



universität
wien

DIPLOMARBEIT

„ESL-MILCH:

Technologische Grundlagen sowie Indikatoren zur Bestimmung
der Hitzebelastung von Trinkmilch“

Verfasserin

Hildegard Strobl

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 474

Studienrichtung lt. Studienblatt: Diplomstudium Ernährungswissenschaften

Betreuerin / Betreuer: Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Helmut Mayer
Universität für Bodenkultur, DLWT

meiner Familie

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei allen, die mich bei meiner Diplomarbeit und dem vorangegangenen Studium in irgendeiner Form unterstützt haben, bedanken.

Dies gebührt in erster Linie ganz besonders für meine Familie und Freunde, die mir mit voller Kraft, Liebe und Motivation zur Seite gestanden sind.

Ein weiterer Dank gilt meinem Betreuer Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Helmut Mayer, der mir diese Arbeit erst ermöglicht hat und mir mit fachlichem Wissen weitergeholfen hat.

Abschließend möchte ich mich noch ganz herzlich bei Mag. Susanne Reder bedanken, die für mich als Lektorin fungierte.

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	I
VERZEICHNIS DER TABELLEN	IV
VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN	VI
VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN	VIII
1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
2 MILCH, ALLGEMEIN	2
2.1 Zusammensetzung der Milch	2
2.1.1 Milchfett	3
2.1.2 Milchzucker	4
2.1.3 Milcheiweiß	5
2.1.3.1 Caseine	5
2.1.3.2 Molkenproteine	6
2.2 Zellgehalt und Gesamtkeimzahl der Milch	7
2.2.1 Zellgehalt	7
2.2.2 Gesamtkeimzahl	7
3 HERSTELLUNGSVERFAHREN	9
3.1 Rohmilch	9
3.2 Pasteurisierte Milch	10
3.3 Hochpasteurisierte Milch – ESL-Milch	11
3.4 Ultrahocherhitze Milch	11
3.5 Sterilisierte Milch	12
4 HERSTELLUNG VON ESL-MILCH	14
4.1 Allgemeine Faktoren	15
4.1.1 Rohmilchqualität	15
4.1.2 Prozesstechnik	16
4.1.3 Verpackungstechnik	17
4.1.3.1 Abfüllung	17
4.1.3.2 Verpackung	17
4.1.4 Einhaltung der Kühlkette	18
4.1.4.1 Lagertemperatur	18
4.1.4.2 Licht	20
4.1.4.3 Sauerstoff	20
4.1.5 Produktkriterien	20

4.2	Keimreduktionsverfahren	21
4.2.1	Thermische Verfahren	22
4.2.1.1	Direkte Erhitzung	22
4.2.1.1.1	ESL-Direkterhitzungsanlage	25
4.2.1.1.2	ESL-Inline-Direkterhitzungsanlage	26
4.2.1.2	Indirekte Erhitzung	27
4.2.1.2.1	ESL-Indirekterhitzungsanlage	28
4.2.1.2.2	ESL-Inline-Indirekterhitzungsanlage	29
4.2.1.3	Modifizierter Pasteur	31
4.2.1.4	Lebensprodukte-Verfahren	33
4.2.1.5	Pulsed electric fields (PEF)	33
4.2.1.6	Tetra Therm Aseptic-VTIS ESL-Verfahren	34
4.2.1.7	Pure-LacTM System	35
4.2.2	Mechanische Verfahren	35
4.2.2.1	Mikrofiltration	36
4.2.2.2	Tiefenfiltration	39
4.2.3	Bactofugation	42
5	HITZEINDIKATOREN	43
5.1	Allgemeines	43
5.2	Time temperature integrators (TTI)	45
5.3	Inaktivierung der Enzyme	46
5.3.1	Phosphatase	46
5.3.2	Fukosidase	47
5.3.3	γ -Glutamyl-Transpeptidase (GGT)	47
5.3.4	Lactoperoxidase (LPO)	47
5.3.5	N-Acetyl- β -D-glucosaminidase (NAG)	48
5.3.6	Adenosindesaminase (ADA)	48
5.4	Denaturierung der Molkenproteine (Serumproteine)	49
5.4.1	β -Lactoglobulin (β -Lg)	50
5.4.2	α -Lactalbumin (α -Lg)	52
5.4.3	Blutserumalbumin (BSA)	52
5.4.4	Immunoglobuline	52
5.4.5	NPN-Verbindungen: Kreatin/Kreatinin	53
5.5	Hitzeinduzierte Reaktionsprodukte	53
5.5.1	Lactulose	53

