). Daneben werden Obstsalate üblicherweise in Dosen in einem Aufguss

angeboten. Als Aufgussflüssigkeit wird gewöhnlich eine Mischung aus Wasser und Zucker verwendet, wobei zwischen verschiedenen Zuckerkonzentrationen unterschieden wird (s. Anlage 5). Die Zuckerkonzentrationsstufe muss in Verbindung mit der Verkehrsbezeichnung angegeben werden. Fünf-Fruchtcocktails bestehen aus in Würfel geschnittenen Pfirsichen und Birnen, Ananas in Würfeln oder Tidbits (Trapezförmige Segmente aus Ananasscheiben) sowie ganzen Weinbeeren und ganzen oder halbierten Süßkirschen. Bei Fruchtcocktails mit vier Fruchtarten finden die gleichen Obstsorten Verwendung, wobei wahlweise Weinbeeren oder Süßkirschen hinzugefügt werden (Oetker 2004, 279; DLK 1997).

6.3 Herstellung von Feinkostsalaten

Die Herstellung von Feinkostsalaten erfolgt gewöhnlich chargenweise in Mischern. In diesem werden die Soßenkomponenten wie Mayonnaise, Salatmayonnaise, andere mehr oder weniger emulgierte Zubereitungen, z.B. aus Speiseöl, Essig, Sahne, Joghurt oder Crème fraîche mit den übrigen Zutaten vermengt (Baumgart 2004, 514).

Die Zugabe der vorbereiteten Zutaten erfolgt je nach Produkt maschinell (flüssige und pastöse Rohstoffe) oder manuell. Die einzelnen Salatzutaten werden nach entsprechender Vor- und Zubereitung aus ihren Lager- und Transportbehältern in einen Bottich gegeben, in dem mittels eines Mischgerätes die Durchmischung der Bestandteile erfolgt. Ein wesentlicher Aspekt beim Vermengen der Zutaten besteht darin, die Stückigkeit des Mischgutes zu erhalten. Die festen Bestandteile sollen gründlich durchmischt und von der Soße vollständig umhüllt, jedoch nicht zu stark zerkleinert oder zerfasert werden. Dies wird u.a. durch den Einsatz stumpfer Mischwerkzeuge sowie verhältnismäßig geringen Drehzahlen derselben erreicht (Popp Feinkost 2008; Stade/Panske 1991).

Bei der Herstellung von unkonservierten Salaten werden nach Möglichkeit pasteurisierte oder sterilisierte Komponenten eingesetzt. Dazu zählen u.a. Schnitzelgurken und Champignons als autoklavierte Dosenware, gekochte und geschnittene Kartoffeln oder Geflügelfleisch, welches in Folienbeuteln pasteurisiert wurde. Bei konservierten Salaten werden dagegen größtenteils Schnitzelgurken aus dem Fass oder gekochte und geschnittene Kartoffeln verwendet, welche im Transportbehältnis lediglich mit Folie eingeschlagen, jedoch nicht im Folienbeutel pasteurisiert wurden. Zum Teil durchlaufen

die Zutaten vor der Einfüllung in den Mischer zwecks Verminderung der Keimzahl ein Genusssäurebad.

Die Abfüllung erfolgt bei handelsüblichen Gebinden meist maschinell, jedoch selten unter Vakuum. Häufiger erfolgt eine Begasung des Kopfraumes mit Stickstoff oder Kohlenstoffdioxid unter Ausblasen der Raumluft. Auf diese Weise wird das Risiko einer durch die Raumluft verursachten mikrobiellen Kontamination minimiert. Darüber hinaus wird der Sauerstoffanteil reduziert, so dass sich MO nicht mehr bzw. nur sehr langsam vermehren können. Bei Großpackungen und Eimerware wird hingegen oftmals per Hand abgefüllt. Eine Sterilisierung oder Pasteurisierung ist bei einer entsprechenden Gestaltung der Produktionsanlage möglich (Baumgart 2004, 514).

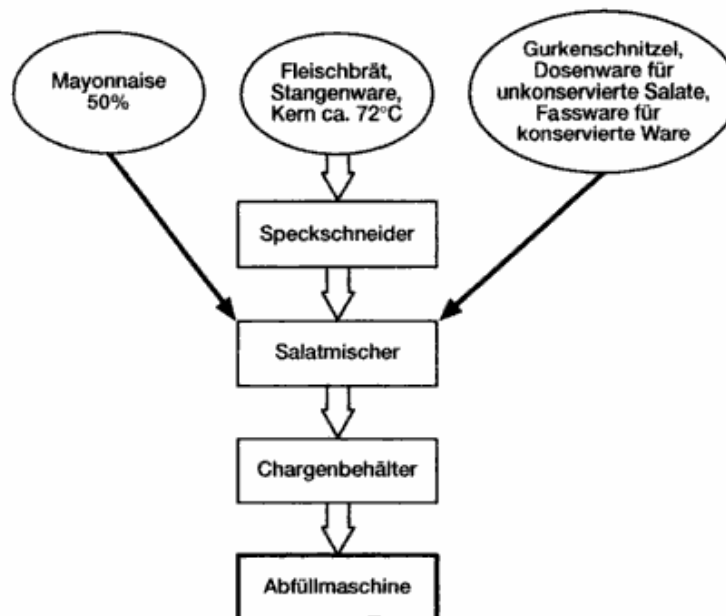


Bild 13: Herstellung von Fleischsalat (Baumgart 2004, 515)

6.4 Rohstoffe von Feinkostsalaten

Feinkostsalate bestehen aus zahlreichen verschiedenen Zutaten tierischer und / oder pflanzlicher Herkunft und unterscheiden sich je nach Art beträchtlich in ihrer Zusammensetzung. Aufgrund der Vielzahl der möglichen Ingredienzien kann keine vollständige Übersicht der Eigenschaften aller Inhaltsstoffe aufgeführt werden. Vielmehr soll auf die den Charakter der wichtigsten Feinkostsalate bestimmenden Zutaten näher eingegangen werden. Auf die Beschreibung von Mayonnaise und anderen emulgierten

Soßen, welche häufig als Salatgrundlage verwendet werden, wird an dieser Stelle verzichtet, da Kapitel 4 dieses Thema ausführlich behandelt.

6.4.1 Fleisch von Schlachttieren, Wild und Geflügel

Die Anforderungen an Fleisch und Fleischprodukte sind in den Leitsätzen für Fleisch und Fleischerzeugnisse sowie im Fleischgesetz geregelt.

Nach den Leitsätzen für Fleisch- und Fleischerzeugnisse gehören „alle Teile von geschlachteten oder erlegten warmblütigen Tieren, die zum Genuss für Menschen bestimmt sind“ und nach „fleisch- und geflügelhygienischen Vorschriften untersucht und als tauglich zum Genuss für Menschen beurteilt wurden“ zum Fleisch (DLK 2001). Bei der gewerbsmäßigen Herstellung von Fleischerzeugnissen wird unter Fleisch ausschließlich „Skelettmuskulatur mit anhaftendem oder eingelagertem Fett- und Bindegewebe und eingelagerten Lymphknoten, Nerven, Gefäßen und Schweinespeicheldrüsen“ verstanden (DLK 2001).

Als die wichtigsten tierischen Rohstoffe für die Herstellung von Feinkostsalaten auf Fleischbasis können die Brühwürste und die Fleischsalatgrundlage genannt werden.

Brühwürste sind durch Brühen, Backen, Braten oder auf andere Weise hitzebehandelte Wurstwaren. Sie werden aus zerkleinertem Skelettmuskelfleisch, Rinder-, Kalbs- oder Schweinefett sowie Zungenfleisch ohne Schleimhaut hergestellt (DLK 2001). Nach der groben Vorzerkleinerung wird das Fleisch gepökelt und anschließend mit Salz sowie anderen Gewürzen unter Zugabe von Eis oder Eiswasser zu einem Fleischteig, dem so genannten Brät, fein gekuttert. Es darf nur soviel Wasser zugegeben werden, wie das Fleisch zu binden vermag. Durch die Feinstzerteilung des Fleisches bildet sich ein Gelsystem aus Aktin und Myosin, zwei der häufigsten Strukturproteine in Muskelzellen, in welchem das Fett eingeschlossen ist. Auf diese Weise entsteht eine stabile Emulsion aus Eiweiß, Fett und Wasser (Ternes 2008, 503ff.). Die Zugabe des Wassers in Form von Eis ist notwendig, da die Reibung des schnell rotierenden Kutmessers sehr viel Reibungswärme erzeugt. Ohne Kühlung bestünde die Gefahr einer vorzeitigen Koagulierung des Fleischeiweißes. Aufgrund der Wasserbindefähigkeit von Fleischeiweiß, Salz und ggf. zugesetzten Kutterhilfsmitteln wie beispielsweise Diphosphat, verbleibt das zugegebene Wasser auch nach der Heißbräucherung und des Brühprozesses in der Wurst.

Dem Abfüllen der Wurstmasse in Därme schließt sich die Heißräucherung bei ca. 100°C und die ca. 30 Minuten dauernde Brühung bei 75°C an. Durch die Hitzebehandlung koaguliert das Muskeleiweiß zu einer zusammenhängenden, mehr oder weniger festen, schnittfesten Masse (Neuhäuser 1990; Baltes 2000, 315ff.).

Fleischsalatgrundlage ist ein meist in Streifen geschnittenes, speziell für Fleischsalat hergestelltes, umgerötetes, ungeräuchertes, gebrühtes Fleischbrät (Wellhäuser 1991). Es wird prinzipiell auf die gleiche Art und Weise wie Brühwurst hergestellt. Die Abfüllung des Bräts erfolgt jedoch nicht in Därme. Meist werden Formen oder großkalibrige Hüllen verwendet. Darüber hinaus unterscheiden sich Brühwürste und Fleischsalatgrundlage in ihrer Rohstoffzusammensetzung. Das Ausgangsmaterial setzt sich aus sehnenreichem Rindfleisch, fettgewebsreichem Schweinefleisch und Fettgewebe zusammen. Daneben dürfen 2-5% Bindegewebe sowie 2% Stärke oder Milcheiweiß hinzugefügt werden, welche der Stabilisierung der Fleischsalatgrundlage dienen. Die Stabilisierung ist erforderlich, um ein Erweichen der dünnen Fleischstreifen in der relativ sauren Mayonnaise zu vermeiden (DLK 2001; Wellhäuser 1991).

Unter fettgewebsreichem Schweinefleisch wird neben Schweinefleisch mit einem Fettanteil, welcher von „nicht übermäßig fettem Bauchspeck zu erwarten ist“ (DLK 2001), auch so genanntes Separatorenfleisch verstanden. Die Verwendung von Separatorenfleisch muss jedoch kenntlich gemacht werden.

Unter Bindegewebe wird Gewebe verstanden, dessen Eiweißanteil hauptsächlich aus den Proteinen Kollagen und Elastin besteht. Bindegewebsreicheres Fleisch weist daher eine für den Menschen geringere biologische Wertigkeit auf (Belitz 2001, 566; DLK 2001).

Rindfleisch, welches beispielsweise das Ausgangsmaterial für Rindfleischsalat darstellt, ist durch Schlachtung gewonnenes Fleisch vom Hausrind (*Bovinus taurus* L.). Für die Wurst- und Lebensmittelproduktion werden vorwiegend der Kamm, die Spannrippe, die Rinderbrust, die Vorder- und Hinterhese sowie die Fleisch- und Knochendünnung verwendet (Oetker 2004, 665ff.). Gemäß den Leitsätzen für Feinkostsalate ist die Verwendung von Rinderformfleisch für Rindfleischsalat erlaubt und üblich (DLK 1999). Formfleischerzeugnisse bestehen nicht aus Muskelfleisch im natürlichen Muskelverband, sondern werden aus kleineren Fleischstücken zusammengefügt. Bei der Zerlegung der Schlachtkörper und der Herstellung anderer Fleischwaren fallen in der Regel kleine

Muskelfleischstücke an, welche als Rohstoff für Formfleischerzeugnisse dienen. Gewolfte, gekutterte oder in ähnlicher Weise zerkleinertes Fleisch wird nicht verwendet. Die Fleischstücke werden ggf. gepökelt und gesalzen und mechanisch vorbehandelt. Durch diese Vorbehandlung, dem so genannten Tumbeln, wird die Zellstruktur an der Oberfläche gelockert, so dass Fleischiweiß austritt. Der während des Tumbelns entstehende Abrieb beträgt in der Regel nicht mehr als 5% (LGL Bayern 2008; Oetker 2004, 272). Die auf diese Weise behandelten Muskelfleischstücke werden anschließend in Formen zusammengefügt und einer thermischen Behandlung unterzogen. Die aus den Zellen freigesetzten Proteine koagulieren beim Garen und verbinden die Fleischstücke miteinander. Somit unterscheiden sich Formfleischerzeugnisse von herkömmlichem Fleisch im natürlichen Muskelverband, bestehen aber dennoch wie diese hauptsächlich aus Muskelfleisch. Bei Formfleischerzeugnissen sind die Größe der zusammengefügt Muskelfleischstücke und ihre unterschiedliche Muskelfaserrichtung erkennbar (Schiefer et al 1982). Zum Schutz des Verbrauchers und zur Vermeidung einer Verwechslung von Formfleischerzeugnissen mit vergleichbaren Erzeugnissen aus gewachsenem Fleisch, müssen Erzeugnisse aus Formfleisch als solche gekennzeichnet werden. Jedoch muss gemäß den Leitsätzen bei Erzeugnissen mit stückigen Formfleischeinlagen, z.B. Rindfleischsalat, die Verwendung von Formfleisch nicht kenntlich gemacht werden (DLK 2001).

Geflügel ist die Sammelbezeichnung für alle Vogelarten, welche als Nutztiere gezüchtet werden sowie für Wildvögel, die zum Verzehr gejagt werden (Brockhaus 2000, 319). Es wird zwischen Geflügel mit überwiegend dunklem Fleisch wie z.B. Gans, Ente oder Taube und hellem Fleisch wie Haushuhn oder Truthahn unterschieden. Geflügelfleisch zählt zu den mageren Fleischsorten. Insbesondere das Fleisch von Haushuhn oder Truthahn weisen mit Fettgehalten von 9,6g bzw. 6,8g je 100g relativ niedrige Fettgehalte auf (Ternes 2008, 408; CMA 2008).

In Feinkostsalaten darf gemäß den Leitsätzen für Feinkostsalate nur sehnen- und fettgewebsarmes bzw. grob entsehtes Geflügelfleisch verwendet werden. Sehnen- und fettgewebsarmes Geflügelfleisch ist definiert als Skelettmuskulatur (Geflügelfleisch ohne Haut) von Geflügel, welche von Natur aus nur wenig Binde- oder Fettgewebe enthält oder deren Gehalt an Bindegewebe verringert worden ist. Ein typisches sehnen- und fettgewebsarmes Geflügelteil ist beispielsweise die Geflügelbrust. Grob entsehtes

Geflügelfleisch weist in der Regel einen niedrigeren Anteil an bindegewebsweißfreiem Fleischeiweiß (BEFFE) auf. Verwendung finden von groben Sehnen und den Flügeln befreites Muskelfleisch. Die Mitverwertung der Geflügelhaut ist zulässig. Bei Mitverwendung der Geflügelhaut ist das übrige Fleisch bindegewebsärmer. Die Mindestanteile an BEFFE liegen dann, bezogen auf das Enderzeugnis, entsprechend 1%-Punkt, bezogen auf das Fleischeiweiß um 5%-Punkte höher (DLK 2001).

6.4.2 Fleisch von Fischen, Krebs- und Weichtieren

Die Verarbeitung von Frischfisch als Grundlage von Feinkostsalaten erfordert hinsichtlich Verfahrenstechnik und Hygiene ein gesteigertes Maß an Aufmerksamkeit. Sowohl der maschinelle als auch der personelle Aufwand sind sehr groß. Zudem erfordern die Reifung und Garung verschiedener Fischprodukte längere Zeiträume sowie geeignete Lagerräume und -gefäße. Daher werden in der Regel die für die Salatherstellung verwendeten Fischprodukte von Vorlieferanten bezogen (Stade/Panske 1991).

Fische und Meeresfrüchte können nach verschiedenen Kriterien in Gruppen unterteilt werden. So kann eine Einteilung der Fische nach ihrer Herkunft in Salz- und Süßwasserfische oder nach ihrem Fettgehalt in Fett- und Magerfische erfolgen. Hingegen bilden die Krebs-, Schalen- und Weichtiere eine eigene Warengruppe (Schwedt 2005, 164). Gemäß den Leitsätzen für Fische, Krebs- und Weichtiere sind Süßwasserfische definiert als zum Verzehr bestimmte Fische aus Binnengewässern wie beispielsweise Seen oder Flüssen. Ebenso zählen solche Fischarten zu den Süßwasserfischen, welche sich nur zeitweilig im Meer aufhalten. Zu den Seefischen zählen alle anderen zum Verzehr bestimmten Fische. Krebstiere sind zum Verzehr bestimmte Tiere der Klasse der Crustacea (Krebse), während als Weichtiere zum Verzehr bestimmte Mollusken wie Muscheln, Schnecken oder Tintenfische bezeichnet werden (DLK 2003).

Fische und Fischprodukte gelten wegen ihrer hohen Gehalte an hochwertigen Proteinen und Lecithin sowie Mineralstoffen wie Calcium, Phosphor und Jod als sehr hochwertige Nahrungsmittel. Insbesondere Seefische zeichnen sich durch ihren hohen Jodgehalt aus und können, insbesondere in Jodmangelgebieten, wesentlich zu einer ausreichenden Jodversorgung beitragen. Bereits 76g Seelachs oder 154g Miesmuscheln decken den Tagesbedarf eines Erwachsenen in Höhe von 200 µg (Biesalski/Grimm 2004, 242; Oetker 2004, 254). Die Proteingehalte liegen im Durchschnitt zwischen 18% und 20%. Der

Fettgehalt ist dagegen weit größeren Schwankungen unterworfen. Magerfische weisen Fettgehalten von weniger als 2% auf, während Fettfische (Fettgehalt >10%) wie Lachs, Makrele oder Thunfisch Fettgehalte von bis zu 24,5% erreichen können (Schwedt 2005, 166; FIZ 2008[2]). Aufgrund ihres hohen Fettgehaltes enthalten vor allem die Fettfische neben fettlöslichen Vitaminen (insbesondere Vitamin A, D und E) große Mengen der essentiellen ω -3-Fettsäuren. Typische Fettfische wie beispielsweise Makrele oder Hering weisen ω -3-Fettsäuregehalte von 4,17g bzw. 2,7g je 100g auf. Bei einer empfohlenen Tageszufuhr von ca. 1g ω -3-Fettsäuren wäre damit der Bedarf für drei und mehr Tage gedeckt (Biesalski/Grimm 2004, 118; FIZ 2007, 28/38).

Zu den für die Fischsalatherstellung wichtigsten Seefischen zählen Thunfisch, Seelachs, Makrele und vor allem der Hering. Süßwasserfische dienen dagegen weniger häufig als Grundlage für industriell hergestellte Fischsalate. Eine Ausnahme stellt der Lachs dar, welcher, da er im Süßwasser lebt, zu den Süßwasserfischen zählt (Schwedt 2005, 164; Oedtker 2004, 257ff.). Im Folgenden werden die wichtigsten Fischarten, die aus ihnen hergestellten und für die Fischsalatherstellung relevanten Produkte sowie ihre ernährungsphysiologischen Besonderheiten näher beschrieben.

Der Hering (*Clupea harengus*) gehört zu den Fettfischen und zählt aufgrund der Vielzahl an Herings- und Matjessalaten zu den in der Feinkostindustrie am meisten genutzten Fischarten. Heringe werden sowohl nach der Fangzeit (Frühjahrs- oder Winterhering) als auch nach der Laichzeit (Matjes-, Voll- oder Hohlhering) unterschieden. Heringe weisen eine Körpergröße zwischen 12cm und 35cm auf. Ihr Hauptverbreitungsgebiet liegt in der Nord- und Ostsee, im gesamten Nordatlantik sowie in den gemäßigten polaren Zonen (Belitz 2001, 606; FIZ 2008[2]).

Der Fettanteil variiert je nach Jahreszeit, Alter und Lebensbedingungen zwischen 5% und 25%. Der Proteinanteil liegt bei ca. 18% (Oetker 2004, 359). Heringe stellen mit einem Jodgehalt von 52 μ g je 100g und einem ω -3-Fettsäureanteil von 2,7g je 100g eine gute Quelle für diese essentiellen Nährstoffe dar. Darüber hinaus zeichnet sich Hering durch einen besonders hohen Gehalt an Fluor von annähernd 400 μ g je 100g Fisch aus (FIZ 2008[2]; FIZ 2007, 28). Bei einem empfohlenen Tagesbedarf von 1mg Fluor pro Tag und einer tatsächlichen durchschnittlichen Aufnahme von lediglich 0,1mg-0,5mg, kann er einen maßgeblichen Beitrag zu einer ausreichenden Fluorzufuhr leisten (Biesalski/Grimm 2004; 244).

Für Heringssalat werden Salzheringe und / oder marinierte Heringe, so genannte Bismarckheringe, verwendet. Salzheringe sind Heringe, welche teilweise bereits an Bord ausgenommen und gesalzen werden. Sie weisen dadurch Kochsalzkonzentrationen von 13-14% auf. Durch das Salzen wird dem Muskel aufgrund der Osmose Wasser entzogen. Die Proteine gerinnen und es tritt eine enzymatische Reifung unter der Bildung von Aromastoffen ein. Daneben werden die Fische durch das Salzen konserviert. Bismarckheringe werden darüber hinaus in einer sauren Marinade aus Essig, Speiseöl, Zwiebeln, Senfkörnern und Lorbeerblättern eingelegt (Oetker 2004, 93; Schwedt 2005, 164). Nicht zu verwechseln sind Salz- und Bismarckhering mit dem Matjeshering. Zwar ist jeder Matjes ein Hering, aber nicht jeder Hering darf die Bezeichnung Matjes tragen. Die Voraussetzungen welche erfüllt werden müssen, sind in den Leitsätzen für Fische, Krebs- und Weichtiere beschrieben. Entscheidend sind die Art der Reifung sowie der Fangzeitpunkt und der damit verbundene Fettgehalt, welcher mindestens 12% betragen muss (DLK 2003). Matjeshering wird aus frischen oder tiefgefrorenen, noch nicht geschlechtsreifen Heringen hergestellt. Üblicherweise wird der Matjes gleich nach dem Fang tiefgefroren. Zum einen dient dies der besseren Haltbarkeit, zum anderen werden eventuell vorhandene Nematoden abgetötet (Stiftung Warentest 2007). Der klassische Matjes zählt zu den Salzheringen. Er wird jedoch milder gesalzen wodurch seine Salzkonzentration lediglich zwischen 8% bis 10% liegt (Schwedt 2005, 164). Direkt nach dem Fang wird der Matjes gekehlt und ausgenommen, wobei die Bauchspeicheldrüse im Körper des Fisches belassen wird. Ihre Enzyme tragen während der Lagerung in Eichenfässern zur Reifung des Matjes bei (Stiftung Warentest 2007).

Matjesfilet nordische Art zählt zu den Anchosen und reift im Gegensatz zum klassischen Matjes nicht an der Gräte sondern als Filet (DLK 2003). Die Enzyme zur Reifung müssen nicht aus der Bauchspeicheldrüse des Fisches stammen. Stattdessen reift er unter Zugabe von Zucker und verschiedenen anderen Zutaten wie Kochsalz, Gewürzen und Säuerungsmitteln. Der Kochsalzgehalt bei Matjesfilet nordischer Art darf im Fischgewebewasser nicht über 20% und im Fischfleisch nicht über 14% betragen. Die unterschiedliche Art der Reifung wirkt sich auf die Konsistenz und den Geschmack aus. Matjesfilets nordischer Art gelten als weniger Zart als der klassische Matjes und weisen einen eher säuerlichen und salzigeren Geschmack auf (DLK 2003; Stiftung Warentest 2007).

Neben dem klassischen Matjes und den Matjesfilets nordischer Art darf für die Herstellung von Matjessalaten auch matjesartig gesalzenes Heringsfilet verwendet werden. Es zählt ebenso wie das Matjesfilet nordischer Art zu den Anchosen und unterscheidet sich von ihm durch seinen geringeren Fettgehalt. Während der für Matjesfilet nordischer Art verwendete Hering einen Mindestfettgehalt von 12% im verzehrbaren Anteil aufweisen muss, reicht bei Heringsfilet ein Fettgehalt von 10% aus. Heringsfilet reift in einer Salzlake unter Zugabe von Zucker und weiteren Zutaten wie Kochsalz, Gewürzen und Säuerungsmitteln. Die Reifungsenzyme müssen nicht aus der Bauchspeicheldrüse des Fisches stammen. Auch der Kochsalzgehalt von Heringsfilet nach Matjesart darf im Fischgewebewasser nicht über 20% und im Fischfleisch nicht über 14% liegen (DLK 2001; Stiftung Warentest 2007).

Die Bezeichnung Thunfisch ist ein Sammelbegriff für verschiedene Arten der Familie der Scombridae. Kommerzielle Bedeutung haben insbesondere Echter Bonito, Gelbflossenthun, Roter Thun, Weißer Thun und Großaugenthun. Der Echte Bonito, welcher weltweit auch als Skipjack bezeichnet wird, ist mit einem Anteil von ca. 45% am gesamten Weltfang neben dem Gelbflossenthun, auf welchen 35% entfallen, die bedeutendste Thunfischart. Der Echte Bonito wird bis zu 70cm lang und 5kg schwer. Der seltenere Rote Thun erreicht eine Größe von bis zu 300cm und ein Gewicht von bis zu 300kg. Die drei anderen Arten liegen dazwischen. Hauptfanggebiete sind der Indische Ozean und der Pazifik. Als Fanggeräte werden in der Regel Ringwadennetze oder so genannte Longlines, kilometerlange, schwimmende Angelleinen, deren Haken beködert werden, eingesetzt. Seit den 1990er Jahren werden in Deutschland keine mit Treibnetzen gefangenen Thunfische verarbeitet. Nachdem die Gesellschaft zur Rettung der Delphine zu einem Thunfisch-Boycott aufgerufen hatte, arbeiten seit 1993 über 90% der Importeure mit der Umweltschutzorganisation zusammen und verpflichteten sich vertraglich, ausschließlich delphinfreundlich gefangenen Thunfisch zu kaufen und zu verarbeiten (FIZ 2008[2]).

Thunfisch enthält durchschnittlich 8,5% Fett, wobei der Gehalt je nach Art und Körperteil zwischen 0,2g und 25g je 100g variiert. Der Jodgehalt liegt bei 50µg Jod je 100g, was einem Viertel des empfohlenen Tagesbedarfs entspricht. Der Proteinanteil liegt recht konstant bei 23,5g je 100g, wobei die Aminosäurezusammensetzung der Thunfischproteine extrem hohe Gehalte der Aminosäure Histidin aufweist (bis zu 1.078mg/100g Protein) (FIZ 2008[2]; Biesalski/Grimm 2004, 242; BLS 2008[4]). Durch verschiedene MO können

Aminosäuren zu biogenen Aminen decarboxyliert werden. Histidin wird auf diese Weise zu Histamin abgebaut, welches zur so genannten „Scombroid“-Vergiftung führen kann. Meist handelt es sich um einen Verderb frischer Fische, deren Histaminkonzentration auch nach der Weiterverarbeitung nicht abgebaut wird. Daher gelten für Thunfisch Histamingrenzwerte (s. Kapitel 6.5) (Baltes 2000, 242ff.; FischHV 2000).

Für Feinkostsalate werden meist so genannte Flakes, kleinstückig zerteiltes Fischfleisch, verwendet (Oetker 2004, 808).

Seelachs (*Pollachius subsp.*) bezeichnet eine mit dem Kabeljau verwandte Gattung von Seefischen. Der wichtigste Vertreter dieser Gattung ist der Köhler (*Pollachius virens* L.), welcher eine Länge von bis zu 130cm und ein Gewicht von ca. 30kg erreicht (FIZ 2008[2]). Seelachs gehört in Deutschland zu den mengenmäßig bedeutendsten Konsumfischen, wobei der größte Teil als Frisch- oder Tiefkühlfish in den Handel gelangt. Daneben dient er als Grundlage diverser Fischerzeugnisse wie beispielsweise Lachersatz oder Fischsalat (FIZ 2008[3]). Seelachs zählt mit einem Fettgehalt von nur 0,6% zu den Magerfischen und weist mit 0,4g je 100g einen entsprechend geringen Gehalt an ω -3-Fettsäuren auf. Dagegen zählt er mit 200 μ g Jod je 100g zu den jodreichsten Fischarten. Entsprechend deckt bereits eine Portion von 100g den Tagesbedarf eines gesunden Erwachsenen. Sein Proteingehalt liegt durchschnittlich bei 18,3% (Biesalski/Grimm 2004, 242; FIZ 2007, 26; FIZ 2008[2]).

Wie bereits erwähnt wurde, spielen Süßwasserfische für die Feinkostsalatproduktion eine untergeordnete Rolle. Dennoch soll an dieser Stelle auf zwei wichtige Vertreter dieser Gruppe, dem Lachs und der Forelle, eingegangen werden.

Der für die Lebensmittelproduktion wichtigste Vertreter der Familie der Lachse (Salmonidae) ist der atlantische Lachs (*Salmo salar*). Er lebt ausschließlich im Süßwasser ab und verbringt dort, bevor er ins Meer abwandert, auch seine Jugendphase. Aus diesem Grund wird der Lachs zu den Süßwasserfischen gezählt. Der Lebensraum des atlantischen Lachses ist auf den Nordatlantik und die in ihn mündenden Flüsse begrenzt, nachdem das natürliche Aufkommen in den letzten Jahrzehnten einbrach. Noch vor hundert Jahren konnte atlantischer Lachs auch in mitteleuropäischen Flüssen gefangen werden. Um die Nachfrage zu decken, stammt der größte Teil atlantischen Lachses aus Aquakulturen. Hauptproduzenten sind Norwegen, Chile, Schottland und Irland (Oetker 2004, 465ff.; FIZ

2008[2]). Mit einem durchschnittlichen Fettgehalt von 13,6% zählt Lachs zu den Fettfischen. Der Anteil an ω -3-Fettsäuren beträgt 1,25g je 100g Fisch. Obwohl zu den Süßwasserfischen zählend, weist auch atlantischer Lachs aus Aquakultur einen beachtlichen Jodgehalt von 34 μ g je 100g auf. Der Proteinanteil liegt bei durchschnittlich 19,9% (FIZ 2007, 45; BLS 2008[2]).

Forellen sind mit den Lachsen verwandte Süßwasserfische und gehören wie diese zur Familie der Salmonidae. Es wird zwischen drei Arten unterschieden. Die Bach- und die Seeforelle gehören zu den einheimischen Arten und bevorzugen kalte, sauerstoffreiche Gewässer. Die Regenbogenforelle stammte ursprünglich aus den Küstengebieten Nordamerikas. Sie wird heute jedoch, neben der Seeforelle, in Deutschland als Süßwasserfisch gezüchtet und ist mit einer Jahresproduktion von 25.000t die bedeutendste Fischart der Binnenfischerei. Mit einem Proteingehalt von 19,5% und einem Fettanteil von nur 2,7% zählt die Forelle zu den Magerfischen. Der Anteil an ω -3-Fettsäuren in Höhe von 1g je 100g ist verhältnismäßig hoch, jedoch weist sie als ausschließlich im Süßwasser lebender Fisch lediglich einen Jodgehalt von 4 μ g je 100g Fisch auf (FIZ 2008[2]; FIZ 2007, 46).

Neben Fischen dienen vor allem Garnelen und Weichtiere wie Muscheln oder Tintenfische als Ausgangsstoffe für diverse Feinkostsalate auf Basis von Fischen, Krebs- und Weichtieren.

Von den 2.000 bis 3.000 verschiedenen Garnelenarten stellt die Nordseegarnele, welche auch als Sandgarnele oder umgangssprachlich fälschlicherweise als Krabbe bezeichnet wird, die bekannteste einheimische Garnelenart dar. Die Garnelenarten werden nach ihrer Größe und ihrem Lebensraum unterschieden. Im Handel, international jedoch nicht einheitlich, werden Garnelen auch als Shrimps oder Prawns bezeichnet. Daneben kann eine größenabhängige Zusatzbezeichnung wie beispielsweise „Riesen“, „King“ oder „Tiger“ verwendet werden (DLK 2001; FIZ 2008[2]). Nahezu alle Garnelenarten haben einen schmalen, gebogenen Körper und lange Fühler. Die durchsichtig grauen Nordseegarnelen werden 5cm bis 7cm lang und leben in Tiefen bis zu 20m. Ihr Vorkommen beschränkt sich auf die Nordseeküste Hollands, Deutschlands und Dänemarks. Die rosafarbenen Tiefseegarnelen, welche auch als Krevetten oder Eismeergarnelen

bezeichnet werden, kommen hingegen in annähernd allen großen Meeren vor und erreichen Größen von ca. 16cm. Die Seefischerei erfolgt mit Schlepp- und Trawlnetzen. Noch an Bord des Fangschiffes werden die Garnelen nach ihrer Größe sortiert, gekocht und anschließend bis zur Anlandung kühl gelagert bzw. tiefgefroren (FIZ 2008[2]). Garnelen weisen, wie die meisten Fischarten, einen Proteingehalt von 18,6% auf. Ihr Fettanteil und ihr Gehalt an ω -3-Fettsäuren ist jedoch mit 1,4% bzw. 0,3% relativ gering. Dagegen weisen sie hohe Gehalte an Jod und Fluor auf. Mit einem Anteil von 160 μ g Fluor bzw. 130 μ g Jod je 100g können sie einen wertvollen Beitrag zu einer ausreichenden Jod- und Fluorversorgung leisten (DLK 2001; BLS 2008[3]).

Muscheln gehören zu den Weichtieren (Mollusca) und sind von zwei miteinander verbundenen Schalen umgeben. Durch einen starken Schließmuskel können sich Muscheln öffnen und schließen, wobei der Weichkörper im geschlossenen Zustand vollkommen geschützt ist. Zu den wichtigsten essbaren Muscheln gehören Auster, Miesmuschel, Kammmuschel, Klaffmuschel sowie die Herz- bzw. Venusmuschel. Während Austern hauptsächlich lebend verzehrt werden, werden die meisten anderen Muschelarten zubereitet (FIZ 2008[2]; Oetker 2004, 552ff.).

Muschelfleisch ist sehr leicht verderblich. Tote bzw. potentiell verdorbene Muscheln sind durch geöffnete Schalen gekennzeichnet. Lebende, frische Muscheln öffnen hingegen ihre Schalen erst beim Kochen. Speisemuscheln können jedoch auch im frischen Zustand verschiedene Toxine enthalten, welche zu starken und teils tödlichen Vergiftungen führen können. Muscheln ernähren sich von Plankton, welches sie aus dem Umgebungswasser filtern. Auf diese Weise können sich leicht aus dem Wasser stammende Schadstoffe im Körper der Muschel kumulieren (Oetker 2004, 552ff.). Häufig stammen Toxine aus Algen oder Einzellern. In Europa und den USA wurde beispielsweise in Muscheln und Austern das stark toxische Saxitoxin nachgewiesen. Saxitoxin wird von bestimmten einzelligen Algen, so genannten Dinoflagellaten, gebildet, welche sich bei Wassertemperaturen über 14°C stark vermehren. Die LD₅₀ von Saxitoxin beträgt bei Mäusen 10 μ g/kg Körpergewicht (i.p.). Die letale Dosis wird beim Erwachsenen mit ca. 1mg angegeben. Saxitoxin blockiert den Na⁺-Einstrom in die Zelle und wirkt auf diese Weise als starkes Nervengift. Erste Vergiftungssymptome äußern sich durch ein Prickeln an den Lippen sowie den Extremitäten und treten bereits wenige Minuten nach dem Verzehr auf. Muskel- und Atemlähmung folgen und können unter Umständen zum Tod führen. Das erhöhte Risiko

bei Wassertemperaturen über 14°C erklärt auch, weshalb die Muschelsaison in Deutschland in den Monaten mit „R“, also in der kühleren Jahreszeit, liegt. Eine weitere Gruppe an in Muscheln kumulierter Toxine stellen die Diarrhoe auslösenden Gifte dar, welche sich von der Okadasäure ableiten. Diese Verbindungen reichern sich primär im Plankton der Gattung *Dinophysis* an. Vergiftungen dieser Art verlaufen jedoch meist weniger schwer (Baltes 2000, 239ff.).

Um die gesundheitliche Unbedenklichkeit von Muscheln sicherzustellen, werden hohe Anforderungen an die Wasserqualität des Herkunftsgebietes gestellt. Darüber hinaus schreiben EU-Richtlinien detaillierte und einheitliche mikrobiologische sowie chemische Untersuchungen für lebende Muscheln vor, welche für den Direktverzehr oder für die Weiterverarbeitung bestimmt sind. Wichtige Parameter sind u.a. fett- und wasserlösliche Algentoxine. Fettlösliche Algentoxine dürfen mit gängigen Analysemethoden nicht nachweisbar sein. Für wasserlösliche Algentoxine gilt ein Grenzwert von 80µg je 100g Muschelfleisch. Darüber hinaus müssen die Muscheln frei von Salmonellen sein (nicht nachweisbar in 25g Muschelfleisch). Aufgrund der umfangreichen Kontrollen kommen Muschelvergiftungen in Deutschland selten vor (Oetker 2004, 552ff.; EG-Richtlinie Nr. 91/492/EWG 1991).

Muscheln enthalten durchschnittlich 1,2% Fett und 9,0% Proteine. Durch ihren hohen Jodgehalt von ca. 90µg je 100g kann Muschelfleisch zu einer ausreichenden Versorgung dieses kritischen Nährstoffes beitragen (FIZ 2008[2]; BLS 2008).

Tintenfische zählen zu den höher entwickelten Weichtieren und besitzen bereits ein Zentralnervensystem. Sie dienen häufig als Ausgangsstoff für Salate, wobei die Bezeichnung Tintenfisch häufig als Synonym sowohl für den Gemeinen Tintenfisch (*Sepia officinalis*) als auch als Sammelbegriff für alle essbaren Kopffüßer wie *Sepia*, *Kalmar* oder *Octopus* verwendet wird (Belitz 2001, 626; Oetker 2004, 813). Tintenfische sind mit ihren verschiedenen Arten in praktisch allen Meeren vertreten. Der größte Teil der in Deutschland angebotenen und verarbeiteten Ware stammt jedoch aus dem Pazifik, ein Drittel aus dem Atlantik und der Rest aus dem indischen Ozean. Der Protein- bzw. Fettgehalt von Tintenfischen liegt bei etwa 20,0% bzw. 0,9%. Der Jodgehalt von 20µg je 100g ist im Vergleich zu vielen anderen Seefischarten mäßig, dennoch kann Tintenfisch einen wertvollen Beitrag zur Jodversorgung leisten (FIZ 2008[2]).

6.5 Verderb von Feinkostsalaten

Feinkostsalate stellen in Bezug auf Haltbarkeit und Verderb eine kritische Produktgruppe dar. Dies liegt zum einen an der Vielzahl der verwendeten Zutaten und zum anderen an der hohen Verderbnisanfälligkeit einzelner Bestandteile sowie deren zum Teil hoher Keimgehalte (Stade/Panske 1991).

Prinzipiell kann der Verderb von Feinkostsalaten verschiedene Ursachen haben. Er kann u.a. durch in den Zutaten enthaltenen Enzymen oder durch Oxidationsprozesse verursacht werden. Der Verderb durch MO stellt jedoch das weitaus größte Problem dar, weshalb im Folgenden insbesondere auf den mikrobiellen Verderb eingegangen werden soll.

Rechtsverbindliche Anforderungen an die hygienisch-mikrobiologische Beschaffenheit von Feinkostsalaten existieren nicht. Jedoch hat die Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) mikrobiologische Richt- und Warnwerte für Feinkostsalate veröffentlicht, anhand derer eine Beurteilung vorgenommen werden kann. Sie dienen Herstellern, Händlern und auch der amtlichen Lebensmittelüberwachung als Maßstab zur Beurteilung der mikrobiologisch-hygienischen Beschaffenheit von Feinkostsalaten. Die Richtwerte geben an, welche und wie viele MO im jeweiligen Lebensmittel bei Einhaltung einer guten Hygienepaxis zu erwarten sind. Warnwerte dagegen geben Mikroorganismengehalte an, deren Überschreitung auf Hygienemängel oder Herstellungsfehler hinweisen. Werden die Warnwerte von pathogenen MO wie beispielsweise Salmonellen oder *Listeria monocytogenes* überschritten, kann eine Gesundheitsgefährdung des Verbrauchers nicht ausgeschlossen werden. Die Richt- und Warnwerte sind in Anlage 6 aufgeführt (DGHM 2008).

Die mikrobielle Haltbarkeit von Feinkostsalaten wird durch hygienische, physikalische, biologische und chemische Faktoren bestimmt. Dazu zählen der Ausgangskeimgehalt, die Betriebshygiene, die Lager- und Herstellungstemperatur, die Art der vorhandenen MO sowie der von der Zusammensetzung abhängige pH-Wert bzw. die Säureart.

Um die Gefahren einer mikrobiellen Belastung von Feinkostsalaten und den damit verbundenen Risiken zu minimieren, spielt die Auswahl geeigneter Rohstoffe sowie die Einhaltung einer guten Hygiene- und Herstellungspraxis eine besondere Rolle. So können beispielsweise Salmonellen durch unzureichend pasteurisierte Eiprodukte oder Listerien durch Gemüseprodukte, welche weder pasteurisiert noch blanchiert wurden, zu einer Kontamination der Salate führen (Kleer/Baumgart 2003). Um einen möglichst geringen

Anfangskeimgehalt zu gewährleisten, sollten daher mikrobiologisch einwandfreie, keimfreie bzw. -arme Rohstoffe verwendet werden. Häufig werden beispielsweise keimfreie Gewürzextrakte anstelle von frischen Gewürzen verwendet (Baumgart 2004, 518). Auch die Pasteurisierung oder Erhitzung der Rohware stellt einen wirksamen Schutz dar. Bei der Herstellung von Kartoffelsalat werden häufig vakuumverpackte, gegarte Kartoffelscheiben verwendet. Beim Garen steigt die Kerntemperatur für ca. 5 Minuten auf etwa 94°C an. Bis auf Sporen von *Clostridium botulinum* und *Bacillus cereus* werden durch die hohe Temperatur alle pathogenen MO abgetötet. Um ein Auskeimen der Sporen zu verhindern, werden die gekochten Kartoffeln bei 4°C gelagert. Im Salat wird das Auskeimen durch einen pH-Wert von unter 4,6, dem Essigsäureanteil und der Lagerung bei Temperaturen unter 7°C vermieden. Essigsäure Gemüse wie z.B. Essiggurken stellen kein Risiko dar, sofern der Essigsäuregehalt bei ca. 0,7%, der Salzgehalt bei ca. 1,3% und der pH-Wert bei ca. 3,7 liegen und die Produkte für 5 Minuten auf eine Kerntemperatur von 85°C erhitzt werden. Die Transportbehältnisse werden vor dem Öffnen in der Regel desinfiziert, um eine nachträgliche Kontamination zu vermeiden. Bei der Verwendung von Eiern sind die Kochzeiten und erreichten Temperaturen ausschlaggebend. Eier mit weichem Dotter können unter Umständen lebensfähige Salmonellen enthalten und dürfen unter keinen Umständen verwendet werden. Daher muss der Lieferant die Kochtemperaturen und -zeiten dokumentieren und dem Feinkosthersteller vorlegen (Kleer/Baumgart 2003).

Um den Ausgangskeimgehalt möglichst gering zu halten, ist eine gründliche Reinigung und Desinfektion der Produktionsanlagen obligat. Darüber hinaus sind eine einwandfreie Personalhygiene sowie das Tragen von Kopfschutz und Handschuhen unverzichtbar. Damit die mikrobiologische Stabilität der Salate auch nach der Herstellung erhalten bleibt, werden die Salate in sterile Verpackungen abgefüllt. Zudem sollte der Luftkeimgehalt im Abfüllbereich möglichst gering sein. Üblicherweise werden Feinkostsalate unter einer Schutzatmosphäre verpackt (s. Kapitel 6.3). Es besteht auch die Möglichkeit, kalt hergestellte Salate anhand von Dampf zu pasteurisieren und heiß abzufüllen. (Baumgart 2004, 519).

Neben den hygienischen Parametern wird die Haltbarkeit von Feinkostsalaten durch die Temperatur, sowohl während des Herstellungsprozesses als auch während der Lagerung,

beeinflusst. Alle sowohl chemischen als auch biologischen Prozesse laufen umso langsamer ab, je niedriger die Temperatur ist. Im Gegensatz zu den emulgierten und nichtemulgierten Soßen ist bei Feinkostsalaten eine möglichst niedrige Herstellungs- und Lagertemperatur notwendig, da ihre Ausgangskeimzahl aufgrund der Vielzahl an Zutaten und des diskontinuierlichen Herstellungsprozesses in der Regel größer ist als bei anderen Feinkostprodukten. Es wird daher eine Kühlkette von 4 bis 8 °C angestrebt. Jedoch erfolgt durch die tiefen Temperaturen keine Abtötung der MO sondern lediglich eine Verminderung der Vermehrungsgeschwindigkeit. Dennoch wird durch die Kühlung eine deutliche Verlängerung der Haltbarkeit erzielt.

Um eine ununterbrochene Kühlkette von der Herstellung bis zum Verkauf zu gewährleisten, werden nicht erst die fertigen Salate sondern bereits die Zutaten während der Herstellung gekühlt. Auch der Fertigungsprozess selbst findet teilweise bereits im Kühlhaus statt. Die Mayonnaise oder andere Soßen werden vor dem Zusatz zum Mischer auf unter 7°C gekühlt. Ebenso werden bei der Herstellung von beispielsweise Gemüse- oder Krabbensalaten die Gemüse bzw. Krabben in noch fast gefrorenem Zustand verarbeitet. Auf diese Weise bleibt nicht nur die frische Farbe der Zutaten erhalten, sondern es wird gleichzeitig eine Kühlreserve geschaffen.

Der Einfluss der Herstellungstemperatur kann eindrucksvoll am Beispiel der Kartoffelsalatherstellung veranschaulicht werden. Werden gekochte Kartoffeln noch bei einer Temperatur von 30°C geschält und geschnitten, so ist das Endprodukt lediglich 2-3 Tage haltbar. Eine deutlich längere Haltbarkeit lässt sich erzielen, indem die Kartoffeln vor dem Schneiden auf 1-2°C gekühlt werden (Zschaler, 1976). Durch eine konsequente Einhaltung der Betriebshygiene, der Verwendung mikrobiologisch einwandfreier Zutaten und einer lückenlosen Kühlkette kann bei Kartoffelsalat mit einem pH-Wert von unter 4,5 auch bei Verzicht auf chemische Konservierungsstoffe eine Haltbarkeit von 20 bis 25 Tagen erreicht werden (Kleer/Baumgart 2003).

Zu den wichtigsten chemischen Faktoren zählen der pH-Wert sowie die Art der verwendeten Säuren.

Feinkostsalate weisen in der Regel pH-Werte unter 5 auf. Aufgrund des Säuregehaltes können sich nur bestimmte Arten von MO vermehren. Hierzu zählen insbesondere Milchsäurebakterien der Gattungen *Lactobacillus*, *Leuconostoc* und *Pediococcus* sowie verschiedene Hefen und Schimmelpilze (LAV Sachsen-Anhalt 2003; Baumgart et al 1983).

Von den pathogenen MO sind hauptsächlich Salmonellen, *Staphylococcus aureus* und *Listeria monocytogenes* von Bedeutung (Kleer/Baumgart 2003). Pathogene Keime werden jedoch bereits bei recht hohen pH-Werten abgetötet. Das pH-Minimum von *Staphylococcus aureus* liegt bei 4,0. Salmonellen stellen ihr Wachstum in einem pH-Bereich von 4,0-4,5 ein, während bei *Listeria monocytogenes* das pH-Minimum bereits bei einem pH-Wert von 4,5 erreicht ist. Allerdings erfolgt der Abtötungsprozess nicht schlagartig. Die MO sterben nicht zwangsläufig durch die Säurekonzentration ab sondern stellen lediglich ihr Wachstum und ihre Vermehrung ein. Daher ist häufig ein allmählicher Rückgang der Keimkonzentration zu beobachten. In einem mit Salatmayonnaise hergestellten Kartoffelsalat und einem durch Branntweinessig eingestelltem pH-Wert von 4,3 wurde *Listeria monocytogenes* bei einer Lagertemperatur von 10°C erst nach 10 Tagen abgetötet (Krämer 2002, 129ff.; Kleer/Baumgart 2003). Dabei ist zu berücksichtigen, dass es an der Phasengrenze zwischen Mayonnaise und den stückigen Bestandteilen wie beispielsweise Kartoffeln oder Fleischbrät zu einer unvollständigen Säuerung kommen kann, indem die Säure während der Lagerung in die festen Bestandteile diffundiert. Infolge dessen sinkt der pH-Wert der Mayonnaise. So kann es, obwohl der pH-Wert der verwendeten Mayonnaise unterhalb von 4,5 liegt, zu einem Verderb durch Clostridien kommen, sofern die stückigen Bestandteile wie Fleisch oder Kartoffeln vor der Verarbeitung nicht in ein Genusssäurebad getaucht werden. Der an der Grenzschicht höhere pH-Wert ermöglicht ein Auskeimen der Sporen und führt zu einer entsprechenden Vermehrung der Clostridien (Baumgart 1984).

Die Hemmung bzw. Abtötung der MO durch organische Säuren hängt neben dem pH-Wert auch von der Art der verwendeten Säuren sowie deren Kombination ab. Üblicherweise werden in Feinkostsalaten Essig-, Wein-, Milch-, Äpfel- oder Citronensäure verwendet. Bei diesen Säuren handelt es sich um so genannte schwache Säuren, welche in Wasser nicht vollständig dissoziieren. Ihre pK-Werte liegen im Bereich zwischen 4,7 und 2,98 (Baumgart 2004, 520ff.). Dabei beruhen die antimikrobiellen Effekte der Säuren nicht nur auf der Erhöhung der Wasserstoffionenkonzentration, sondern auf den Anteil an undissoziierter Säure. Undissoziierte Säuren sind lipophil und können daher einfacher und schneller die Zellmembran der MO durchdringen. Der intrazelluläre pH-Wert der MO verringert sich aufgrund des fortwährenden Säureeinstroms, so dass es zu Enzymhemmungen und Stoffwechselstörungen kommt. Die MO müssen, um Zellschäden zu vermeiden, die Protonen aktiv unter ATP-Verbrauch in das umgebende Medium

zurücktransportieren. Konstantes Einströmen von Säure führt auf diese Weise zur Erschöpfung der Energiespeicher der MO. Die Enzymhemmungen und die damit verbundenen Stoffwechselstörungen sowie der hohe ATP-Verbrauch führen letztendlich zu deren Absterben. Zahlreiche Studien und Versuche ergaben, dass die Essigsäure die stärkste antimikrobielle Wirkung gegenüber MO hat (Wieder 1989, 5). Wie bereits in Kapitel 4.5.1 (Mikrobieller Verderb emulgierter Soßen) erläutert wurde, müssen unkonservierte Mayonnaisen und mayonnaiseartige Erzeugnisse einen Mindestessigsäureanteil enthalten, um eine gewisse Sicherheit gegenüber mikrobiellem Verderb zu gewährleisten. Dies trifft im besonderen Maße für jene Produkte zu, die als Grundlage für Feinkostsalate dienen. In der Regel werden bei der industriellen Herstellung von Salaten ausschließlich Mayonnaisen, Salatmayonnaisen, Salatcremes oder andere Soßen verwendet, die unter der Verwendung von pasteurisiertem Eigelb bzw. behandelten Gewürzen und Gewürzextrakten hergestellt werden. Unter diesen Voraussetzungen sollten diese Produkte einen Gesamtsäuregehalt von mindestens 0,45%, einen Essigsäureanteil von mindestens 0,2% und einen pH-Wert unterhalb von 4,2 aufweisen. Diese Werte gewährleisten zwar keinen umfassenden Schutz gegen Verderbnisorganismen, die meisten pathogenen Keime werden unter diesen Bedingungen jedoch weitestgehend in ihrem Wachstum gehemmt bzw. abgetötet (Baumgart 2004, 523). Alternativ zur Essigsäure finden häufig die Salze der Essigsäure, z.B. Natriumacetat, Verwendung. Die Salze verfügen über die gleiche antimikrobielle Wirkung wie die Essigsäure. Sie bieten jedoch den Vorteil, dass durch die Pufferung höhere Essigsäurekonzentrationen erreicht werden können, ohne dass sensorische Nachteile, beispielsweise ein zu starker Essiggeschmack, auftreten (Baumgart/Libuda 1977).

Gefahren gehen jedoch nicht ausschließlich von den MO selbst aus. Bei Feinkostsalaten auf Fleisch- oder Fischbasis können neben einer mikrobiellen Belastung auch biogene Amine zu einer Gesundheitsgefährdung führen. Biogene Amine entstehen durch eine mikrobiell verursachte Decarboxylierung von Aminosäuren. Generell können biogene Amine durch den Verderb aller eiweißreichen Lebensmittel entstehen. Besondere Bedeutung haben jedoch jene Lebensmittel, welche hohe Histidinkonzentrationen aufweisen. Dazu zählen insbesondere Fischprodukte aus Thunfisch, Makrelen oder Sardinen (s. Kapitel 6.4.2). Durch Decarboxylierung von Histidin entsteht Histamin, der wichtigste Vermittler allergischer Beschwerden. Die Bildung erfolgt vorwiegend durch

gramnegative MO wie *Morganella morganii* und bestimmten Stämmen verschiedener Enterobacteriaceae-Gattungen. Histamin verursacht nach einer Inkubationszeit von etwa 30 Minuten Symptome wie Kopfschmerzen, Erbrechen, Bauchschmerzen, Kreislaufbeschwerden sowie auf eine Kapillarerweiterung zurückzuführende Rötung der Haut (Halasz et al 1994; Tweel et al 1999, 166ff.). Daher ist in der Deutschen Fischverordnung und der EU-Fischhygienerichtlinie der Grenzwert für Histamin auf 200mg/kg Fisch festgelegt worden. Der Mittelwert von neun Proben darf eine Histaminkonzentration von 100mg/kg nicht übersteigen. Zudem dürfen nicht mehr als zwei von neun Proben Werte zwischen 100mg/kg und 200mg/kg aufweisen (FischHV 2000). Neben Histamin kann auch Tyramin, ein weiteres biogenes Amin, einen Verderb von Feinkostsalaten hervorrufen. Die Tyrosin-Decarboxylase führt zur Bildung von Tyramin aus der Aminosäure Tyrosin. Sie wird hauptsächlich von Laktobazillen wie *Lactobacillus buchneri*, *L. brevis*, oder *L. plantarum*, aber auch Clostridien sowie bestimmten Stämmen von *E. coli* gebildet. Tyramin wirkt blutdrucksteigernd und ruft vor allem Kopfschmerzen hervor (Krämer 2002, 118; Halasz et al 1994).

Zur Verlängerung der Haltbarkeit bietet sich die Verwendung von Konservierungsstoffen an. Nach der ZZuV dürfen Feinkostsalaten bis zu 1.500mg Sorbin- und / oder Benzoesäure bzw. ihre Salze je kg Endprodukt zugesetzt werden. Eine detaillierte Beschreibung der Sorbin- und Benzoesäure sowie ihrer Wirkungsweise enthält Kapitel 4.5.1 (Mikrobieller Verderb emulgierter Soßen).

Analog zur Essigsäure ist auch bei der Benzoe- bzw. Sorbinsäure hauptsächlich der undissoziierte Säureanteil antimikrobiell wirksam. Entsprechend muss der Dissoziationsgrad durch Absenken des pH-Wertes, z.B. durch die Zugabe von Essig-, Milch-, Wein- oder Äpfelsäure, vermindert werden. Infolge erhöhen sich der undissoziierte Säureanteil und die damit verbundene konservierende Wirkung (Lück/Jäger 1995, 162/184). Ihre konservierende Wirkung richtet sich jedoch gegen unterschiedliche MO. Während die Sorbinsäure insbesondere gegen Hefen und Schimmelpilze wirkt, zeichnet sich die Benzoesäure durch eine stärkere Hemmung von Milchsäurebakterien aus. Um beide Eigenschaften zu nutzen, werden in Feinkostsalaten häufig Kombinationen beider Konservierungsstoffe verwendet (Baumgart 2004, 525; Lück/Jäger 1995, 164/185). Ihre Wirksamkeit hängt jedoch nicht nur von der Konzentration und dem pH-Wert ab. Insbesondere der Ausgangskeimgehalt beeinflusst die Haltbarkeit der Produkte. Es ist mit

den in der ZZuV erlaubten Konzentrationen nicht möglich, einen Verderb zu verhindern oder die MO vollständig abzutöten. Sie sind allenfalls dazu in der Lage, das MO-Wachstum zu hemmen und einen Verderb bei kühler Lagerung hinauszuzögern. Selbst bei Ausschöpfung der zugelassenen Konservierungsstoffkonzentrationen und sogar einer Überdosierung wird keine mikrobiologische Stabilität erreicht. Die minimalen Hemmkonzentrationen einzelner Arten von MO liegen zum Teil sogar höher als die in der ZZuV erlaubten Konzentrationen. In der Regel wird hauptsächlich das Wachstum von Hefen und Schimmelpilzen gehemmt. Sorbin- und Benzoesäure wirken darüber hinaus auch gegen pathogene MO, sofern der pH-Wert durch Essigsäure auf unter 4,8 eingestellt ist. Das Wachstum von Milchsäurebakterien wird dagegen nur wenig beeinflusst (Baumgart/Libuda 1977; Lück/Jäger 1995, Seite).

7 Meerrettich

Meerrettich (*Armoracia rusticana*), welcher im süddeutschen und österreichischen Sprachraum auch als Kren bezeichnet wird, gehört zur Familie der Brassicaceae und zählt wie der Senf zur Gruppe der vorwiegend Senfölglykoside enthaltenden Gewürzpflanzen (Lieberei/Reisdorff 2007, 338). Ursprünglich stammt der Meerrettich aus Südosteuropa und Westasien. Heute ist er auf der ganzen Welt verbreitet und wird als Feldfrucht angebaut (van Wyk 2005, 71). Im 15. Jahrhundert brachte der Nürnberger Markgraf Johannes Alchemista (1401–1464) den Meerrettich aus Osteuropa in das Frankenland. Der Anbau in Deutschland beschränkt sich heute auf wenige Gebiete wie Mittelfranken, Südbaden und dem Spreewald (Wonneberger/Keller 2004, 238).

Der Name Meerrettich leitet sich einer Legende nach davon ab, dass die Meerrettichwurzeln über das Meer zu uns kamen. Diese These wird von der Tatsache gestützt, dass Meerrettich häufig in Küstengebieten zu finden ist und Seefahrer ihn gerne als Vitamin-C-Lieferant auf Seereisen mitgenommen haben. Meerrettich ist daher für den Botaniker Heinrich Marzell der „über das Meer zu uns gekommene Rettich“. Die Annahme, dass sich der Name von Mährrettich, wobei Mähre als Synonym für „altes Pferd“ gebraucht wird, und somit vom englischen Horse-radish ableitet, hält Marzell für eine Sage (Marzell 2002; Täufel et al 2005, 1163). Wahrscheinlicher ist, dass der Name dem Althochdeutschen entstammt. Das althochdeutsche Wort für den Pflanzennamen enthielt als ersten Bestandteil das Wort „mer“, wobei „mer“ im Sinne von „groß“ verwendet wurde. Die Vermutung wird durch die alte lateinische Bezeichnung „raphanus major“ gestützt, was übersetzt „großer Rettich“ bedeutet. Später wurde dann aus „mer-Rettich“ der heutige Begriff „Meerrettich“. Dieser wurde volksetymologisch zu „Rettich, der über das Meer zu uns kam“ umgedeutet. Der Name Kren entstammt dagegen dem slawischen Sprachraum. Altslawisch bedeutet „krenas“ soviel wie Weinen (Duden 2006, 452; Täufel et al 2005, 1163).

Die geraspelten Wurzeln des Meerrettichs dienen als Grundlage verschiedener Meerrettichdauerwaren oder werden frisch zu verschiedenen Fleisch- und Fischgerichten wie Roastbeef, gekochtem Rindfleisch oder Karpfen vorwiegend in Deutschland, Russland und den skandinavischen Ländern gereicht (Ternes 2008, 371).

7.1 Biologie und Anbau von Meerrettich

Meerrettich ist eine ausdauernde, mehrjährige und winterharte Staude und gehört zur Familie der Brassicaceae (Kreuzblütler). Die Pflanze besteht aus einer walzenförmigen Rübe (Stange), welche wurzelbürtige Seitensprosse ausbildet, und einer Rosette langstieliger, langovaler Blätter. Diese werden bis zu 60cm lang und sind durch gezähnte Ränder sowie hervortretenden Blattrippen gekennzeichnet (Lieberei/Reisdorf 2007, 338). Im ersten Jahr entwickeln sich die unmittelbar aus der Pfahlwurzel sprießenden Blätter sowie die Wurzel selbst. Erst im zweiten Jahr wachsen die bis zu 1,5 Meter hohen Blütenstände mit zahlreichen weißen Blüten, wobei die Früchte kaum lebensfähige Samen ausbilden (van Wyk 2005, 71; Wonneberger/Keller 2004, 238).

Für die Lebensmittelproduktion werden hauptsächlich die langen, rübenartigen Wurzeln, welche je nach Herkunft eine Dicke von 4-6cm und eine Länge von bis zu 40cm erreichen können, verwendet. Die langen Seitenwurzeln am unteren Stangenende werden als Fechser bezeichnet. Sie werden für die Auspflanzung im Frühjahr und für die Herstellung von Meerrettichdauerwaren verwendet (Lieberei/Reisdorf 207, 338; Wonneberg/Keller 2004; 238).

Der Anbau von Meerrettich ist verhältnismäßig aufwendig. Zum einen stellt Meerrettich hohe Ansprüche an die Bodenqualität. Für den Anbau eignen sich humose, tiefgründige Böden mit neutralem pH-Wert ohne Staunässe. Aufgrund des hohen Nährstoffbedarfs wird Meerrettich nur alle drei Jahre auf dem gleichen Feld angebaut. Seine Anforderungen an das Klima sind jedoch gering. Meerrettich gedeiht selbst im Halbschatten und ist absolut winterhart (Lieberei/Reisdorf 2007, 338; Wonneberger/Keller 2004, 238ff.). Zum anderen ist der Arbeitsaufwand für Pflanzung und Pflege sehr groß. Meerrettich benötigt von der Pflanzung bis zur Ernte sechsmal so viel Arbeit im Vergleich zu Kartoffeln (Kausch 2007). Über den Winter eingelagerte, mindestens bleistiftdicke Fechser werden vor der Pflanzung im Frühjahr von Hand zugeschnitten. Je länger die Fechser sind, desto längere Stangen können im Herbst geerntet werden. Um möglichst glatte Stangen zu erhalten, werden die schwachen Triebe und Wurzeln mehrmals im Jahr entfernt. Dazu werden während der Wachstumsperiode die Wurzeln zweimal aus- und wieder eingegraben. Auf diese Weise erhält der Meerrettich die gewünschte Stangenform. Ab Oktober, mit Verfärbung der Blätter, wird er von Hand geerntet. Die Ernte erfolgt möglichst spät, da die Wurzeln vorwiegend im September und auch noch im Oktober wachsen. Die frisch geernteten

Wurzeln werden anschließend gesäubert und entweder direkt weiterverarbeitet oder eingelagert (Wonneberger/Keller 2004, 240).

7.2 Herstellung von Meerrettichdauerwaren

Meerrettich wird während des ganzen Jahres verarbeitet, da einerseits die Konserven nur eine begrenzte Haltbarkeit aufweisen und andererseits, aus betriebswirtschaftlichen Gründen, eine ganzjährige Auslastung der Verarbeitungseinrichtungen angestrebt wird. Eine mehrmonatige Lagerung ist daher notwendig. Im Kaltlager, bei Temperaturen zwischen -3 bis -1 °C und einer hohen relativen Luftfeuchte, ist Meerrettich 8 bis 10 Monate lagerfähig. Um zu vermeiden, dass die Stangen austrocknen, wird der Meerrettich in der Praxis in gelochten Folienbeuteln gelagert, in welchen die gewünschte hohe Luftfeuchtigkeit erhalten bleibt. Die für die Neuzucht vorgesehenen Fehser werden hingegen zur Überwinterung in feuchtem Sand eingeschlagen und kühl gelagert. Von 35.000 gepflanzten Fehsern können ca. 30.000 marktfähige Stangen geerntet werden. Diese Menge entspricht einem Ertrag von ca. 80-120dt/ha Stangen sowie 20-40dt/ha Seitenwurzeln (Wonneberger/Keller, 2004, 239ff.).

Vor der weiteren Verarbeitung werden die Stangen in der Regel handverlesen, um ein einwandfreies, schneeweißes Endprodukt zu erhalten. Anschließend werden maschinell gewaschen, geschabt, danach nochmals gewaschen und anschließend ebenfalls maschinell und zu einer Meerrettichpulpe vorzerkleinert. Diese Meerrettichpulpe dient als Grundlage von Meerrettichdauerwaren. Die Pulpe wird vollautomatisch unter Luftabschluss gerieben, im Mischer mit den übrigen Zutaten vermengt und anschließend kalt in Gläser oder Tuben abgefüllt. Um das Aroma zu erhalten, darf das Gemenge nicht erhitzt werden. Eine Erhitzung hätte einen zu großen Schärfeverlust durch den Abbau und die Verflüchtigung der Allylsenföle zur Folge (Schamel 2008; Ternes 2008, 775).

7.3 Qualitätsanforderungen an Meerrettichdauerwaren

Die Anforderungen an Verarbeitungserzeugnisse aus Meerrettich, den so genannten Meerrettichdauerwaren, sind gesetzlich nicht geregelt. Um eine einheitliche und vergleichbare Produktqualität zu gewährleisten, wurden im Jahr 2002 von den im

Bundesverband der deutschen Feinkostindustrie zusammengeschlossenen Herstellern von Meerrettichprodukten die „Qualitätsanforderungen an Meerrettichdauerwaren“ verabschiedet und veröffentlicht.

Demnach dürfen für die Herstellung von Meerrettichdauerwaren nur einwandfreie Meerrettichstangen und Fehser verwendet werden. Mit der Aufhebung der deutschen Handelsklassen für frisches Obst und Gemüse vom 01.01.2007 sind die gesetzlich vorgeschriebenen Qualitätsanforderungen an Meerrettich aufgehoben worden. Da jedoch Meerrettich fast ausschließlich zur industriellen Verarbeitung verwendet wird, sind vor allem äußere Merkmale von Bedeutung, die eine gute technologische Verarbeitung sicherstellen. Eine ideale Stange ist etwa 30-40 cm lang, 300g schwer, innen weiß und ohne graue Stellen sowie frei von Vergabelungen. Die Wurzeln müssen sorgfältig gewaschen und geputzt und anschließend abgeschabt werden. Fraß- sowie Faulstellen müssen entfernt werden. Der Zusatz von Allylsenföl ist generell nicht erlaubt, da der natürliche Senfölgelhalt des Meerrettichs ein wesentliches Qualitätsmerkmal darstellt (Nebel 1987, 8ff.; Weber 2002).

Meerrettichdauerwaren werden in drei Kategorien eingeteilt: Meerrettich oder Gemüsemeerrettich, Tafelmeerrettich und Meerrettich-Spezialitäten. Die jeweiligen Kategorien unterscheiden sich zum Einen im Mindestgehalt der Meerrettichtrockensubstanz und zum Anderen in der Auswahl der erlaubten Zutaten (Weber 2002).

Meerrettich oder Gemüsemeerrettich besteht aus geriebenen Meerrettichstangen und Fehsern. Daneben dürfen Kochsalz und maximal 8% Pflanzenöl zugesetzt werden. Die Verwendung von Gärungssessig ist nur dann zulässig, wenn auf den Einsatz von schwefliger Säure oder deren Salzen als Konservierungsmittel verzichtet wird. Die aus dem Meerrettich stammende salz-, zucker- und fettfreie Trockenmasse muss mindestens 17% betragen (Weber 2002).

Tafelfertig zubereiteter Meerrettich bzw. Tafelmeerrettich besteht zu 60%-70% aus geriebenen Meerrettichstangen und -fehsern. Darüber hinaus finden üblicherweise Zutaten wie Mayonnaise, Salatmayonnaise, Gärungssessig, Salz, Zucker oder Sahne Verwendung. Die salz-, zucker- und fettfreie Meerrettichtrockensubstanz muss mindestens 14% betragen (Weber 2002; CVUA Karlsruhe 2006, 46).

Bei *Meerrettich-Spezialitäten* wie z.B. Preiselbeer-, Apfel- oder Sahne-Meerrettich muss die aus dem Meerrettich stammende salz-, zucker- und fettfreie Trockensubstanz einen Anteil von mindestens 3,5% haben. Entsprechend gering ist auch der Meerrettichanteil. So enthält Sahnemeerrettich häufig nur einen Meerrettichanteil von 15%. Wird auf eine besondere Geschmacksrichtung hingewiesen, beispielsweise Preiselbeer- oder Bärlauch-Meerrettich, so muss die bezeichnete Zutat in einer Menge enthalten sein, dass deren Geschmack deutlich wahrnehmbar ist. Daneben schreiben die Qualitätsanforderungen für Sahne-Meerrettich einen Mindestmilchfettanteil von 2% vor, welcher aus der verwendeten Sahne bzw. Schlagsahne stammen muss. Der Sahneanteil und die Sahneart müssen auf dem Etikett angegeben werden. Bei der Verwendung von Sahne muss diese einen Fettgehalt von mindestens 10% aufweisen. Wird stattdessen Schlagsahne verwendet, ist ein Fettgehalt von mindestens 30% erforderlich (Weber 2002; CVUA Karlsruhe 2006, 46).

Zur Konservierung dürfen Meerrettichpulpe gemäß der ZZuV bis zu 800mg/kg schwefliger Säure oder ihre Salze, berechnet als Schwefeldioxid, sowie Sorbin- und / oder Benzoesäure bis zu einer Gesamtmenge von 1.000mg/kg zugesetzt werden (ZZuV 2007). Unter Meerrettichpulpe ist dabei nicht die im Endprodukte enthaltene Fruchtpulpe, sondern das fertige Endprodukt selbst zu verstehen (Weber 2008[2], 5).

Schweflige Säure und ihre Verbindungen werden nicht nur aufgrund ihrer Hemmwirkung gegenüber MO verwendet. Sie besitzen die Fähigkeit, unerwünschte Verfärbungen zu verhindern, indem sie die Oxidation pflanzlicher Polyphenole hemmen. Daher werden sie in Meerrettichdauerwaren vor allem als Farbstabilisatoren eingesetzt, da geriebener Meerrettich dazu neigt, sich innerhalb kurzer Zeit zu verfärben (Belitz 2001, 446; Martens 1968).

Schweflige Säure ist jedoch nicht ganz ungiftig. Sie kann Kopfschmerzen, Übelkeit und Durchfall verursachen. Darüber hinaus weist sie eine hohe Reaktivität mit körpereigenen Enzymen (z.B. Dehydrogenasen) und Vitaminen auf. Schweflige Säure zerstört Vitamin B₁ (Thiamin) und Biotin, während die Vitamine A und C stabilisiert werden (Baltes 2000, 160). Daher wurde für Schweflige Säure ein ADI-Wert von 0,7mg/kg Körpergewicht je Tag festgelegt. Bei einem Körpergewicht von beispielsweise 70kg dürfen entsprechend max. 49mg schweflige Säure am Tag aufgenommen werden (Krämer 2002, 184).

7.4 Ernährungsphysiologie und wertgebende Inhaltsstoffe

Meerrettich besteht aus 76,6% Wasser, 13% Kohlenhydraten wie Stärke und Saccharose, 4,8% Ballaststoffen, 2,8% Proteinen, 2,2% Mineralstoffen und zu 0,3% aus Fett. Bemerkenswert ist vor allem sein hoher Gehalt an Glucosinolaten, so genannten Senfölglycosiden, von bis zu 0,24% (Ternes 2008, 371ff.; Lieberei/Reisdorf 2007, 338). Der scharfe, stechende Geruch und der brennende Geschmack sind charakteristisch für den Meerrettich, weshalb er hauptsächlich als Würzmittel verwendet wird. Geruch und Geschmack werden durch die für alle Arten der Cruciferae typischen Senföle hervorgerufen, welchen eine senkende Wirkung auf den Cholesterolspiegel sowie krebshemmende und antibakterielle Eigenschaften zugeschrieben werden. Bei Senfölen handelt es sich um ein Gemisch verschiedener, meist schwefelhaltiger Verbindungen, welche häufig auch als Meerrettichöl bezeichnet werden (Nebel 1987, 8ff., Watzl 2001). Vorläufer der Senföle sind die chemisch stabilen und weitestgehend geruch- und geschmacklosen Glucosinolate, weshalb rohe, unverarbeitete Meerrettichwurzeln noch nicht das typisch scharfe Aroma freisetzen. Erst durch eine enzymatische Spaltung werden aus den Glucosinolaten die aromawirksamen Senföle gebildet. Die bedeutendsten Senfölglycoside sind mit einem Anteil von bis zu 60% das Sinigrin und das Gluconasturtiin. Das für die Spaltung der Senfölglycoside verantwortliche Enzym ist die Myrosinase, welche in der Pflanzenzelle räumlich getrennt von den Glucosinolaten vorliegt. Durch die mechanische Einwirkung des Reibens und Kauens wird die räumliche Trennung aufgehoben und der enzymatische Abbau wird ausgelöst. Dabei werden Sinigrin bzw. Gluconasturtiin durch Abspaltung der Sulfatgruppe und des Glucoserestes zu den Senfölen Allylisothiocyanat bzw. Phenylethylisothiocyanat abgebaut (Watzl 2001; Täufel et al 2005 1163; Lieberei/Reisdorf 2007, 338). Allylisothiocyanat verursacht den stechenden und scharfen Geschmack, während Phenylethylisothiocyanat ein frisches Kressearoma erzeugt. Senföle sind relativ flüchtige Substanzen, so dass bei geriebenem Meerrettich das ursprüngliche Aroma nur kurzfristig voll erhalten bleibt. Sind Allyl- und Phenylethylisothiocyanat nicht in ausreichendem Maße vorhanden, ist der Geschmack untypisch flach, was zu einer Qualitätsminderung des Produktes führt (Nebel 1987, 8ff.; Täufel et al 2005, 1163; Ternes 2008, 372).

Das Schärfegefühl entsteht durch eine Stimulation von Schmerz- und Thermorezeptoren. Viele Senföle weisen in ihrem Molekül zwei funktionale Gruppen mit bestimmten

gemeinsamen Eigenschaften auf, deren Entfernung voneinander von entscheidender Bedeutung ist. Isothiocyanate aus Meerrettich reagieren beispielsweise mit den Kälterezeptoren (TRPA1 bzw. ANKTM1) des Körpers. Demnach suggerieren die Senföle dem Körper, dass er es mit bedrohlicher Kälte zu tun bekommt. Daraufhin leitet dieser wärmende Maßnahmen, etwa eine gesteigerte Wärmeproduktion, ein (Klein/Schmitt 1998; Jordt et al 2004).

Ein weiterer wertbestimmender Inhaltsstoff des Meerrettichs ist das Vitamin C. Ernährungsphysiologisch interessant ist der recht hohe Gehalt von 114mg je 100g. Damit enthält er mehr als doppelt so viel Vitamin C im Vergleich zu Zitronen, weshalb der Meerrettich auch als „bayrische Zitrone“ bezeichnet wird. Bereits eine Portion von ca. 65g deckt den Tagesbedarf an Vitamin C in Höhe von 75mg je Tag. In den traditionellen Anbaugebieten, in denen Meerrettich auch als Gemüse in größeren Mengen Verwendung fand, diente er in den Wintermonaten als wesentliche Quelle für Vitamin C (Nebel 1987, 8ff.; Oetker 2004, 520; Biesalski/Grimm 2004, 170).

8 Senf

Senf, welcher auch als Mostrich oder Mostert bezeichnet wird, ist eine mehr oder weniger scharf schmeckende Paste auf der Basis von gemahlenen Senfkörnern, Essig, Salz und Gewürzen. Als Ausgangsstoffe dienen, je nach Senfsorte, Schwarzser Senf (*Brassica nigra*), Brauner Senf (*Brassica juncea*) oder Weißer Senf (*Sinapis alba*) (Täufel et al 2005, 1709; Kunz 1993).

Senf wurde bereits im Altertum als Gewürz verwendet. Die ältesten Funde stammen aus China und sind schätzungsweise 3.000 Jahre alt. Es wird jedoch angenommen, dass nicht die Chinesen sondern die Inder den Senf „erfunden“ und als Gewürz verwendet haben, da sich das Wort Senf vom indischen „Sinapis“ ableitet.

Im ersten Jahrhundert nach Christus gelangte der Senf über Kleinasien nach Griechenland und verbreitete sich im gesamten Mittelmeerraum (Rösch 2008, 10). Dort diente er jedoch nicht nur als Gewürz, sondern vor allem als Arzneipflanze. Der römische Autor Plinius erwähnte bereits im ersten Jahrhundert nach Christus den Senf in seinen Schriften und zählte an die vierzig senfhaltige Heilmittel auf (Normann 1993, 23ff.). Auch der griechische Arzt Dioskurides schrieb dem Senf in seiner „Materia Medica“ heilende Kräfte gegen z.B. Epilepsie, Ischias-, Milz- und andere Schmerzen sowie diverser anderer Leiden zu. Mit Feigen gemischter und fein zerstoßener Senf soll gar gegen Ohrensausen und Schwerhörigkeit geholfen haben (Dioskurides, 1.Jh.n.Chr.). Inwiefern Senf tatsächlich gegen derartige Leiden hilft, soll an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Die Behauptung, dass Senf dumm macht, ist jedoch auf eine Verwechslung zurückzuführen. Neben den im Senf hauptsächlich enthaltenen harmlosen Glucosinolatderivaten Sinalbin und Sinigrin, deren Anteile im Samen bis zu 4,4% betragen können, existieren so genannte cyanogene Glycoside, welche auch zu den Senfölen gezählt werden (Belitz 2001, 746ff.). Bei Verletzungen der Zellen werden cyanogenen Glycoside durch zellmembrangebundene Enzyme gespalten. Es kommt zur Freisetzung von Cyanhydrin, welches weiter zu Blausäure verstoffwechselt werden kann und zu entsprechenden Vergiftungserscheinungen führt (Boller 2006). Aber anders, als der Name Senföl vermuten lässt, sind die cyanogenen Glycoside im Senf nicht bzw. lediglich in Spuren enthalten. Vielmehr kommen sie in Maniokwurzeln, Limabohnen oder den Spitzen von Bambussprossen vor (Selmar 2008).

Von Rom gelangte der Senf nach Mittel- und Nordeuropa. Da vor der Kolonialisierung Asiens in Mitteleuropa Gewürze Mangelware waren, ordnete Karl der Große im Jar 795

nach Christus den Senfanbau zu Speisezwecken an. Auf diese verbreitete sich der Senfanbau über ganz Europa (Rösch 2008, 11). Neben der Senfsaat wurden auch oftmals die Blätter als Gemüse verwendet (Reinhardt/Ludwig 1911, 534). Im 13. Jahrhundert entwickelte sich Dijon zur Hauptstadt des Senfs, da es in Frankreich ein Monopol auf die Senfherstellung erhielt und aufgrund des Weinanbaus ausreichend Essig vorhanden war, um die Senfpaste haltbar zu machen (Rösch 2008, 13).

Senf war in Europa während des Mittelalters das einzige Gewürz, welches auch für die einfachen Bürger erschwinglich war. Mit Beginn der Kolonialisierung gelangten jedoch immer mehr exotische Gewürze nach Europa, so dass der Senf zunehmend an Bedeutung verlor (Normann 1993, 23ff.). In Deutschland wurde Senf nur bis ins 19. Jahrhundert in nennenswertem Umfang angebaut. Heute bezieht Deutschland die Senfsaat hauptsächlich aus der Tschechischen Republik, der Ukraine, Kanada, Holland und Ungarn (Haupt-Steven 2002; Statistischen Bundesamt 2006). In Deutschland wird kaum mehr Senf für die Speisesenfherstellung angebaut. Trotzdem sind die Senfpflanzen nicht gänzlich von deutschen Äckern verschwunden. Er wird im Spätsommer als so genannte Zwischenfrucht angebaut und dient u.a. dem Erosionsschutz und der natürlichen Schädlingsbekämpfung. Aufgrund seines schnellen und dichten Wuchses, des relativ unproblematischen Anbaus und der niedrigen Saatgutkosten ist Senf in Nordrhein Westfalen die am weitesten verbreitete Zwischenfrucht zur Gründüngung (Berendonk 2006).

Speisesenf erfreut sich mittlerweile jedoch immer größerer Beliebtheit. Der Prokopfverbrauch stieg von 365g im Jahr 1953 auf über 900g im Jahr 2006. Auch der Senfmarkt erfuhr in Deutschland zwischen 1997 und 2007 ein beachtliches Wachstum. Wurden 1997 in Deutschland noch ca. 68.000t Senf und Senfprodukte hergestellt, stieg die Produktion auf annähernd 85.000t im Jahr 2007 (Verband der Essig- und Senfindustrie e.V. 2008; Stat. Bundesamt 2008; Anonym 1981). Es wird jedoch nicht überall in Deutschland der gleiche Senf gekauft. In Norddeutschland werden hauptsächlich die scharfen Senfsorten nachgefragt, während in Süddeutschland, insbesondere Bayern, der milde bzw. süße Senf bevorzugt wird (Anonym 1981).

8.1 Biologie und Anbau von Senfpflanzen

Wie der Meerrettich gehören alle Senfarten zur Familie der Brassicaceae (Kreuzblütengewächse). Aber Senf ist nicht gleich Senf. Das Wort Senf dient vielmehr als

Sammelbezeichnung für alle scharf schmeckenden Pflanzenteile oder Samen der Gattungen *Brassica*, *Eruca* und *Sinapis*, welche als Gewürz, Blattgemüse oder zur Ölgewinnung verwendet werden. So wird beispielsweise der in Nord- und Ostafrika kultivierte Abessinische Senf (*Brassica carinata*) hauptsächlich als Gemüse bzw. zur Ölgewinnung verwendet (Täufel et al 2005, 1709). Daneben gibt es zahlreiche weitere Arten von denen in Deutschland lediglich drei zur Herstellung von Speisesenf verwendet werden. Dies sind der Gelbe bzw. Weiße Senf (*Sinapis alba*), der Schwarze Senf (*Brassica nigra*) und der Braune Senf (*Brassica juncea*), welcher auch als Sareptasenf bezeichnet wird. Alle drei Arten ähneln in ihrem Aussehen dem Raps, welcher ebenfalls zur Familie der Brassicaceae gehört. Die aufrechten, krautigen Pflanzen verzweigen sich erst im oberen Bereich und tragen an ihren Triebenden zahlreiche gelbe Blüten (Lieberei/Reisdorf 2007, 340ff.; Verband der dt. Senfindustrie e.V. 1994).

Obwohl der botanische Name des Gelben Senfs (*Sinapis alba*) etwas anderes vermuten lässt, gehört er, ebenso wie der Schwarze und der Braune Senf, zur Gattung der Kohlpflanzen (*Brassica*) (Rösch 2008, 14). Der Ursprung des Gelben Senfs liegt vermutlich im Mittelmeerraum und den angrenzenden Ländern. Seine Wildform ist in ganz Süd- und Mitteleuropa, Nordafrika sowie in Vorderasien bis nach Ostindien anzutreffen. Erst im frühen Mittelalter gelangte der Gelbe Senf nach Deutschland (Schuster 1992, 40). Die einjährige Pflanze erreicht, je nach Standort, eine Höhe von 30cm bis 150cm. Die Blütezeit reicht von Mai bis Oktober. Eine Besonderheit des gelben Senfs sind seine auf der Unterseite borstig behaarten Blätter und die ebenfalls behaarten, 2-3cm langen Schoten. Diese enthalten je 2-6 gelblich-weiße, kugelige Samen mit einem Durchmesser von ca. 2,5mm. Die Samen bestehen zu ca. 30% aus Fett und ebensoviel Protein. Darüber hinaus enthalten sie 1,5-2,5% Sinalbin, welches nach einer enzymatischen Reaktion die typische Schärfe hervorruft. Ganze Körner dienen u.a. als Würzmittel für eingelegte Gemüse oder Fischmarinaden. Ein bedeutender Teil findet jedoch in der Speisesenfherstellung Verwendung (Lieberei/Reisdorf 2007, 340; Haupt-Steven 2002).

Die Herkunft des Schwarzen Senfs (*Brassica nigra*) kann nicht mehr eindeutig bestimmt werden. Es gibt zwei verschiedenen Rassen, von denen eine ihren Ursprung in Südeuropa und Nordafrika hat, während die andere aus dem Mittleren Osten stammt (Schuster 1992, 36; van Wyk 2005, 98). Heute wird er praktisch weltweit als Kulturpflanze angebaut. Die

ebenfalls einjährige Pflanze erreicht in der Regel eine Höhe von 70cm, kann aber unter günstigen Bedingungen auch eine Größe von bis zu 190cm erreichen. Schwarzer Senf weist, im Gegensatz zum Gelben Senf, glatte Blätter auf. Seine 10-22mm langen Schoten enthalten 8-16 Samen, welche sich durch ein anderes Senfölglycosid von den Samen des Gelben Senfs unterscheiden. Schwarzsensaat enthält das Senfölglycosid Sinigrin (1,2%), welches durch eine enzymatische Reaktion in das flüchtige, stechend riechende und scharf schmeckende Allylisothiocyanat umgewandelt wird. Die Samen des Schwarzen Senfs werden vorwiegend zur Speisesenferstellung genutzt (Lieberei/Reisdorf 2007, 340ff.).

Sareptasenf (*Brassica juncea*), welcher auch als Brauner Senf bezeichnet wird, ist eine Kreuzung aus den Wildformen des Schwarzen Senfs und Rübsen (*Brassica campestris*). Er entstand in der Himalajaregion und verbreitete sich von dort über Indien, China, Südrussland und Europa bis nach Nordafrika (Schuster 1992, 33; van Wyk 2005, 95). Die gelappten Blätter der mehrjährigen Pflanze, welche jedoch nur einjährig angebaut wird, sind schwach behaart. Der Stängel weist im Gegensatz zum Schwarzen bzw. Gelben Senf zahlreiche Verzweigungen auf. In der Regel erreicht Sareptasenf eine Höhe von 1-1,5m, unter günstigen Bedingungen sogar von bis zu 2m. Die 30-60mm langen Schoten enthalten bis zu 10 dunkle Samen mit einem Durchmesser von ca. 1,8mm. Als Senfölglycosid enthalten sie ca. 1,1-1,2% Sinigrin (Haupt-Stevens 2002; Staesche 1970; van Wyk 2005, 95). Seit den 1950er Jahren ersetzt der Sareptasenf zunehmend den Schwarzen Senf, da Schwarzer Senf nur unter günstigen Bedingungen Größen von über 70cm erreicht und seine Schoten während der Fruchtreifung zum Aufplatzen neigen, was zu erheblichen Ernteverlusten führen kann. Diese Eigenschaften erschweren den Einsatz von Erntemaschinen. Sareptasenf eignet sich hingegen aufgrund seines höheren Wuchses und seiner weniger zum Aufplatzen neigenden Schoten für die maschinelle Ernte. Er ermöglicht so eine weniger arbeitsintensive und damit kostengünstige Produktion (van Wyk 2005, 95).

Gelber, Schwarzer und Sareptasenf benötigen sehr ähnliche Wachstums- und Anbaubedingungen. Sie bevorzugen ein warmes, gemäßigtes Klima, wobei Sareptasenf etwas höhere Temperaturen bevorzugt. Senf ist sehr schnellwüchsig. Von der Aussaat bis zur Fruchtreife vergehen lediglich 100-120 Tage (Haupt-Stevens 2002; Rösch 2008, 14ff.). Senf wird bereits ab Ende März ausgesät, da bereits Temperaturen von 2-3°C für das

Auskeimen ausreichen. Nachtfroste bis -6°C übersteht er schadlos. Aufgrund der relativ kurzen Wachstumsphase benötigen die Senfpflanzen eine gute Nährstoffversorgung, so dass eine Düngung mit Stickstoff, Phosphat und Kalium notwendig ist. Hingegen kann in der Regel auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verzichtet werden. Bei einem ausreichend geringem Saatabstand beschatten die schnellwachsenden Senfpflanzen den Boden derart, dass das Wachstum anderer Pflanzen unterdrückt wird. Auch gegen Schädlingsbefall sind die Senfpflanzen relativ unempfindlich. Die Pflanzen werden in der Regel noch vor der eigentlichen Reife mit Mähdreschern geerntet, um die Ernteverluste gering zu halten. Mit dem Beginn der Fruchtreife neigen die Schoten zum Aufplatzen, so dass bei zu später Ernte erhebliche Ernteverluste entstehen können (Haupt-Stevens 2002; van Wyk, 2005, 95ff.).

8.2 Begriffsbestimmung Senf

Senf ist eine verzehrfähige Zubereitung, die zum Würzen von Lebensmitteln bestimmt ist. Er wird auf der Grundlage von entölten oder nicht entölten sowie geschälten oder ungeschälten Senfkörnern hergestellt, die von den Pflanzenarten *Brassica nigra*, *Brassica juncea* und / oder *Sinapis alba* stammen. Unter Verwendung von Essig, Wasser und / oder anderer Genusssäuren, Salz und, je nach Rezeptur, einer Vielzahl von Gewürzen und weiteren geschmackgebenden Zutaten, werden die Senfkörner zu pastösen Senf verarbeitet (BLL 1980).

Für Speisesenf gibt es keine Rechtsverordnung und keine Leitsätze im Deutschen Lebensmittelbuch. Für die Beurteilung von Senf dienen daher die „Richtlinie zur Beurteilung von Senf“ aus dem Jahr 1980 sowie die weitestgehend deckungsgleichen „Europäischen Beurteilungsmerkmale für Speisesenf (Code of Practice)“. Diese wurden im Hinblick auf den gemeinschaftlichen EG-Binnenmarkt von der EG-Vereinigung der Senfindustrieverbände (CIMCEE) im Jahr 1991 verabschiedet. Die CIMCEE hatte bereits frühzeitig festgestellt, dass sich die in den EG-Mitgliedsländern unter der Bezeichnung Senf angebotenen Produkte hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Produktbezeichnung z.T. deutlich unterschieden. Dies betraf z.B. die Art und Menge der verwendeten Senfsaat oder den Einsatz von Dickungsmitteln. Da jedoch mit Inkrafttreten des gemeinschaftlichen EG-Binnenmarktes jedes ordnungsgemäß in einem Mitgliedsstaat hergestellte Erzeugnis ohne Behinderung in jedem anderen Mitgliedsstaat vermarktet werden kann, entstand der

Bedarf, einheitliche europäische Beurteilungskriterien für Senf festzulegen. Das Ziel der Regelung ist es, einen fairen Wettbewerb zu ermöglichen sowie Handel und Verbraucher vor Täuschung und Irreführung zu schützen. Der Code of Practice dient, ähnlich den Leitsätzen des Deutschen Lebensmittelbuches, sowohl der amtlichen Lebensmittelüberwachung und Gerichten als auch Herstellern und Händlern als Richtschnur für die Zusammensetzung und Kennzeichnung von Senferzeugnissen. Dadurch erhält der Code of Practice einen verordnungsähnlichen Stellenwert (Coduro 1994).

Auf dem deutschen Senfmarkt werden zahlreiche verschiedene Senfsorten angeboten, welche sich in erster Linie in ihrer Schärfe, Süße, Textur und der Verwendung anderer geschmackgebender Zutaten unterscheiden. Durch die Mischung von Braun-, Schwarz- und Gelbsenfsaat kann die Schärfe des Senfs unmittelbar beeinflusst werden. So wird für die Herstellung von mildem Senf überwiegend Gelbsenfsaat genutzt. Werden zusätzlich Schwarz- und Braunsenfsaat verwendet, so wird der Senf schärfer. Mittelscharfer Senf, welcher auch als Delikatess- oder Tafelsenf bezeichnet wird, besteht beispielsweise aus einer Mischung aus Braun- und Gelbsenfsaat, während scharfer und extrascharfer Senf (z.B. Dijon-Senf oder Düsseldorfer Löwensenf) ausschließlich aus Braunem und / oder schwarzem Senf hergestellt wird (Philipp 1991). Auf die Schärfe kann durch Zusätze wie z.B. „stark“, „feurig“ oder „scharf“ hingewiesen werden, wenn der scharfe Geschmack ausschließlich aus der Senfsaat stammt. Erfolgt ein Hinweis auf die Schärfe, obwohl diese aus anderen Zutaten (z.B. Chili) stammt, so muss deutlich auf diese Zutat hingewiesen werden (BLL 1980).

Der Code of Practice schreibt für verschiedene Senferzeugnisse wie z.B. Senfpulver, Dijon- oder zubereitetem Senf (Tafel- oder Delikatesssenf) die Zusammensetzung sowie die Art und Menge der erlaubten Zutaten vor. So legt er beispielsweise für bestimmte Senferzeugnisse den Mindestgehalt an salz- und fettfreier Trockenmasse fest. Diese gibt einen Hinweis auf die Menge an Senfsaat, die bei der Herstellung eingesetzt wurde. Nur wenn alle Produktspezifikationen erfüllt werden, darf das Erzeugnis unter der jeweiligen Verkehrsbezeichnung verkauft werden.

Darüber hinaus legt der Code of Practice allgemeine Anforderungen fest, welche für alle Senferzeugnisse gelten.

Es dürfen ausschließlich Senfkörner des Gelben, Braunen und / oder Schwarzen Senfs von einwandfreier und handelsüblicher Qualität verwendet werden (Coduro 1994). Die Saat

darf beispielsweise keinen muffigen oder dumpfen Geschmack und Geruch aufweisen und nicht nachkeimen, da keimende Senfsaat einen ranzig-bitteren Geschmack verursacht (Philipp 1991). Der Fremdstoffanteil, z.B. Fremdsamen oder Verunreinigungen, muss unter 2% liegen. Verwendung finden sowohl entölte als auch nicht entölte Senfsaat, wobei das Öl ausschließlich durch Pressverfahren gewonnen werden darf. Die Senfsaat muss jedoch in jedem Fall einen Gehalt an fettem Senföl von 12% aufweisen.

Die Verwendung von separierten Senfschalen ist nur mit einigen Einschränkungen gestattet. So dürfen dem Produkt lediglich die Schalen zugefügt werden, welche in einer vorangegangenen Produktionsstufe von der verwendeten Senfsaat getrennt wurden. Ein höherer Schalenzusatz ist nur dann erlaubt, wenn ausschließlich nicht entölte, ungeschälte Senfsaat verwendet wird und das Endprodukt einen Senfölgelhalt von mindestens 5% sowie einen aus den Senfkörnern stammenden Trockenmassegehalt von mindestens 18% aufweist. Zudem muss auf dem Etikett deutlich auf die Verwendung von Senfschalen hingewiesen werden (Coduro 1994).

Generell verboten ist der Zusatz von essentiellm Senföl oder Extrakten, welche die gleiche Funktion haben. Hintergrund ist, dass der Senfölgelhalt ein wesentliches Qualitätskriterium von Senfprodukten darstellt. Durch den Zusatz von beispielsweise synthetischen Extrakten könnte der Eindruck eines qualitativ hochwertigen Produktes vorgetäuscht werden. Zudem ist die Verwendung von stärkehaltigen Substanzen, Verdickungs- oder Bindemitteln und Stabilisatoren, sofern die Spezifikationen der Senferzeugnisse nicht ausdrücklich die Verwendung einer solchen Zutat erlauben, untersagt (Coduro 1994).

Die Verwendung von Zusatzstoffen gemäß der ZZuIV ist erlaubt. So darf dem Senf als Farbstoff das Carotinoid Lutein (E 161b) bis zu einer Menge von 300mg je kg Endprodukt zugesetzt werden. Als Süßungsmittel sind die Zuckeralkohole Sorbit, Mannit, Isomalt, Maltit, Lactit und Xylit quantum satis zugelassen. Für Süßstoffe gelten jedoch Grenzwerte, welche in Anlage 7 aufgeführt sind. Eine Beschreibung der Süßstoffe enthält Kapitel 5.4.5 (Süß- und Zuckeraustauschstoffe nichtemulgierter Soßen). Zur Konservierung dürfen dem Senf Benzoe- und Sorbinsäure, einzeln oder in Kombination, bis zu einer Gesamtmenge von 1.000mg je kg Endprodukt zugesetzt werden. Zudem ist eine Konservierung mittels Schwefeldioxid bzw. Sulfiten möglich. Senf darf bis zu 250mg Schwefeldioxid, Dijonsenf bis zu 500mg Schwefeldioxid je kg enthalten (ZZuIV 2007).

Im Folgenden werden die im Code of Practice beschriebenen Anforderungen an verschiedene Senferzeugnisse näher erläutert:

Senfmehl (Mustard flour) wird aus gemahlenen, geschälten und nicht entölten Senfkörnern gewonnen. Es dient u.a. als Rohstoff für die Herstellung von Speisesenf (Coduro 1994; Oetker 2004, 740). Senfmehl enthält 32-38% Proteine, 28-36% Fett mit einem hohem Anteil an Erucasäure und Vitamin E, 18-25% Kohlenhydrate, 8-12% Ballaststoffe sowie 7-10% Wasser. Die Kohlenhydrate beinhalten keine Stärke sondern setzen sich zu großen Teilen aus Hydrokolloiden zusammen. Dies erklärt die gute Quellbarkeit des Senfmehls (Täufel et al 2005, 404).

Senfpulver (Mustard powder) ist ein mit Gewürzen, Kräutern und / oder Getreidemehl versetztes Senfmehl. Das Senfmehl darf insgesamt höchstens 20% der genannten Zutaten enthalten (Coduro 1994). Senfpulver ist im Handel als Trockenprodukt erhältlich. Es dient, insbesondere in England, der Zubereitung von Speisesenf. Dazu wird es unmittelbar vor Gebrauch mit Wasser, Essig und Zucker vermischt und einige Minuten stehen gelassen, um das Pulver quellen zu lassen. Mustard powder wird auch als Gewürz für z.B. Fleischgerichte verwendet (Oetker 2004, 740ff.; Normann 1993, 24; FrymaKoruma 1985).

Senfpulver Würzmittel (Mustard powder condiment) ist ein pulverförmiges Erzeugnis aus gemahlener Senfsaat. Die Verwendung entölter Senfkörner ist möglich, sofern sie einen Fettgehalt von mindestens 12% aufweisen (Coduro 1994).

Senf oder zubereiteter Senf ist definiert als eine breiartige Zubereitung aus entölter oder nicht entölter Senfsaat bzw. Senfmehl mit einem Fettgehalt von mindestens 12% und einer Flüssigkeit. Die Flüssigkeit kann aus einer oder mehrerer der folgenden Zutaten bestehen: Wasser, Gärungsessig, Saft von unreifen Trauben, Traubenmost, Fruchtsaft, alkoholische Getränke oder andere trinkbare Flüssigkeiten. Der Gehalt an aus der Senfsaat stammender Trockenmasse muss im Endprodukt mindestens 15% betragen. Ferner dürfen dem Senf weitere geschmackgebende Zutaten wie Zucker, Salz, Kräuter, Gewürze sowie Aromen zugegeben werden. Auch die Verwendung von Getreidemehl ist bis zu einem Höchstgehalt von 3% erlaubt, sofern der aus den Senfkörnern stammende Trockensubstanzgehalt mindestens 18% beträgt. Die Verwendung von Zusatzstoffen gemäß der ZZuLV ist gestattet

(Coduro 1994). Schärfe und Geschmack variieren je nach Anteil der verwendeten Senfsorten und der regionalen Herstellungspraxis. Als geschmackgebende Zutaten werden häufig Gewürze, z.B. Paprika oder Pfeffer, Kräuter sowie Salz und Aromen verwendet. Die Verwendung anderer Lebensmittel wie z.B. Champagner oder Tomaten ist dagegen eher selten. Weist die Verkehrsbezeichnung auf eine Zutat besonders hin (z.B. Estragon-, Kräuter-, Meerrettich- oder Tomatensenf), so muss die angegebene Zutat enthalten und die entsprechende Geschmacksnote deutlich wahrnehmbar sein (Oetker 2004, 740).

Dijonsenf ist ein sehr scharfer Speisesenf, welcher ausschließlich aus schwarzen (*Brassica nigra*) oder braunen (*Brassica juncea*), nicht entölten Senfkörnern durch Absieben und Mahlen gewonnen wird. Die Senfschalen werden durch eine Siebschleuder entfernt, so dass nur der Senfkern weiterverarbeitet wird. Nach dem Absieben der Schalen darf der Schalenanteil maximal 2% betragen. Bei der Herstellung von Dijonsenf dürfen ausschließlich die folgenden Flüssigkeiten, auch in Kombination, verwendet werden: Gärungssessige (Wein-, Branntwein- oder Apfelessig), Saft von unreifen Trauben, Traubensaft und Traubenmost sowie Wein. Diese Flüssigkeiten können wiederum mit Wasser verdünnt werden, sofern dessen Anteil weniger als $\frac{3}{4}$ der Flüssigkeitsmenge beträgt. Dijonsenf muss einen Fettgehalt von mindestens 8% und einen Gehalt an schalenfreier Senfkörnertrockenmasse von mindestens 22% aufweisen. Der Zusatz von Aromastoffen ist erlaubt. Farbstoffe, Senfschalen, Getreidemehle sowie Stabilisatoren dürfen hingegen nicht verwendet werden (Coduro 1994; Oetker 2004, 188).

Englischer Senf ist ein sehr scharfer, unter Verwendung von Getreidemehl (maximal 10%) hergestellter Speisesenf. Er muss einen aus den Senfkörnern stammenden Trockensubstanzgehalt von mindestens 20% und einen Fettanteil von mindestens 6% aufweisen (Coduro 1994). Bei der Herstellung von Englischem Senf wird in der Regel Weißer oder Brauner Senf verwendet. Verschiedene Variationen enthalten zusätzliche Gewürze wie beispielsweise Kurkuma. Die Schärfe sollte jedoch aus dem Senfmehl und nicht aus den Zusätzen stammen. Als alleinige Flüssigkeit wird üblicherweise Wasser verwendet (Oetker 2004, 218).

Französischer oder traditioneller Senf ist ein aus grob vermahlener, nicht entölter Senfsaat hergestellter zubereiteter Senf. Verwendet wird ausschließlich Brauner oder Schwarzer

Senf, wobei im Gegensatz zum Dijonsenf auf das Absieben der Schalen verzichtet wird. Entsprechend gilt als Qualitätsmerkmal die aus ganzen Senfkörnern (inklusive Schalen) stammende Trockensubstanz, welche mindestens 18% betragen muss. Das Endprodukt muss einen Gehalt an fettem Senföl von mindestens 5% aufweisen. Zur Herstellung dürfen als Flüssigkeit ausschließlich Gärungsessig, Saft aus unreifen Trauben, Traubensaft oder Wein sowie Kombinationen aus diesen verwendet werden, die ihrerseits mit Wasser verdünnt werden dürfen. Der Zusatz von Aromastoffen und Senfschalen ist erlaubt, wobei auf den Zusatz von Senfschalen deutlich hingewiesen werden muss. Die Verwendung von Farbstoffen und Getreidemehlen ist nicht zulässig (Coduro 1994).

Süßer Senf ist ein aus schwarzer, brauner und weißer Senfsaat hergestellter zubereiteter Senf mit einem mild-süßem Geschmack. Der Zusatz von Senfschalen der gleichen Sorten ist erlaubt, sofern ihr Anteil im Endprodukt kleiner als 1,5% ist. Getreidemehle dürfen nicht verwendet werden. Süßer Senf muss einen Gehalt an Senfkörnertrockensubstanz von mindestens 15% aufweisen, wobei die zusätzlich zugesetzten Senfschalen keine Berücksichtigung finden (Coduro 1994). Häufig werden für die Herstellung von süßem Senf geröstete Senfkörner verwendet, welche nur grob vermahlen werden. Als weitere Zutaten kommen Essig, Wasser, Gewürze sowie Zucker bzw. Zuckeraustausch- oder Süßstoffe in Frage (Oetker 2004, 784). Typische Zutaten für hellen bayrischen Senf sind Gelbsenfsaat, heller Essig, weißer Zuckersirup, braune Senfschalen und Curcuma. Brauner Hausmachersenf zeichnet sich dagegen durch die Verwendung von dunklem Essig, karamellisiertem Zucker und braunen Senfschalen sowie eines relativ hohen Anteils an Braunem Senf aus. Auf den Einsatz von Curcuma wird in der Regel verzichtet. Der erhöhte Zuckeranteil (18 bis über 30%) trägt wesentlich zum mild-süßem Geschmack des süßen Senfs bei (Philipp 1991).

Neben den beschriebenen Senferzeugnissen existieren zahlreiche weitere, welche in den Code of Practice bisher noch nicht näher definiert wurden. Der CIMCEE weist aber ausdrücklich daraufhin, dass die Liste der Senfprodukte nicht abschließend ist. Er behält sich vor, die Liste durch weitere Bezeichnungen zu ergänzen (Coduro 1994).

8.3 Wertgebende Inhaltsstoffe

Ein wesentliches Merkmal der sensorischen Qualität von Senfprodukten ist die Senfschärfe, die, je nach Senfart, durch verschiedene Senföle verursacht wird (ML Niedersachsen 2000, 150). Im Folgenden werden die Entstehung der Senfschärfe, Maßnahmen zu deren Erhalt sowie weitere wichtige Eigenschaften der Senföle erklärt.

Die Senfkörner des Schwarzen, Braunen und Gelben Senfs unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung nur unwesentlich voneinander. Sie enthalten ca. 30% fettes Senföl, ca. 25% Proteine und ca. 29% Kohlenhydrate. Der Rest setzt sich aus Ballaststoffen, Wasser und Mineralstoffen zusammen (BLS 2008[5]).

Senfkörner bestehen aus einem Kern und der Schale, welche den Kern umhüllt. Das fette Senföl sowie die Senfölglycoside sind ausschließlich im Kern lokalisiert (Coduro 1994). Unter fettem Senföl wird das in der Senf Saat enthaltene Öl verstanden, welches sich, wie die meisten Cruciferensamenöle, hauptsächlich aus Eruca-(42%), Öl-(22%), Linol-(16%) sowie geringeren Anteilen Linolen- und Eicosensäure zusammensetzt (Ternes 2008, 351; Staesche 1968). Als Senföle werden hingegen die aromawirksamen Bestandteile bezeichnet, welche durch Fermentation aus den Senfölglycosiden gebildet werden und für die Schärfe des Senfs verantwortlich sind.

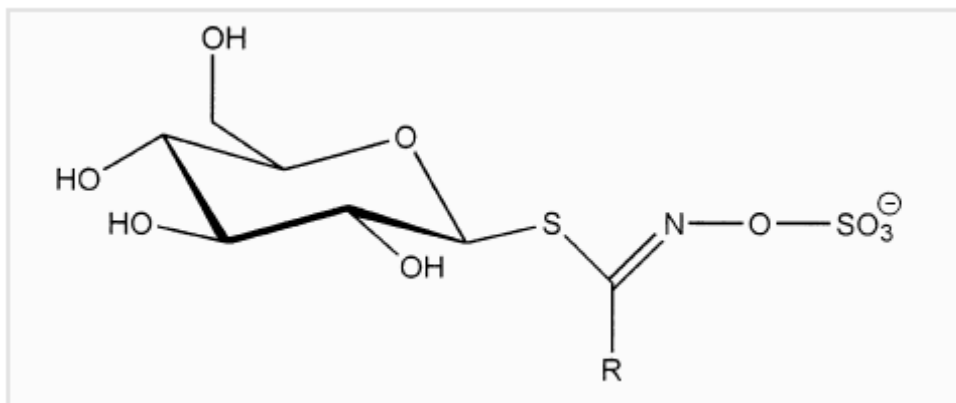


Bild 14: Grundstruktur der Glucosinolate (Watzl 2001)

Die verschiedenen Senfsamen unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihrer botanischen Herkunft, sondern vor allem in ihrem Gehalt an Senfölglycosiden. Senfölglycoside sind stabile Moleküle, welche aus einer Glucoseeinheit, einer schwefelhaltigen Gruppierung mit einem Agluconrest sowie einer Sulfatgruppe bestehen. Brauner und Schwarzer Senf

enthalten als Glucosinolat das Sinigrin (1,1-1,2%), während Gelber Senf durch seinen Gehalt an Sinalbin (1,5-2,5%) gekennzeichnet ist (Staesche 1968, Watzl 2001). Alle Glucosinolate unterscheiden sich ausschließlich in ihrem Agluconrest, welcher letztendlich für die sensorische Wirkung verantwortlich ist.

Trockene, ganze Senfkörner sind jedoch weitestgehend geruchlos. Das Aroma und die typische Schärfe entstehen erst bei der Senfherstellung. Beim Einmaischen und Vermahlen der Senfkörner mit Wasser oder Essig werden die Zellen aufgerissen und das in ihnen enthaltene Enzym Myrosinase freigesetzt (Pahlow 1995, 56). Myrosinase ist für die Spaltung der Glucosinolate verantwortlich und liegt in den unversehrten Pflanzenzellen räumlich getrennt von den Glucosinolaten vor. Die Aufhebung der räumlichen Trennung leitet einen enzymatischen Abbau der Senfölglycoside ein. Während der sich dem Mahlvorgang anschließenden Reifezeit entsteht aus dem Sinigrin des Schwarzen und Braunen Senfs mit Hilfe der Myrosinase das scharfe, aber leicht flüchtige Allylsenföl (Allylisoithiocyanat) (Watzl 2001; Staesche 1968). Isoliertes Allylsenföl ist ein farbloses bis schwach gelbliches Öl. Es weist einen sehr scharfen, zu Tränen reizenden Geruch auf (Täufel et al 2005, 45/1710ff.). Aus dem Sinalbin des Gelben Senfs entsteht das mildere Sinalbinsenföl (p-Hydroxybenzylisothiocyanat). Aufgrund seines geringeren Dampfdruckes ist es weniger flüchtig, so dass der Schärfeeindruck eher im Mundraum entsteht (Staesche 1968).

Aufgrund der unterschiedlichen Glucosinolate der Senfarten können durch Mischung von Braun-, Schwarz- und Gelbsenfsaat die Schärfe und die spezifischen Geschmackseigenschaften der Senferzeugnisse unmittelbar beeinflusst werden. Die geeignete Auswahl und Mischung der Senfsaat ist also für die spätere Qualität des Senfs von zentraler Bedeutung, wobei auch die Herkunft sowie die geographischen Verhältnisse beim Anbau die Zusammensetzung und den Glucosinolatgehalt der Senfkörner beeinflussen. Schließlich übt auch während der Produktion die Fermentationsdauer sowie der Herstellungsprozess selbst (s. Kapitel 8.4) einen Einfluss auf die Schärfe und die Aromabildung aus (FrymaKoruma 1985; Gerhardt 1994, 430ff.).

Die Senföle, insbesondere das leicht flüchtige Allylsenföl, neigen dazu, sich zu verflüchtigen. Allylsenföl ist schwer wasserlöslich und sehr empfindlich gegenüber Wärme, Licht, Sauerstoff und Schwermetalle. Aufgrund seiner hohen Reaktivität zersetzt es sich nach längerem Stehen unter Bildung einer orangerot gefärbten Substanz (Täufel et al 2005, 45/1710). Da das Allylsenföl hauptverantwortlich für den scharfen Geschmack ist,

bedeutet dies in der Praxis, dass mit zunehmender Lagerdauer der Senf an Schärfe verliert. Die Geschwindigkeit des Abbaus ist, neben der Lagerdauer, insbesondere von der Lagertemperatur abhängig. Faktoren wie Licht, Sauerstoff oder Verpackungsart (Glas, Tube, Portionsbeutel etc.) spielen beim Abbau der Schärfe eine untergeordnete Rolle. Ebenso ist es unerheblich, ob sich der Senf in einer angebrochenen oder original verschlossenen Verpackung befindet. Bereits die Lagerung bei Raumtemperatur fördert den Abbau des Allylsenföls und führt innerhalb weniger Monate zu einem Abbau der Schärfe. Insbesondere im Sommer kann es daher bereits innerhalb weniger Wochen zu einem vollständigen Abbau des Allylsenföls kommen. Wird Senf jedoch im Kühlschrank gelagert, verzögert sich der Abbau erheblich. Bei niedrigen Temperaturen bleibt daher das Allylsenföl weitestgehend erhalten (Kunz 2002).

Da die Senfschärfe ein wesentliches Qualitätsmerkmal von Senferzeugnissen ist, wird bei der Lebensmitteluntersuchung u.a. der Gehalt an Allylsenföl bestimmt. Üblicherweise sollte scharfer Senf einen Gehalt von mindestens 70mg/100g aufweisen. Proben, welche geringere Werte aufweisen, werden als wertgemindert beanstandet (ML Niedersachsen 2000, 150).

Die Hersteller müssen sicherstellen, dass die Produkte während der Mindesthaltbarkeit unter angemessenen Aufbewahrungsbedingungen ihre spezifischen Eigenschaften beibehalten. Aufgrund der beschriebenen Problematik des Schärfeabbaus kann es jedoch unter Umständen bereits vor Ablauf des MHD zu einem Verlust der typischen, wertbestimmenden Senfschärfe kommen. Daher wird in der Regel das MHD so bemessen, dass die Produkte auch am Ende ihrer Mindesthaltbarkeit über eine ausreichende Schärfe verfügen. Auf jeden sollte Senf, insbesondere die scharfen Sorten, im Handel wie im Haushalt, möglichst kühl gelagert werden, damit die Schärfe möglichst lange erhalten bleibt (Kunz 2002).

Senföle sorgen nicht nur für die Schärfe des Senfs, sondern stiften auch einen gesundheitlichen Nutzen. Senfkörner und -erzeugnisse wirken anregend auf die Verdauung, weshalb sie vor allem auch zu fettreichen Speisen gereicht werden (Pahlow 1995, 56). Daneben verfügen sie über eine antibiotische Wirkung und sorgen auf diese Weise für die mikrobiologische Stabilität von Senferzeugnissen. Senföle weisen eine bedeutende Wirkung gegenüber Pilze, Hefen und andere MO auf. Bereits 1mg Allylsenföl je 100g Produkt unterdrückt das Wachstum von Schimmelpilzen und Hefen. Daher, und aufgrund des hohen Essiganteiles, wird bei Senferzeugnissen in der Regel auf den Einsatz von

chemischen Konservierungsmitteln verzichtet (Täufel et al 2005, 1710). Die antibiotischen Eigenschaften bleiben auch nach dem Verzehr erhalten. Darüber hinaus werden Senfölen anticancerogene Eigenschaften zugeschrieben (Watzl 2001; Fintelmann/Weiss 2006 ,244).

8.4 Herstellung von Senferzeugnissen

Die industrielle Senfproduktion entstand erst Anfang des 19. Jahrhunderts. Zahlreiche Senfproduzenten entwickelten sich aus dem Handel mit bzw. der Herstellung von Essig- und Sauerkonserven. So nahmen beispielsweise Richard Hengstenberg und Carl Kühne, deren Haupterwerb die Produktion von Essig- und Sauerkonserven war, erst Ende des 19. Jahrhunderts die Senfherstellung auf. Der Einstieg in die Senfproduktion hatte hauptsächlich wirtschaftliche Gründe. Die Herstellung ist technisch unkompliziert und erfordert keine großen Investitionen. Daneben wurde Essig, neben der Senfsaat der wichtigste Rohstoff, häufig bereits selbst produziert. Essig wird in großen Mengen gebraucht (ca. 70ltr. Essig je 100kg Senfmehl) und war daher einer der teuersten Faktoren bei der Senfherstellung (Weber 2002).

Grundsätzlich kann zwischen drei Produktionsverfahren unterschieden werden. Das Deutsche oder Bordeauxverfahren ist am weitesten verbreitet und wird hauptsächlich in Mitteleuropa, insbesondere in Deutschland, Österreich und der Schweiz angewendet (Weber 2002). Das aus der französischen Stadt Dijon stammende Dijonverfahren ist weniger verbreitet und wird hauptsächlich in Frankreich praktiziert. Das Englische Verfahren wird fast ausschließlich in Großbritannien angewendet und unterscheidet sich wesentlich von den beiden anderen Herstellungsverfahren (Philipp 1991).

Die Senfherstellung beginnt bei allen drei Verfahren mit der Aufbereitung der Senfsaat. Die Senfkörner werden in Reinigungsanlagen mittels Zentrifugalreiniger, Schüttelsiebe, Eisenabscheider, Windfegen und Bürstenmaschinen von Fremdsamen, Kornbruch, Steinchen und Spelzen befreit und anschließend über Hammer-, Stift- oder Schlägermühlen trocken geschrotet (Philipp 1991; Kunz 1993, 255ff.). Dabei sollte ein Austreten des Senföles und eine zu starke Erhitzung vermieden werden (FrymaKoruma 1985). Je nach Endprodukt, wird der grob gemahlene Senf durch eine Spindelpresse entölt. Der Presskuchen wird in einem Brecher grob zerkleinert oder in einer Mühle zu Senfmehl vermahlen (Philipp 1991; Kunz 1993, 255ff.). Die Verwendung von entölter Senfsaat für

die Herstellung von Speisesenf ist heute jedoch nur noch selten anzutreffen (FrymaKoruma 1985).

Das Deutsche Verfahren stellt die gängigste Art der Herstellung von mildem oder mittelscharfem Senf dar (Philipp 1991). Im Nassmahlverfahren wird das gesamte Korn inklusive seiner Schale verarbeitet. Meist wird eine Mischung aus Braunem und Gelbem Senf verwendet, wobei der Anteil an Gelbsaat überwiegt. Die Rezeptur eines nach dem Deutschen Verfahren hergestellten Senfs kann wie folgt aussehen:

<i>Braunsaat:</i> 6%	<i>Gelbsaat:</i> 23%	<i>Gewürze:</i> 1%
<i>Salz:</i> 3%	<i>Essig (10%):</i> 13%	<i>Wasser:</i> 54%

(FrymaKoruma 1985).

Der Senfschrot bzw. das Senfmehl wird mit den festen und flüssigen Zutaten im Maischbehälter durch langsames Rühren eingemaischt. Alternativ können auch ganze Senfkörner unter Zugabe von Wasser und Essig in einer Zahnkolloidmühle grob zerkleinert und zusammen mit den übrigen Zutaten im Maischbehälter angesetzt werden. Die Maische verbleibt zum Quellen und Fermentieren für eine halbe bis mehrere Stunden im Maischbehälter, wobei die Fermentationsdauer und -temperatur einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität des Endproduktes ausüben (Kunz 1993, 255ff.; Philipp 1991; FrymaKoruma 1985).

Anschließend wird die Maische in einer Korundscheibenmühle feinst vermahlen. Dazu wird die noch recht flüssige Masse mit Überdruck (bis 5bar) zwischen die Korundscheiben in den ca. 50µm messenden Mahlpalt (Abstand zwischen Rotor- und Statorstein) gepumpt. Die beiden Mahlscheiben werden mit Druck aneinander gepresst, um eine hohe Mahlfeinheit zu gewährleisten (FrymaKoruma 1985). Aufgrund der hohen Umdrehungszahlen von bis zu 3.000 Umdrehungen pro Minute wird bereits durch einen einzigen Mahlgang eine gute Feinheit des Senfes erreicht (Philipp 1991). Enthält die Rezeptur einen großen Anteil an Braunsensaft, wird nach der Abkühlphase ggf. ein zweiter Mahlgang durchgeführt. Die feinere Mahlung soll verhindern, dass im Endprodukt die mit der Zunge nicht spürbaren braunen Senfschalen auch optisch nicht wahrgenommen werden können. Daneben trägt der zusätzliche Mahlgang zu einer feineren Textur und einer verbesserten Oberfläche bei (FrymaKoruma 1985).

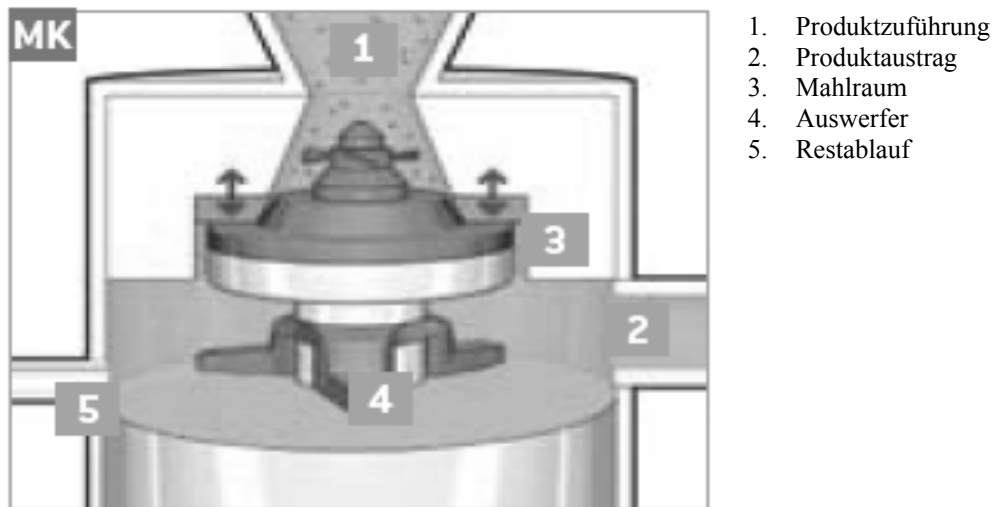


Bild 14: Korundscheibenmühle (Romaco 2008)

In früheren Verfahren wurden statt Korundscheibenmühlen so genannte Mahlgänge verwendet. Diese sind mit Mahlsteinen aus Granit oder Sandstein von 0,9-1,5m Durchmesser ausgestattet. Der obere Mahlstein dreht sich mit geringem Abstand zum unteren Stein mit 40-80 Umdrehungen je Minute. Die Maische durchläuft üblicherweise drei Mahlgänge, wobei Glätte, Viskosität und Temperatur zunehmen. Temperaturen von über 50°C sollten jedoch vermieden werden, da ansonsten die Myrinase zerstört wird und das flüchtige Senföl verdunstet. Eine Kühlung ist aufgrund der schlechten Wärmeleitfähigkeit des dicken Senfs und der Mahlsteine kaum möglich.

Durch den Ersatz der Mahlgänge durch Korundscheibenmühlen wird ein wesentlich höherer Stoffdurchsatz erreicht. Daneben entfallen das periodisch notwendige Schleifen der Mahlsteine sowie ihre aufwendige Reinigung (Anonym 1989). Aufgrund der hohen Umdrehungszahlen und des engen Mahlspaltes kommt es jedoch auch Korundscheibenmühlen zu einer Erwärmung der Senfpaste um 20-25°C (FrymaKoruma, 1985). Um Aromaverluste durch Verdampfen des leicht flüchtigen Allylsenföles zu vermeiden, sind das Gehäuse und der Stator der Korundscheibenmühle mit einem Kühlsystem ausgestattet. Darüber hinaus bietet sich die Möglichkeit, die Senfpaste nach dem Mahlvorgang in Platten- oder Röhrenwärmetauschern auf 20°C zu kühlen (Philipp 1991; Kunz 1993, 255f.). Bei milderer Senfsorten können hingegen Verluste des Allylsenföles erwünscht sein, so dass unter Umständen auf eine Kühlung verzichtet wird (FrymaKoruma 1985).

Das Endprodukt wird in große Nachfermentierbottiche mit einem Fassungsvermögen von bis zu 5.000 Litern gepumpt. Dort reift es, je nach Senfsorte, für einige Tage bis zu

mehreren Wochen. Während der Reifezeit weicht die Schärfe und der Senf erhält sein typisches Aroma und seine endgültige Konsistenz (Philipp 1991; Weber 2002). Um während der Lagerung eine oberflächliche Krustenbildung zu vermeiden, muss der Senf regelmäßig gerührt oder anhand einer Pumpe umgepumpt werden (FrymaKoruma 1985).

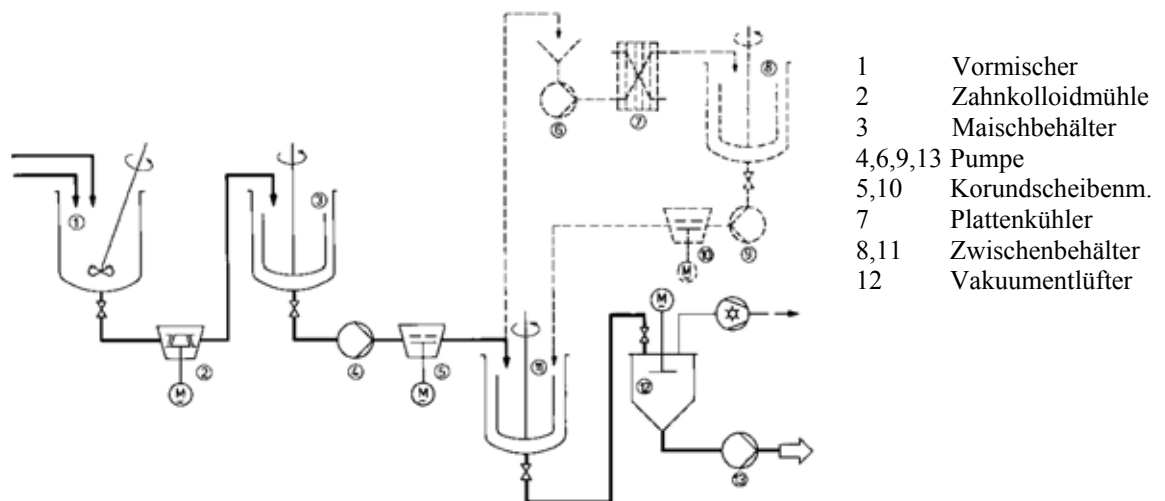


Bild 15: Senfherstellung nach dem Deutschen Verfahren (FrymaKoruma 1985)

Der letzte Herstellungsschritt vor der Abfüllung ist die Vakuumentlüftung. Die Entlüftung in einer Vakuumentlüftungsanlage ist zwingend notwendig. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Geschmack, Geruch oder Farbe des Senfs durch luftsauerstoffinduzierte Oxidationsprozesse beeinträchtigt werden. Durch die Entfernung der Luftblasen erhält der Senf außerdem seine glatte, glänzende Oberfläche. Hinzu kommt, dass ohne Entfernung der Luft einschlüsse ein genaues Dosieren bei der Abfüllung nicht ohne weiteres möglich ist (Philipp 1991; Kunz 1993, 255). Um Aromaverluste zu vermeiden, sollte nur kalter Senf entlüftet werden. Da der Senf nach der Mahlung gewöhnlich an einem kühlen Ort lagert, ist keine zusätzliche Kühlung notwendig. Schließt sich die Entlüftung jedoch direkt dem Mahlvorgang an, sollte das Produkt auf unter 40°C gekühlt werden (FrymaKoruma 1985).

Bordeaux-, Meaux- und Süßer Senf werden ebenfalls nach dem Deutschen Verfahren hergestellt. Sie zeichnen sich durch das Vorhandensein von ungemahlenen, deutlich sichtbaren Schalenteilen aus. Diese resultieren aus einer gröberen Vermahlung. Dazu wird der Mahlspalt der Korundscheibenmühle so eingestellt, dass keine Mahlung sondern lediglich ein Aufreißen der Senfschalen stattfindet (FrymaKoruma 1985). Durch die

größere Vermahlung und einen höheren Schalenanteil weist süßer Senf eine rauere Textur mit zahlreichen Schalenpartikeln auf (Philipp 1991; Kunz 1993, 255f.).

Tabelle 8: Richtrezeptur für Dijon-Senf (FrymaKoruma 1985)

Zutat:	Anteil in %
Brauner oder Schwarzer Senf	30-33
Salz	3
Gewürze	1
Essig 10%ig	7
Wasser	56-59

Helle, besonders Scharfe Senfsorten (scharf oder extrascharf) werden nach dem Dijon-Verfahren hergestellt (Philipp 1991). Die Besonderheit dieses Verfahrens besteht darin, dass die Schalen des Senfkorns entfernt und nur das Mark verwendet wird. Die während der Siebung entfernten Schalen entsprechen ca. 10-15% des Gewichts der ungeschälten Senfsaat (FrymaKoruma 1985). Als Rohstoffe werden ausschließlich nichtentölte Braun- oder Schwarzsensaat verwendet, welche über Nacht mit Wasser oder Essig eingeweicht wird. Anschließend werden alle Zutaten (ganze Senfkörner, Wasser, Essig, Most / Wein, Gewürze) in einem schnell laufendem Rührweg miteinander vermischt und in eine Korundscheibenmühle oder einen Nasskornbrecher gepumpt (Philipp 1991; FrymaKoruma 1985). Der Mahlpalt der Korundscheibenmühle misst ca. 0,2-0,5mm, so dass die Senfkörner nicht gemahlen sondern lediglich ihre Schalen aufgerissen und zerkleinert werden. Dabei erhitzt sich das Produkt lediglich um weniger als 5°C, so dass eine zusätzliche Kühlung nicht notwendig ist (FrymaKoruma 1985). In einer speziellen Siebmaschine, der so genannten Tamiseuse, wird das Senfmark mittels rotierender Gummiwalzen durch ein feines Sieb gestrichen, wobei die Schalenteile durch das Sieb zurückgehalten werden (Philipp 1991). In der Regel wird der Senf nach der Siebmaschine ein zweites Mal über eine Korundscheibenmühle gegeben. Dadurch wird eine weitere Homogenisierung und Glättung des Senfs erreicht. Durch die Siebung und die Mahlung hat die Senfpaste viel Luft aufgenommen. Diese wird noch vor der Reifung mittels eines Vakuumentlüfters entfernt (FrymaKoruma 1985). Anschließend erfolgt die Nachfermentierung (ca. 2 Tage) und die Abfüllung, welche den Herstellungsschritten des Deutschen Verfahrens entsprechen (Philipp, 1991).

Das Englische Verfahren ist ein Trockenmahlverfahren, welches hauptsächlich in Großbritannien angewendet wird. Die Senfsaat wird durch Hochmüllerei zu Senfpulver fein vermahlen (Philipp 1991). Bei der Hochmüllerei wird die Saat zunächst mit einem großem Walzenabstand gemahlen. Im weiteren Verlauf wird der Walzenabstand allmählich verringert. Das Senfmehl wird nach jedem Mahlgang gesiebt, wobei die groben Fraktionen zurückgeführt und erneut gemahlen werden (Kunz 1993, 121). Das Erzeugnis ist ein feinstvermahlenes Senfpulver, welches mit weiteren Zutaten wie Gewürzen oder Getreidemehl zu einem Teig geknetet wird. Im Anschluss wird der Teig zur Reifung für einige Tage gelagert. Englischer Senf erscheint im Gegensatz zu den im Nassmahlverfahren hergestellten Senfsorten rau und weniger glänzend (Philipp 1991).

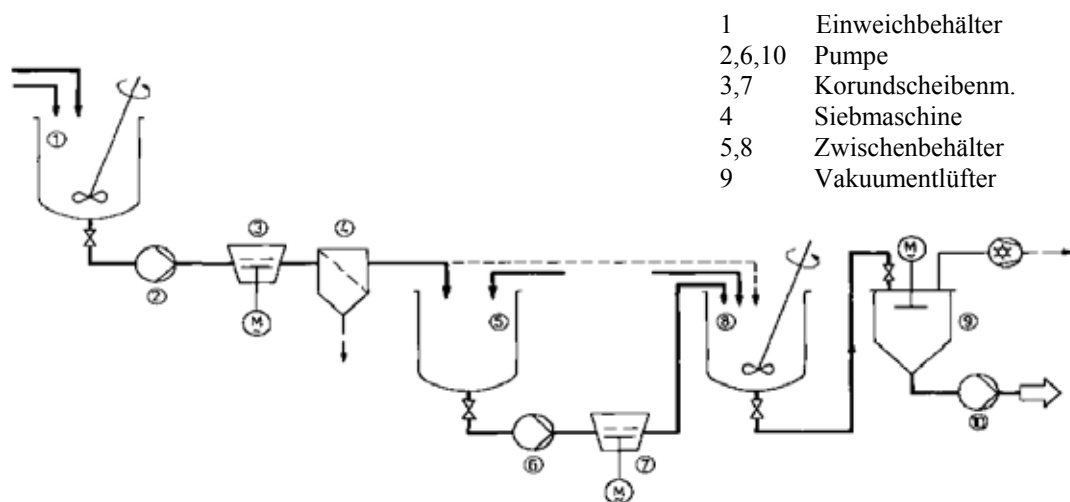


Bild 16: Senfherstellung nach dem Dijon-Verfahren (FrymaKoruma 1985)

Literaturverzeichnis:

- Alzamora et al: Combined preservation techniques for fresh fruits. In: Jongen, W. (Hrsg.): Improving the safety of fresh fruit and vegetables. Cambridge, U.K.: Woodhead Publishing Ltd., 2005, S. 599 – 630
- Appel Feinkost: Was genau ist eigentlich Remoulade. In Internet: http://www.appel-feinkost.de/index_seiten/index_forum.html, Stand: 20.06.2008
- Amtsblatt der EU: Legislative Entschließung des Europäischen Parlaments zu dem Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie 94/35/EG über Süßungsmittel, die in Lebensmitteln verwendet werden dürfen. Amtsblatt C64E, 12.03.2004
- Anonym: FRYMA-Contimix, ein Verfahren zum kontinuierlichen Emulgieren und Dispergieren. Fette, Seifen, Anstrichmittel. 79. Jahrgang, Nr. 5, S. 221, 1977
- Anonym: Sortimentsreporte in der Feinkost-Wirtschaft – Pkt. 2: Senf. Die Feinkostwirtschaft, 1981, Nr.05/06, S. 6 – 8
- Anonym: Euromärkte für die Ernährung. Senfherstellung: Neue Verfahren und Maschinen. DEI – die Ernährungsindustrie, 1989, Nr. 10, S. 52 – 53
- Anonym: Vakuum-Prozessanlage. DEI – die Ernährungsindustrie, 2002, Nr. 4, S. 36
- Anonym: Wissenswertes über Feinkostsoßen. dei – Die Ernährungs- Industrie. 2004, Nr. 5, S. 53
- Anonym: Die Mikrobiologie von Eiern und Eiprodukten. Hygienicum News – Hauszeitschrift des Instituts für Mikrobiologie und Hygiene, 2004, Nr. 4, S. 11
- Anonym: Rapsanbau in Deutschland – Schub durch Doppel- Null- Raps, 2007. URL: <http://www.biosicherheit.de/de/raps/landwirtschaft/47.doku.html> (13.07.2008)
- Arbeitskreis lebensmittelchemischer Sachverständiger: Stellungnahme zum Begriff „Feinkost“. In: Beilage zur Zeitschrift für Lebensmittel- Untersuchung und-Forschung, 163 (1976), Nr. 2
- AromV: Aromenverordnung (Artikel 22 d. Verordnung zur Neuordnung lebensmittelrechtlicher Kennzeichnungsvorschriften). Bundesgesetzblatt I, s. 132, Ausfertigungsdatum: 22.12.1981, zuletzt geändert am 30.01.2008
- Bässler et al: Vitamin- Lexikon. München: Urban&Fischer, 2002
- Baltes, W.: Lebensmittelchemie. Heidelberg: Springer, 2000

- Baumgart, J.: Zur Mikroflora von Mayonnaisen und mayonnaisehaltigen Zubereitungen. Die Fleischwirtschaft, 1965, Nr. 12, S. 1437 – 1442
- Baumgart/Libuda: Haltbarkeit von Mayonnaisen und Feinkostsalaten in Abhängigkeit vom Konservierungsstoff- und Essigsäureanteil. ZFL–internationale Zeitschrift für Lebensmitteltechnik, Marketing, Verpackung und Analytik, 28 (1977), Nr. 28, S. 181 – 182
- Baumgart et al: Mikrobiologische Stabilität von Feinkosterzeugnissen. Fleischwirtschaft, 63 (1983), Nr. 1, S. 93 – 94
- Baumgart, J.: Verderb pasteurisierter Feinkostsalate durch Clostridien. Chemie, Mikrobiologie, Technologie der Lebensmittel, 1984, Nr. 8, S. 109 – 114
- Baumgart, J.: Mikrobiologie von Feinkosterzeugnissen. In: Fleisch, Fisch, Feinkost. S. 501 – 531, Behrs Verlag, Hamburg, 2004
- Baumgart, J.: Mayonnaise, Salatmayonnaise und Salatcreme. In: Holzapfel, W.: Mikrobiologie der Lebensmittel – Lebensmittel pflanzlicher Herkunft. Hamburg: Behrs, 2007, S. 379 - 389
- Belitz, H.-D./ Grosch, W./ Schieberle, P.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Berlin, 2001
- Benk, E.: Zur Zusammensetzung und Beurteilung von Tomatenketchup. Gordian: internat. Zeitschrift für Lebensmittel u. Lebensmitteltechnologie, 86 (1986), S. 111 – 112
- Berendonk, C.: Zwischenfruchtanbau zur Gründung 2006. Landwirtschaftskammer Nordrhein Westfalen, 2006
- Berghofer, E.: Produktion und Verarbeitung von Lebensmittel. Wien, 2000
- Bergmann, K.: Aromastoffe in Lebensmitteln. Vitacert, 2003, Nr. 3, S. 3 – 10
- Bertling, L.: Zusammensetzung von Geflügelsalat. Fleischwirtschaft, 63 (1983), S. 1505
- Bgvv: Süßstoff Sucralose (Trichlorogalactosucrose-TGS) (1994). URL: http://www.bfr.bund.de/cm/208/suessstoff_sucralose_trichlorogalactosucrose_tgs.pdf (01.09.2008)
- Biesalski, H.K./Grimm, P.: Taschenatlas der Ernährung. Stuttgart: Thieme, 2004
- Biesalski, H.K.: Ernährungsmedizin. Stuttgart: Thieme, 2004
- Björkroth, J./Korkeala, H.J.: Lactobacillus fructivorans spoilage of tomatoketchup. Journal of Food Protection, 60 (1997), Nr. 5, S. 505 – 509
- BLL-Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e.V.: Richtlinie zur Beurteilung von Senf. Bonn, 1980

BLL-Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e.V.: Zusatzstoffe in
Lebensmitteln. Bonn, 2007

BLS: Bundeslebensmittelschlüssel–Tomaten frisch/Tomatenketchup. URL:
http://www.daskochrezept.de/bundeslebensmittelschluessel/naehrwerte/tomaten_G560000_2.html /
http://www.daskochrezept.de/bundeslebensmittelschluessel/naehrwerte/tomatenketchup_R141100_2.html (28.07.2008)

BLS[2]: Bundeslebensmittelschlüssel – Lachs (Salm). URL:
http://www.daskochrezept.de/bundeslebensmittelschluessel/naehrwerte/lachs-salm_T410011_5.html (05.10.2008)

BLS[3]: Bundeslebensmittelschlüssel – Krabben frisch. URL:
http://www.daskochrezept.de/bundeslebensmittelschluessel/naehrwerte/krabben-frisch_T750111_5.html (05.10.2008)

BLS[4]: Bundeslebensmittelschlüssel – Thunfisch frisch Fischzuschnitt Aminosäuren.
URL:
http://www.daskochrezept.de/bundeslebensmittelschluessel/naehrwerte/thunfisch-frisch-fischzuschnitt_T121111_8.html (05.10.2008)

BLS[5]: Bundeslebensmittelschlüssel – Senfkorn braun / Senfkorn gelb. URL:
http://www.daskochrezept.de/suche/nahrungsmittel/?param_search_string=senf
(20.10.2008)

Blume, R.: Die biologische Herstellung von Essig, 2002. URL:
<http://www.chemieunterricht.de/dc2/essig/hac-15.htm> (03.09.2008)

BMELV: Hinweise für die Anwendung der Leitsätze des Deutschen Lebensmittelbuches.
URL: http://www.bmelv.de/cln_044/nn_854172/DE/02-Verbraucherschutz/Lebensmittelsicherheit/DeutschesLebensmittelbuch/HinweiseLeitsaetzeLebensmittelbuch.html (17.06.2008)

BMELV: Das Deutsche Lebensmittelbuch. In Internet:
http://www.bmelv.de/nn_854172/DE/02-Verbraucherschutz/Lebensmittelsicherheit/DeutschesLebensmittelbuch/DeutschesLebensmittelbuch.html, Stand: 20.06.2008

Bockisch, M.: Handbuch der Lebensmitteltechnologie – Nahrungsfette und –öle. Stuttgart:
Ulmer, 1993

- Bockisch, M.: Öle und Fette. In: Heiss, R.: Lebensmitteltechnologie. Berlin: Springer, 2004, S. 103 – 113
- Boehm, V.: Das Lycocard-Projekt–Lycopin und Gesundheit, 2007. In Internet:
http://www.lycocard.com/index.php/lyco_pub_de/gesundheit/ (28.08.2008)
- Boller, T.: Pflanzenphysiologie, 2006. URL:
http://www.plantbiology.unibas.ch/teaching/pflanzenphysiologie/powerpoint_06.htm (24.10.2008)
- Botta-Diener, M: Raps, der gesunde Allrounder. TABULA- Zeitschrift für Ernährung, 2001, Nr. 4, S. 16 – 19
- Bowen, P. et al: Tomato Sauce Supplementation and Prostate Cancer: Lycopene Accumulation and Modulation of Biomarkers of Carcinogenesis. Experimental Biology and Medicine, 2002, Nr. 227, S. 886 – 893
- Brockhaus, F.A.: Der Brockhaus in einem Band. Leipzig: Brockhaus, 2000
- Brockhaus, F.A.: Der Brockhaus – Ernährung. Mannheim: Brockhaus, 2001
- Bundesverband der deutschen Feinkostindustrie e.V.: Leitsätze für Mayonnaise, Salatmayonnaise und Remoulade. Bonn, 1983
- Bundesverband der deutschen Feinkostindustrie e.V.:
Verbraucherinformationen. URL:
<http://www.feinkostverband.de/verbraucher/index.htm> (17.06.2008)
- CEN: Erzeugnisse aus Flüssigkeiten landwirtschaftlicher Herkunft – Definitionen, Anforderungen, Kennzeichnung. DIN EN 13188:2000, 2000
- Chen, M./von Mikecz, A.: Formation of nucleoplasmic protein aggregates impairs nuclear function in response to SiO₂ nanoparticles. Experimental Cell Research, 2005, Nr. 1, S. 51 – 62
- CMA: Nährwert von Geflügelfleisch, 2008. URL:
<http://www.cma.de/content/gefluegel/gefluegel-naehrwert-von-gefluegel.php> (08.10.2008)
- CAK: Codex Standard for Mayonnaise (Regional European Standard) – Codex Stan 168 - 1989
- Coduro, E.: Beurteilungsmerkmale für Speisesenf – Code of Practice. Europäische Beurteilungsmerkmale des Verbandes der deutschen Senfindustrie und der EG-Vereinigung der Senfindustrieverbände CIMCEE für Speisesenf vom 26. September 1991. 198 (1994), Nr. 6, S. 22 – 24

- CVUA Karlsruhe: Jahresbericht 2006 – Lebensmittel. Karlsruhe, 2006
- Depree, J.A./Savage, G.P.: Physical and flavour stability of mayonnaise. Trends in Food Science & Technology, 2001, Nr. 12, S. 157 – 163
- DGE: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Frankfurt a.M.: Umschau/Braus, 2001
- DGHM: Veröffentlichte mikrobiologische Richt- und Warnwerte zur Beurteilung von Lebensmitteln, 2006. URL: <http://www.lm-mibi.uni-bonn.de/DGHM.html#9> (30.11.2007)
- DIL–Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V.: Einstellung der funktionellen Eigenschaften von Trockenvollei durch Zusätze und Herstellungsbedingungen“. URL: <http://www.dil-ev.de/magazin/artikel.php?artikel=75&type=&menuid=3&topmenu=3> (16.07.2008)
- Dioskurides, P.: Da materia medica. 1. Jh. A.D.. Deutsche Übersetzung: Berendes, J., 1902. URL: http://www.pharmawiki.ch/materiamedica/index.php?page=Buch_II#183.Senf. (20.10.2008)
- DLK (Deutsche Lebensmittelbuch Kommission): Leitsätze für verarbeitetes Obst vom 17./18.09.1991. Geändert am 17.04.1997. Bundesanzeiger Nr. 239a, 19.12.1997
- DLK (Deutsche Lebensmittelbuch Kommission): Leitsätze für Feinkostsalate vom 02.12.1998. Bundesanzeiger Nr. 66a, 09.04.1999
- DLK (Deutsche Lebensmittelbuch Kommission): Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse vom 27./28.1.1994. Zuletzt geändert am 02.10.2001. Bundesanzeiger Nr. 199, 24.10.2001
- DLK (Deutsche Lebensmittelbuch Kommission): Leitsätze für Fische, Krebs- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus vom 27.11.2002. Beilage Nr. 46b zum Bundesanzeiger vom 07.03.2003
- Dreier et al: Stabilisatoren und ihr gezielter Einsatz in Feinkostprodukten. Lebensmitteltechnik, 1984, Nr. 7-8, S. 394 – 396
- Duden: Herkunftswörterbuch. Mannheim: Duden, 2006
- Eberle, U.: Der Stoff, nach dem wir süchtig sind. Die Zeit, 2007, Nr. 6, S. 60
- EG-Richtlinie Nr. 91/492/EWG: Richtlinie des Rates zur Festlegung von Hygienevorschriften für die Erzeugung und Vermarktung lebender Muscheln, 15.07.1991

- EG-Richtlinie Nr. 94/35EG: Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates über Süßungsmittel, die in Lebensmitteln verwendet werden dürfen. Amtsblatt Nr. L237, 10.09.1994, S. 3
- EG-Richtlinie Nr. 94/36/EG: des Europäischen Parlaments und des Rates über Farbstoffe, die in Lebensmitteln verwendet werden dürfen. Amtsblatte Nr. L237, 10.09.1994, S. 13 – 29
- EG-Richtlinie Nr. 95/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über andere Lebensmittelzusatzstoffe als Farbstoffe und Süßungsmittel, 20. Februar 1995
- EG-Vertrag: Konsolidierte Fassung des Vertrages zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft, Amtsblatt Nr. C 325, 24. Dezember 2002
- Elmadfa, I./ Leitzmann, C.: Ernährung des Menschen. Stuttgart, 1998
- Erickson et al: Fate of Salmonella spp., Listeria monocytogenes, and indigenous spoilage microorganisms in home-style salads prepared with commercial real mayonnaise or reduced calorie mayonnaise dressings. Journal of Food Protection, Vol. 56, S. 1015-1021, 12/1993
- EssigV: Verordnung über den Verkehr mit Essig und Essigessenz. Bundesgesetzblatt I, S. 732, Ausfertigungsdatum: 24.04.1972, zuletzt geändert am 22.02.2006
- Eufic: Wo finden wir Omega-3-Fettsäuren? Food Today – Newsletter des Europäischen Informationszentrum für Lebensmittel, 06/2003
- Eyring, G.: Tomatenerzeugnisse. In: Heiss, R.: Lebensmitteltechnologie. Berlin: Springer, 1990, S. 198 – 203
- Feldmann, G.: Gelier- und Verdickungsmittel als Lebensmittelzusatzstoffe. Alimenta, 1977, Nr. 16, S. 113 – 127
- FischHV: Verordnung über die hygiensichen Anforderungen an Fischereierzeugnisse und lebende Muscheln. Bundesgesetzblatt I, S. 819, 08.06.2000
- Fiebig, H.-J./Weber, N.: aid – Speisefette. Münster, 2006
- Fintelmann, V./Weiss, F.: Lehrbuch der Phytotherapie. Stuttgart: Thieme, 2006
- FIZ (Fisch-Informationszentrum e.V.): Fisch – Informationen, Warenkunde und kulinarische Anregungen rund um das Thema Fisch. Hamburg: KVD, 2007
- FIZ (Fisch-Informationszentrum e.V.): Fisch und Meeresfrüchte im Aufwärtstrend, 2008. URL: http://www.fischinfo.de/index.php?l=1&page=presse_det&link=a&id=669 (05.10.2008)

- FIZ (Fisch-Informationszentrum e.V.)[2]: Lexikon für Fische & Meeresfrüchte. URL:
http://www.fischinfo.de/index.php?l=1&page=lexikon&link=d&id=0&direkt_count=10 (05.10.2008)
- FIZ (Fisch-Informationszentrum e.V.)[3]: Fischwirtschaft - Daten und Fakten 2008.
Hamburg, 2008
- Flückiger, W.: Zur Technologie der Mayonnaise und mayonnaiseähnlichen Emulsionen.
Fette – Seifen – Anstrichmittel, 68 (1966), Nr. 2, S. 139 - 145
- Flückiger, W.: Zur Beeinflussung der Haltbarkeit von Mayonnaisen und
mayonnaisehaltigen Zubereitungen. Die Feinkostwirtschaft, 1967, Nr. 2, S. 43 - 47
- Flückiger, W.: Zur Technologie der niedrig kalorischen emulgierten Saucen. In: ZFL –
Internationale Zeitschrift für Lebensmittel- Technik, Marketing, Verpackung und
Analytik, 28 (1977), Nr. 1, S. 11 – 15
- Franke, W.: Nutzpflanzenkunde. 6., überarb. u. erw. Aufl. Stuttgart: Thieme, 1997
- Frohn, H.: Ernährung und Hausarbeit in Deutschland. CMA Mafo- Briefe, Kennziffer 719,
S. 47 - 48, Bonn, 1995
- FrymaKoruma GmbH: Verfahren und Maschinen für die Senfherstellung. Neuenburg,
1985
- Gasteiger, J./Schunk, A.: Fettsäuren. URL: <http://www2.chemie.uni-erlangen.de/projects/vsc/chemie-mediziner-neu/carbonyl/fettsr1.html> (10.07.2008)
- GEA-Niro Soavi Deutschland: Hochdruckhomogenisierung von Tomatenprodukten.
URL: [http://www.niro-soavi.de/soavide/cmsresources.nsf/filenames/Tomatenprodukte.pdf/\\$file/Tomatenprodukte.pdf](http://www.niro-soavi.de/soavide/cmsresources.nsf/filenames/Tomatenprodukte.pdf/$file/Tomatenprodukte.pdf) (15.08.2008)
- Gerhardt, U.: Gewürze in der Lebensmittelindustrie. Hamburg: Behr's, 1994
- GfK: GfK Consumer Tracking - Der Feinkostmarkt (ohne Feinkostsalate), 2008. URL:
[http://www.feinkostverband.de/pdfs/statistik/DerFeinkostmarkt\(ohne%20Feinkostsalate\)2007.pdf](http://www.feinkostverband.de/pdfs/statistik/DerFeinkostmarkt(ohne%20Feinkostsalate)2007.pdf) (02.10.2008)
- Glatthar, J./Chouard, G.: Fettarme Mayonnaise. Food Technologie Magazin, 2005, Nr. 5, S.
16 – 18
- Gürtler, R.: Nanotechnologie: Fortschritt mit Risiken? – Anwendungen im
Lebensmittelbereich, 2006. URL:
http://www.bfr.bund.de/cm/232/nanotechnologie_fortschritt_mit_risiken_anwendungen_im_lebensmittelbereich.pdf (10.09.2008)

- Halasz et al: Biogenic amines and their production by microorganisms in food. Trends in Food Science & Technology, 5 (1994), Nr. 2, S. 42 – 49
- Harrison, L.J./Cunningham, F.E.: Factors influencing the Quality of Mayonnaise: A Review. Journal of Food Quality, 8 (1985), S. 1 – 20
- Harsveldt, A.: Modifizierte Stärken und Stärke Zucker als Bestandteile von Lebensmitteln. Gordian, 1978, Nr. 7/8, S. 212– 220
- Hart, D.J./Scott, K.J.: Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. Food Chemistry, 54 (1995), Nr. 1, S. 101 – 111
- Hartmann, G./Hubig, W.: Über die Haltbarkeit von in Kunststofffolien verpackten Fetten und fetthaltigen Produkten. Fette – Seifen – Anstrichmittel, 71 (1969), Nr. 8, S. 685 – 692
- Haupt-Steven, U.: Was blüht denn da!?! Zur Ökologie und dem Anbau von Senfpflanzen. In: Dauskardt, M. (Hrsg.): Extrascharf – Vom Korn zum Senf. Hagen, 2002, S. 11 – 21
- Hermann, K.: Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse. Stuttgart: Ulmer, 2001
- Heseker, B./Heseker, H.: Die aktuelle UMSCHAU Nährwert- und Kalorientabelle. Neustadt a.d. Weinstrasse: UMSCHAU, o.J.
- Hochschule Mannheim/Institut für mechanische Verfahrenstechnik (IMV): Kolloidmühle. URL: <http://www.chem-eng.fh-mannheim.de/imv/Kolloid.htm> (06.07.2008)
- Horn et al: Biochemie des Menschen. Stuttgart: Thieme, 2005
- Huhtanen et al: Growth and Toxin Production by Clostridium botulinum in Moldy Tomato Juice. Applied and Environmental Microbiology, 32 (1976), Nr. 5, S. 711 – 715
- iNOXPA: Mayonnaise Produktion. URL: <http://www.inoxpa.com/archivos/5417.html> (04.07.2008)
- Jahnke, S.: Homogenisieren faserhaltiger Produkte, 2008. URL: [http://www.niro-soavi.de/soavide/cmsresources.nsf/filenames/Fibrillierung%20HDH.pdf/\\$file/Fibrillierung%20HDH.pdf](http://www.niro-soavi.de/soavide/cmsresources.nsf/filenames/Fibrillierung%20HDH.pdf/$file/Fibrillierung%20HDH.pdf) (15.08.2008)
- Jordt et al: Mustard oils and cannabinoids excite sensory nerve fibres through the TRP channel ANKTM1. Nature, 427 (2004), Nr. 6971, S. 260 - 265
- Kausch, M.: Scharfe Wurzel mit kulinarischen und heilenden Qualitäten. Welt am Sonntag, 28.10.2007

- Kerschbaum, S./Schweiger, P.: Natürliche Tocopherolgehalte von Pflanzenölen und deren Veränderung durch Erhitzen, 2001. URL: http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB//show/1115207_11/Tocopherolgehalte%20von%20Pflanzenölen%20nach%20Erhitzen.pdf (30.07.2008)
- Kleer, J/Baumgart, J.: Verderbserreger und pathogene Keime in Feinkosterzeugnissen. Frischelogsistik, 2003, Nr. 3, S. 21 – 26
- Klein, A./Schmitt, S.: Gewürze. In: Koolmann, J./Moeller, H./Röhm, K.-H. (Hrsg.): Kaffee, Käse, Karies ... - Biochemie im Alltag. Weinheim: Wiley-VCH, 1998, S. 177 – 187
- Krämer, J.: Lebensmittel-Mikrobiologie. Stuttgart: Ulmer UTB, 2002
- Kraut, H. (Hrsg.): Der Nahrungsbedarf des Menschen I. Darmstadt, 1981
- Kunz, B.: Lexikon der Lebensmitteltechnologie. Berlin: Springer, 1993
- Kunz, K.: Das Geheimnis der Senfschärfe. In: Dauskardt, M.: Extrascharf – Vom Korn zum Senf. Hagen, 2002, S. 31 – 36
- Latscha, P./Klein, A.: Chemie für Pharmazeuten und Biowissenschaftler. Heidelberg: Springer, 1996
- LAV Sachen- Anhalt: Jahresbericht des Landesamtes für Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt, 2003
- Lehmann, S.R.: Tomaten-Ketchup. Die Feinkostwirtschaft, 1967, Nr. 4, S. 140
- Lester, G.: No Magic Tomato? Study Breaks Link between Lycopene and Prostate Cancer Prevention, 2007. URL: <http://www.aacr.org/home/public--media/news/news-archives-2007.aspx?d=774> (30.08.2008)
- LFGB: Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch – LFGB). Bundesgesetzblatt I, S. 945, Ausfertigungsdatum: 01.09.2005, zuletzt geändert am 26.02.2008
- LGL Bayern: Schinken in der Gastronomie, 2007. URL: <http://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/schinkenimitate.htm> (02.10.2008)
- LKV: Los- Kennzeichnungs- Verordnung. Bundesgesetzblatt I, S. 1022, Ausfertigungsdatum: 23.06.1993, zuletzt geändert am 22.02.2006
- LLM Schwäbisch Gmünd: Verbraucherschutz und Ernährung – Lebensmittelrecht. Schwäbisch Gmünd, 2007
- Lieberei/Reisdorf: Nutzpflanzenkunde. Stuttgart: Thieme, 2007
- Lips, P./Beutner, G.: Ratgeber Lebensmittelrecht. München: dtv, 2000

- LMKV: Verordnung über die Kennzeichnung von Lebensmitteln (Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung). Bundesgesetzblatt I, S. 2464, Ausfertigungsdatum: 22.12.1981, zuletzt geändert am 18.12.2007
- Lück, A.: Gut gewürzt – Warenverkaufskunde Würzen und Gewürze. Lebensmittel Praxis, 2003, Nr. 10, S. 2 – 6
- Lück, E./von Rymon Lipinski, G.-W.: Zusatzstoffe. In: Frede, Wolfgang: Taschenbuch für Lebensmittelchemiker und –technologen 1, Heidelberg 1991, S. 20 – 26
- Lück, E./Jager, M.: Chemische Lebensmittelkonservierung. Berlin: Springer, 1995
- Mahyar, E. et al: The Role of Tomato Products and Lycopene in the Prevention of Prostate Cancer: A Meta-Analysis of Observational Studies. Cancer Epidemiol. Biomarkers Preview, 13 (2007), Nr. 03, S. 340 – 345
- Marzell, H.: Geschichte und Volkskunde der deutschen Heilpflanzen. St. Goar: Reichl, 2004
- Maschkowski, G.: Europäische Richtlinie zur Allergenkennzeichnung umgesetzt – Die Allergenkennzeichnung: Was ist neu? URL: http://www.was-wir-essen.de/infosfuer/allergie_eu_richtlinie.php (14.01.2008)
- Matthes, S./Rauch, W.: aid – Eier. Bonn, 2003
- Merkur Vers.: Baustoffe der Gesundheit: Lycopin. URL: <http://www.merkur.at/redak/var/docs/doc-126341-126344.pdf> (28.08.2008)
- Meyer, A.H.: Lebensmittelrecht – Leitfaden für Studium und Praxis. Stuttgart: WVG, 1998
- ML Niedersachsen (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten): Jahresbericht 1998. Hannover, 2000
- Müller, M. M.: Einige Aspekte über die Herstellung von Dressings. Lebensmittel- Technik, 1985, Nr. 04, S. 164 – 165
- Mürau, H.-J.: Richtlinie für Tomatenketchup. ZFL: internationale Zeitschrift für Lebensmittel- Technik, Marketing, Verpackung und Analytik, 1980, Nr. 31, S. 52
- Nebel, H.: Untersuchungen über Einflüsse von Herkunft, Anbau und Lagerung auf die Qualität von Meerrettich. München, 1987
- Neuhäuser, S.: Fleischwaren. In: Heiss, R. (Hrsg.): Lebensmitteltechnologie. Berlin: Springer, 1990, S. 51 – 61
- NKV: Verordnung über nährwertbezogene Angaben bei Lebensmitteln und die Nährwertkennzeichnung von Lebensmitteln (Artikel 1 der Verordnung zur Neuordnung der Nährwertkennzeichnungsvorschriften für Lebensmittel).

- Bundesgesetzblatt I, S. 3526, Ausfertigungsdatum: 25.11.1994, zuletzt geändert am 22.02.2006
- Normann, J.: Das große Buch der Gewürze. Aarau (Schweiz): AT-Verlag, 1993
- Odlaug et al: Clostridium botulinum growth and toxin production in tomato juice containing Aspergillus gracilis. Applied and Environmental Microbiology, 37 (1979), Nr. 3, S. 496 – 504
- Oetker, Dr. August Oetker Nahrungsmittel KG (Hrsg.): Dr. Oetker Lebensmittel- Lexikon. Bielefeld: Dr. Oetker Verlag, 2004
- Öko- VO: Verordnung (EG) nr. 834/2007 über die ökologische/ biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/ biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der VO (EWG) Nr. 2092/91 vom 28.06.2007
- Pahlow, M.: Gewürze – Genuss und Arznei. Stuttgart: Medpharm Scientific Publishers, 1995
- Pech-Lopatta, D.: GfK- Studie: Produktvielfalt und –information – Entwicklung und Trends im Lebensmittelangebot. Bonn, 2008
- Philipp, G.D.: Feinkost-Salate aus industrieller Fertigung. Die Feinkostwirtschaft, o.J., S. 14 – 23
- Philipp, G. D.: Die Praxis der Herstellung von Mayonnaise und emulgierten Saucen. Lebensmitteltechnik, 1984, Nr. 7-8, S. 396 – 398
- Philipp, G. D.[2]: Besonderheiten der Feinkostproduktion. Lebensmitteltechnik, 1984, Nr. 7-8, S. 401 – 402
- Philipp, G. D.: Technologische und praktische Aspekte bei der Herstellung von würzenden Saucen. Lebensmitteltechnik, 1985, Nr. 4, S. 158 – 163
- Philipp, G.D.[2]: Technologische und praktische Aspekte bei der Herstellung von würzenden Saucen – Teil II: Tomaten- Ketchup und Würz-Ketchup („Rote Saucen“). Lebensmitteltechnik, 1985, Nr. 17, S. 222 – 226
- Philipp, G.D.: Senf. In: Osteroth, D.: Taschenbuch für Lebensmittelchemiker und – technologen, Teil 2. Berlin: Springer, 1991, S. 451 – 456
- Popp Feinkost: Mittendrin bei Popp Feinkost. URL: <http://www.popp-feinkost.de/Mischen.254.0.html?&L=0> (03.10.2008)
- Rehner, G/Daniel, H.: Biochemie der Ernährung. Berlin: Spektrum, 2002
- Reicherzer, J.: Das süße Geschäft. Die Zeit, 1991, Nr. 40, S. 31

- Reinhardt, L.: Kulturgeschichte der Nutzpflanzen - Die Erde und die Kultur. Band IV, 2. Teil. München, 1911
- RKI (Robert Koch Institut): Zur Situation bei wichtigen Infektionskrankheiten in Deutschland: Ausgewählte Zoonosen im Jahr 2005: Durch Lebensmittel übertragbare bakterielle gastrointestinale Infektionen. Epidemiologisches Bulletin, 13.10.2006
- Robinson et al: Modelling the growth of *Clostridium sporogenes* in tomato juice contaminated with mould. Letters in Applied Microbiology, 19 (1994), Nr. 3, S. 129 – 133
- Rösch, A./Erben, P.: Stärken in Hochform – Neue Alternative zur Walzentrocknung. Lebensmitteltechnik, 2001, Nr. 11, S.
- Rösch, M.: Senf – selberrachen und genießen. Lenzburg (Schweiz): Hädecke, 2008
- Romaco: FrymaKoruma Prospekt Inline Homogenisator. Rheinfelden 2008
- Romaco [2]: FrymaKoruma Prospekt Vakuumprozessanlage für flüssige und halbfeste Formen. Rheinfelden 2008
- Romaco [3]: FrymaKoruma Mühlen – Der neueste Standard in der Mahltechnik. Rheinfelden, 2008
- Roth, Klaus: Delikate Grenzflächen Teil 1 - Von der Sauce Vinaigrette zur Mayonnaise. In: Chemie in unserer Zeit, 2008, Nr. 42, S. 160 – 172
- SCF (Scientific Committee on Food): Opinion of the Scientific Committee on Food on Sucralose, 2000. URL: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out68_en.pdf (01.09.2008)
- Schamel: Firmenhomepage der Fa. Schamel-Meerrettich. URL: http://www.schamel.de/DEU/index_deu.html (20.10.2008)
- Scherbaum, E.: Eier und Erzeugnisse aus Eiern. In: Frede, Wolfgang: Taschenbuch für Lebensmittelchemiker und –technologen 1, Heidelberg 1991, S. 241 – 248
- Schiefer et al: Formfleischherstellung mittels Starterkulturen. Die Nahrung, 26 (1982), Nr. 10, S. 869 – 873
- Schlegel, K.H.: Tomaten- Ketchup (Ein Beitrag zur Warenkunde). Die Feinkostwirtschaft, 1967, Nr. 3, S. 67 – 68
- Schubert, H.: Emulgiertechnik. 1. Aufl. Hamburg: Behr, 2005
- Schuster, W.: Ölpflanzen in Europa. Frankfurt a.M.: DLG, 1992
- Schwedt, G.: Taschenatlas der Lebensmittelchemie. Weinheim: Wiley-VCH, 2005
- Schweizer Lebensmittelbuch: Speisefette, Speiseöle und emulgierte Fette, 2005

- Selmar, D.: Blausäure in Nahrungspflanzen – Eine Gefahr für Lebensmittel? URL:
<http://www.ifp.tu-bs.de/MS4/bpsp/blaus.htm> (24.10.2008)
- Smith, F.: Pure Ketchup: A History of America's National Condiment. Columbia (South Carolina – USA), 1996
- Smittle, R.: Microbiology of Mayonnaise and Salad Dressing: A Review. Journal of Food Protection, 40 (1977), Nr. 6, S. 415 – 422
- Stade, V./Panske, M.: Feinkost-Salate auf der Basis von Fleisch und Fisch. AID Verbraucherdienst – Zeitschrift für Fach-, Lehr- und Beratungskräfte im Bereich Ernährung. 36 (1991), S. 201 - 207
- Staesche, K.: Gewürze. In: Acker, L. (Hrsg.): Handbuch der Lebensmittelchemie. Berlin: Springer, 1968, S. 426 – 610
- Statistischen Bundesamt: Produktion ausgewählter Erzeugnisse – Würzen und Soßen. 20.08.2008
- Stemmer, H.: Feinkosterzeugnisse. In: Frede, Wolfgang: Taschenbuch für Lebensmittelchemiker und -technologien 1, Heidelberg: Springer, 1991, S. 467 – 482
- Stiftung Warentest: Gelb-braun und tranig. 2007, Nr. 1, S. 18 – 22
- Stiftung Warentest: Rote Versuchung. 2008, Nr. 6, S. 90 – 97
- Süsstoff-Verband e.V.: Sucralose. URL: <http://www.suessstoff-verband.de/suessstoffe/sucralose/>, (01.09.2008)
- Süsstoff-Verband e.V.[2].: ADI-Richtwerte für den unbeschwerten Genuss. URL:
http://www.suessstoff-verband.de/gesundheit/adi_wert_richtwerte/ (01.09.2008)
- Tate&Lyle: Modifizierte Stärke. URL:
http://www.tateandlyle.com/NR/rdonlyres/egtc6z6g3w7orla7njtp2rcgey5yoxl635v2jwf5o25ghcte3rroaltjpjwzlvfp2drurebbalgwuwdi2y3ltwwb/Deutsch_Modifizierte_Stärke.pdf (13.07.2008)
- Täubrich, F.: Die kontinuierliche Herstellung von reiner und gestreckter Mayonnaise. Fette – Seifen - Anstrichmittel, 65 (1963), Nr. 6, S. 475 – 478
- Täufel/Ternes/Tunger/Zobel: Lebensmittellexikon L-Z. Hamburg: Behrs, 1993
- Täufel/Ternes/Tunger/Zobel: Lebensmittellexikon L-Z. Hamburg: Behrs, 2005
- Ternes, W.: Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung. Hamburg: Behrs, 2008

- Tetra Pak: Frisch “aufgemischt” – Zuverlässig und sicher unter Vakuum mischen und emulgieren. Lebensmitteltechnik, 2004, Nr. 12, S. 44 – 45
- Thomy GmbH: Markenlehrbrief „Feinkost“. Gräfelting, 2003
- Toepfer International, A.C.: Statistische Informationen zum Getreide- und Futtermittelmarkt – Edition Oktober 2007. Hamburg, 2007
- Tweel et al: Immunologie – Das menschliche Abwehrsystem. Spektrum- Verlag, Heidelberg, 1999
- Universität Köln: Emulgatoren. URL: <http://www.uni-koeln.de/ew-fak/Chemie/schokomaterialien/p11.pdf> (23.06.2008)
- van Wyk, B.E.: Handbuch der Nahrungspflanzen. Stuttgart: WVG, 2005
- Verband der Essig- und Senfindustrie e.V.: Hauptlieferländer für Senfkörner. URL: <http://www.essigundsenf.de/presse/statistiken/pdfs/2006/HauptlieferlanderfrSenfkorn.pdf> (20.10.2008)
- Verbraucherzentrale Thüringen e.V.: Tomate oder Ketchup?, 2005. URL: <http://www.vzth.de/mediabig/48521A.pdf> (02.09.2008)
- Vieths et al: Allergenes Potential von verarbeiteten Lebensmitteln. Teil 1: Beeinflussung durch lebensmitteltechnologische Verfahren und Zubereitungstechniken. Ernährungs-Umschau. 41 (1994), S. 140-143
- Vilgis, T.: Ketchup – frisch gestrichen. Physik in unserer Zeit. 39 (2008), Nr. 2, S. 102
- Walther et al: Verfahren zur biotechnologischen Herstellung von Xylit, 2002. URL: <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?IA=DE2003001619&DISPLAY=DESC> (09.09.2008)
- Watzl, B.: Glucosinolate. Ernährungs-Umschau, 48 (2001), Nr. 8, S. 330 – 333
- Weber, G.: Europäische Beurteilungsmerkmale für Mayonnaise – Code of Practice. Deutsche Lebensmittel- Rundschau, 97 (2001), Nr. 3, S. 96 – 97
- Weber, G.: Qualitätsanforderungen an Meerrettichdauerwaren. Deutsche Lebensmittelrundschau, 98 (2002), Nr. 6, S. 220
- Weber, G.: Europäische Beurteilungsmerkmale für Tomatenketchup – Code of Practice. Deutsche Lebensmittelrundschau, 103 (2007), Nr. 8, S. 387 – 389
- Weber, G.: Essig, Speisesenf. In: Krell/Warzecha: Praxishandbuch der Lebensmittelkennzeichnung. Hamburg: Behrs, 2008, S. 5 – 6
- Weber, G. [2]: Feinkost. In: Krell/Warzecha: Praxishandbuch der Lebensmittelkennzeichnung. Hamburg: Behrs, 2008, S. 1 – 6

- Weber, R.: Wirtschaftliche und technische Entwicklung in der Senfindustrie. In: Dauskardt, M.: Extrascharf – Vom Korn zum Senf. Hagen, 2002, S. 37 – 42
- Weihrauch et al: Artificial sweeteners - do they bear a carcinogenic risk? *Anal. of Oncology*, 2004, Nr. 15, S. 1460 – 1465
- Wellhäuser, R.: Zusätze zu Fleischerzeugnissen. In: Glandorf, K./Kuhnert, P. (Hrsg.): *Handbuch Lebensmittelzusatzstoffe*. Hamburg: Behr's, 1991, Kapitel 3
- Wick, P.: Möglichen Gefahren der Nanopartikel auf der Spur. Medienmitteilung der EMPA, St. Gallen/Dübendorf/Thun, 02.05.2006
- Wieder, G.: Genusssäuren und ihre Salze: Anwendung und Wirkung in Lebensmitteln. In: Fachgruppe „Lebensmittelchemie und gerichtliche Chemie“ in der GDCh (Hrsg.): *Schriftenreihe Lebensmittelchemie, Lebensmittelqualität (Band 14)*. Hamburg: Behr's, 1989
- Willett, Walter C./Stampfer, Meir J.: Macht gesunde Ernährung krank? *Spektrum der Wissenschaft*, 2003, Nr. 3, S. 58 – 67
- Wonneberger, C./Keller, F.: *Gemüsebau*. Stuttgart: Ulmer, 2004
- Zeh, R.: Aufbau und Herstellung von Mayonnaise und emulgierten Saucen. *Lebensmitteltechnik*, 1986, Nr. 3, S. 102 – 109
- Zschaler, R.: Einfluss von physikalischen und chemischen Faktoren auf die Haltbarkeit von Feinkosterzeugnissen. *Alimenta*, 1976, Nr. 15, S. 185 – 188
- ZuckArtV: Verordnung über einige zur menschlichen Ernährung bestimmte Zuckerarten (Zuckerartenverordnung). *Bundesgesetzblatt I*, S. 444, Ausfertigungsdatum: 23.10.2003, zuletzt geändert am 22.02.2006
- ZZulV: Verordnung über die Zulassung von Zusatzstoffen zu Lebensmitteln zu technologischen Zwecken (Zusatzstoff-Zulassungsverordnung – ZZulV). *Bundesgesetzblatt I*, S. 1816, Ausfertigungsdatum: 29.01.1998, zuletzt geändert am 08.08.2007

Anlage 1:

1. **Feinkostsoßen**, emulgiert oder nicht emulgiert, flüssig oder pastös, mit oder ohne festen Bestandteilen, wie Mayonnaisen, Remouladen und andere mayonnaiseähnliche Erzeugnisse; Salatsoßen, Dressings, Salatcremes, jeweils auch in trockener Form; genauso: Würzsoßen, Grillsoßen, Steaksoßen, z.B. Zigeunersoße, Schaschliksoße, Worchestersoße, Cumberlandsoße, jeweils auch in trockener Form; Tomaten und Gewürzketchup sowie Spezialketchups, z.B. Curryketchup, Schaschlikketchup, Hotketchup
2. **Tomatenmark, Meerrettich, Relishes**
3. **Feinkostsalate** jeglicher Art wie Kartoffelsalat, Fleischsalat, Heringssalat, Fischsalat, Gemüsesalat mit Tunke oder klarem Aufguss (z.B. Farmer , Party , Krautsalat), Italienischer Salat, Krabbensalat, sonstige Feinkostsalate (z.B. Geflügel , Zigeuner , Eiersalat); Mischsalat (Frischsalat) mit oder ohne Tunke, sofern sie zum Feinkostsortiment eines Mitgliedsbetriebes gehören.
4. **Besondere Fischerzeugnisse** und Zubereitungen mit Fischen oder Fischerzeugnissen von besonderer Qualität, wie Heringsbecher, Sahneheringsfilets und anderen Marinaden.
5. **Feinkostpasteten**, Parfaits, Pains, Cremes, Pasten
6. **Wild und Geflügelerzeugnisse** unter Verwendung von Wildschwein, Rot und Rehwild, Hasen, Fasanen, Gänsen, Hühnern, Enten usw.
7. **Besondere Fleischkonserven** sowie Zubereitungen, die aus Fleisch hergestellt werden und von besonderer Qualität sind, wie z.B. Ragout fin, Frikassee
8. **Feinkost Spezialitäten**, wie Hummer, Krebse, Krabben, Weinbergschnecken, Froschschenkel
9. **Tiefkühlkost** auf dem Feinkostsektor
10. **Sonstige Feinkosterzeugnisse** wie Ravioli, Nasi Goreng, Zaziki, Aspik Erzeugnisse, Russisch Ei
11. **Feinkost Dessert Erzeugnisse** wie Mousse au chocolat, Vanillesoße, rote, grüne, gelbe Grütze

Anlage 2:**Leitsätze für Mayonnaise, Salatmayonnaise und Remoulade**

des Bundesverbandes der Deutschen Feinkostindustrie e. V.

veröffentlicht 1968

A. Mayonnaise und Salatmayonnaise**1. Begriffsbestimmungen und Herstellung**

- a) Die Begriffsbestimmungen für Mayonnaise sind durch die Europäischen Beurteilungsmerkmale für Mayonnaise, Code of Practice, (siehe dort) abgelöst worden. Die Leitsätze des Bundesverbandes der deutschen Feinkostindustrie beschreiben somit die Erzeugnisse Salatmayonnaise und Remoulade.
- b) Salatmayonnaise besteht aus Speiseöl pflanzlicher Herkunft und daneben aus Hühnereigelb, außerdem kann sie Hühnereiklar, Milcheiweiß, Pflanzeneiweiß oder Vermengungen dieser Stoffe, Kochsalz, Zuckerarten, Gewürze, andere Würzstoffe, Essig, Genußsäure und Verdickungsmittel enthalten. Der Mindestfettgehalt beträgt 50 v. H. Beträgt der Eigelbanteil mindestens 7,5 v. H. vom Fettgehalt, so kann darauf hingewiesen werden.
- c) Als Verdickungsmittel im Sinne des vorstehenden Abschnittes (A 1. b) werden nur folgende Stoffe verwendet: Weizenmehl, Stärkearten, Gelatine sowie die zugelassenen Verdickungsmittel²⁾.
- d) Der Zusatz gelbfärbender nichtfremder Stoffe zum Zwecke der Färbung ist nicht verkehrsüblich³⁾. Es werden z. B. Curcuma, Paprika und andere Gewürze zum Zwecke der Geschmacksgebung zugefügt.

2. Bezeichnung

- a) Wird bei Mayonnaise oder Salatmayonnaise auf die Verwendung von frischen Eiern oder frischem Eigelb hingewiesen, so enthalten diese Erzeugnisse ausschließlich Eiinhaltsstoffe (Hühnereigelb und Hühnereiklar), die unmittelbar vor ihrer Verarbeitung durch Aufschlagen von frischen Hühnereiern gewonnen werden.
- b) Frische Hühnereier im Sinne dieser Leitsätze sind Eier, die nicht älter als 10 Tage und nicht konserviert oder geölt sind.
- c) Soweit die in Abschnitt 1 a) und b) aufgeführten Erzeugnisse nicht als Zutat oder zur Zubereitung von Lebensmitteln verwendet worden sind, wird der Fettgehalt in Verbindung mit der Bezeichnung auf der Verpackung und bei der Abgabe von loser Ware im Handel an den Verbraucher auf Schildern angegeben.

B. Remoulade

1. Begriffsbestimmungen und Herstellung

Remoulade entspricht den Begriffsbestimmungen für Mayonnaise und Salatmayonnaise nach Abschnitt A. Sie enthält Kräuter und oder zerkleinerte würzende Pflanzenteile.

2. Bezeichnung

Soweit Remoulade nicht als Zutat oder Zubereitung von Lebensmitteln verwendet worden ist, wird der Fettgehalt in Verbindung mit der Bezeichnung auf der Verpackung und bei der Abgabe von loser Ware im Handel an den Verbraucher auf Schildern angegeben.

Allgemeines:

1. Erzeugnisse, die den vorstehenden Mindestanforderungen entsprechen, gelten als Feinkost.
2. Die Verwendung der Angaben „echt“ oder „rein“ in Verbindung mit der Warenbezeichnung entspricht nicht der Verkehrsanschauung.
3.
 - a) Lebensmittel, die den Beschreibungen in Abschnitt A und B nicht entsprechen, gelten als irreführend im Sinne von § 4 Nr. 3 LMB bezeichnet, falls sie unter den Bezeichnungen „Mayonnaise“, „Remoulade“, „Salatmayonnaise“ oder in Wortzusammensetzungen mit diesen Ausdrücken in den Verkehr gebracht werden.
 - b) Ein zutreffender Hinweis auf die Mitverwendung von Mayonnaise, Salatmayonnaise oder Remoulade z. B. „... mit Mayonnaise“, ist keine Wortzusammensetzung.
 - c) Werden Erzeugnisse, die den in Abschnitt A und B beschriebenen Lebensmitteln in Farbe, Konsistenz und Geschmack ähneln, mit niedrigerem Fettgehalt als in diesen Abschnitten vorgesehen in den Verkehr gebracht, so werden sie zur Vermeidung der Irreführung als Lebensmittel besonderer Art so bezeichnet, daß eine Verwechslung mit in Abschnitt A und B beschriebenen Lebensmitteln unmöglich ist. Bei diesen Erzeugnissen wird der Fettgehalt angegeben.
 - d) Bei Erzeugnissen, die in den Leitsätzen über Fische und Fischerzeugnisse geregelt sind, kann der Mindestfettgehalt der Salatmayonnaise 40 % betragen. Diese Salatmayonnaise wird als „Mayonnaisencrème“ oder „Mayonnaisensoße“ bezeichnet.

4. Die Leitsätze beziehen sich auch auf Lebensmittel, die von gewerblichen Herstellern zum Verzehr an Ort und Stelle abgegeben werden.
5. Alle Mengen und Prozentangaben beziehen sich auf die Zeit der Herstellung.

Vereinbarung zwischen dem Bundesverband der Deutschen Feinkostindustrie und dem ALS vom 26. 7. 1977 zur Kennzeichnung von Milcheiweiß in Salatmayonnaise: „Mayonnaise wird aus ihrer historischen Entwicklung mit Eigelb hergestellt. Dies kann beim Verbraucher zu der Meinung führen, dass auch Salatmayonnaise stets Eigelb enthalten muss. Wird bei der Herstellung von Salatmayonnaise Milch oder Pflanzeneiweiß verwendet, so soll dies ausreichend kenntlich gemacht werden.“

- 1) Eigelb ist technisch reines Eigelb (Eidotter); technisch reines Eigelb enthält mindestens 80 v.H. analytisch bestimmbares Eigelb. Eigelb wird auch in Form von Eiprodukten in entsprechen den Gewichtsmengen verwendet.
- 2) Es wird hingewiesen auf § 2 Abs. 1 Nr. 7 der Verordnung über die Zulassung fremder Stoffe als Zusatz zu Lebensmitteln vom 19. Dezember 1959 (BGBl. I S. 742) in der jeweils gelten den Fassung.
- 3) Es wird hingewiesen auf die Verordnung über färbende Stoffe vom 19. Dezember 1959 (BGBl. I S. 756) in der jeweils geltenden Fassung.

Stand: August 2008

Anlage 3:**Europäische Beurteilungsmerkmale für Mayonnaise – Code of Practice****1. Beschreibung**

Mayonnaise ist eine Würzsoße, die durch Emulgieren eines oder mehrerer Speiseöle pflanzlicher Herkunft in einer wässrigen Phase, die aus Essig besteht, unter Verwendung von Hühnereigelb hergestellt wird. Mayonnaise kann wahlweise Zutaten gemäß Ziffer 2.3 enthalten.

2. Zusammensetzung und Qualität**2.1 Rohstoffe**

Alle Zutaten müssen von einwandfreier Qualität und für den menschlichen Verzehr geeignet sein. Wasser muss von Trinkwasser- Qualität sein.

Eier und Eiprodukte müssen Hühnereier oder Hühnereiprodukte sein.

2.2 Anforderungen an die Zusammensetzung

- Gesamtfettgehalt: Mindestens 70% m/m.
- Gehalt an technisch reinem Eigelb(*): mindestens 5% m/m

2.3 Wahlweise Zutaten

Zutaten, die dazu bestimmt sind, die physikalischen und organoleptischen Eigenschaften des Erzeugnisses wahrnehmbar und in der gewünschten Weise zu beeinflussen:

- a) Hühnereieiweiß
- b) Hühnereiprodukte
- c) Zucker, Zuckerarten
- d) Speisesalz
- e) Gewürze, Kräuter, Würzmittel
- f) Früchte und Gemüse einschließlich Fruchtsaft und Gemüsesaft
- g) Senf
- h) Milcherzeugnisse
- i) Wasser

3. Lebensmittel-Zusatzstoffe

Zugelassen sind solche Zusatzstoffe, die in den Richtlinien des Parlamentes und des Rates der Europäischen Gemeinschaft in der jeweils geltenden Fassung aufgeführt sind:

- betr. Farbstoffe, die in Lebensmitteln verwendet werden dürfen, Richtlinie Nr. 94/35/EG, Amtsblatt L237, 10.09.94
- betr. Süßungsmittel, die in Lebensmitteln verwendet werden dürfen, Richtlinie Nr. 94/35/EG, Amtsblatt L 237, 10.09.94
- betr. andere Lebensmittelzusatzstoffe als Farbstoffe und Süßungsmittel, Richtlinie Nr. 95/2EG, Amtsblatt L 61, 18.03.95

4. Kennzeichnung

Grundsätzlich erfolgt die Kennzeichnung in Übereinstimmung mit den Grundsätzen und Regelungen der EG- Richtlinie 79/112/EWG (Kennzeichnungsrichtlinie).

Mayonnaise darf nicht so hergestellt oder gekennzeichnet sein, dass der Verbraucher über Art, Herkunft oder Qualität des Erzeugnisses irreführt wird.

* Technisch rein bedeutet, dass 20% Eiweiß, bezogen auf das Eigelb, toleriert wird.

Anlage 4:

Höchstmengen von Sorbin- und Benzoesäure in emulgierten Soßen und Feinkostsalaten nach der ZZuV

Lebensmittel	Höchstmenge Ss*	Höchstmenge Bs*	Ss + Bs* **
Emulgierte Soßen mit einem Fettgehalt von $\geq 60\%$	1.000	500	1.000
Emulgierte Soßen mit einem Fettgehalt von $< 60\%$	2.000	1.000	2.000
Feinkostsalate			1.500

*in mg/kg bzw. mg/l

**Ss + Bs: Ss und Bs einzeln oder in Kombination verwendet.

Anlage 5:**Zuckerkonzentrationsstufen**

Verkehrsüblich sind folgende Zuckerkonzentrationsstufen, die in Verbindung mit der Verkehrsbezeichnung angegeben werden:

- „sehr leicht gezuckert“ 9%–14% (g/100 g)
- „leicht gezuckert“ 14%–17% (g/100 g)
- „gezuckert“ 17%–20% (g/100 g)
- „stark gezuckert“ über 20% (g/100 g).

Anlage 6:**Richt- und Warnwerte für Feinkostsalate**

	Richtwert (KbE/g)	Warnwert (KbE/g)
Aerobe mesophile Koloniezahl ¹	10 ⁶	-
Milchsäurebakterien ¹	10 ⁶	-
Koagulase- positive Staphylokokken	10 ²	10 ³

Anlage 7:**Zum Süßen von Senf zugelassene Süßstoffe**

(ZZulV 2007)

Lebensmittel	Höchstmengen in mg/kg			
	Acesulfam-K	Aspartam	Saccharin	Neohesperidin
Senf	350	350	320	50