5.5.2	Furosin	54
5.5.3	5-Hydroxymethylfurfural (HMF)	55
5.5.4	6-Methyladenosin (m6A)	56
6	ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGISCHE BEWERTUNG	57
6.1	Produktveränderung	57
6.2	Vitamine und Nährstoffe in der ESL-Milch	59
6.3	Geschmack und Haltbarkeit der ESL-Milch	60
6.4	Vor- und Nachteile der ESL-Milch	63
6.5	Kennzeichnung der ESL-Milch	65
6.6	Marktentwicklung und -chancen	66
7	NACHWEISVERFAHREN	71
7.1	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC)	71
7.2	Elektrophorese	72
7.3	Gaschromatographie (GC)	72
8	SCHLUSSBETRACHTUNG	73
9	ZUSAMMENFASSUNG	74
10	ABSTRACT	75
11	LITERATURVERZEICHNIS	76
12	LEBENS LAUF	82

VERZEICHNIS DER TABELLEN

<i>Tabelle 2.1</i>	<i>Gehalt der Casein-Monomere in einem Liter Kuhmilch [FOISSY, 2005]</i>	<i>6</i>
<i>Tabelle 2.2</i>	<i>Gehalt der Molkeneiweißkomponenten in einem Liter Kuhmilch [FOISSY, 2005]</i>	<i>6</i>
<i>Tabelle 3.1</i>	<i>Pasteurisierungsformen und –effekt [SPREER, 2005]</i>	<i>10</i>
<i>Tabelle 4.1</i>	<i>chemische Hitzeindikatoren in unbehandelter und behandelter Milch [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]</i>	<i>21</i>
<i>Tabelle 4.2</i>	<i>Kritische Punkte beim Infusions- bzw. Injektionsverfahren und deren Auswirkungen [RYSSTAD und KOLSTAD, 2006]</i>	<i>24</i>
<i>Tabelle 5.1</i>	<i>Chemisch-physikalische Richtwerte für eine ESL-Milch [DYCK et al., 2004]</i>	<i>45</i>
<i>Tabelle 5.2</i>	<i>Denaturierungstemperaturen für Milchproteine [TÖPEL, 2004]</i>	<i>49</i>
<i>Tabelle 5.3</i>	<i>Chemisch-physikalische Charakteristik für ESL-Milch und mikrofiltrierte Milch – Konzentration an nativen Molkenproteinen in mg l⁻¹ [HÜLSEN, 1999]</i>	<i>50</i>
<i>Tabelle 5.4</i>	<i>Einfluss der Technologien auf die Molkenproteindenaturierung [STRAHM und EBERHARD, 2010]</i>	<i>51</i>
<i>Tabelle 5.5</i>	<i>Lactulosegehalt in den gängigen Konsummilcharten [GALLMANN et al., 2001]</i>	<i>54</i>
<i>Tabelle 5.6</i>	<i>Furosingehalt in den gängigen Konsummilcharten‘ [GALLMANN et al., 2001]</i>	<i>55</i>
<i>Tabelle 6.1</i>	<i>Vergleich der thermisch-induzierten Veränderungen in Frisch- und ESL-Milch [KAUFMANN et al., 2009]</i>	<i>58</i>
<i>Tabelle 6.2</i>	<i>Vitamingehalt nach 7 Tagen bei 8°C in ESL-Milch und pasteurisierter Milch [DYCK et al., 2004]</i>	<i>60</i>

<i>Tabelle 6.3</i>	<i>Vor- und Nachteile der verschiedenen ESL-Verfahren</i>	
	<i>[STRAHM und EBERHARD, 2010]</i>	<i>_____ 65</i>

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Abbildung 2.1	Schematische Darstellung der Milchzusammensetzung (Durchschnittswerte für Kuhmilch) [FOISSY, 2005]	2
Abbildung 2.2	Schema Milchfettkügelchen [FOISSY, 2005]	3
Abbildung 2.3	Chemische Struktur der β -Lactose in Sesselform Quelle: de.wikipedia.org/wiki/Lactose (15.06.2011)	4
Abbildung 2.4	Keimzahlbereich bei Rohmilch [FOISSY, 2005]	8
Abbildung 4.1	Säulendiagramm zur Haltbarkeit von ESL-Milch [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]	14
Abbildung 4.2	Verlängerung des Frischecharakters der Milch durch ESL [DYCK et al., 1999]	15
Abbildung 4.3	Prozessstandards [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]	16
Abbildung 4.4	Temperaturprofil der Milch einer Supermarktkühlkette [RYSSTAD und KOLSTAD, 2006]	19
Abbildung 4.5	Übersicht verschiedener Verfahrensprozesse [RYSSTAD und KOLSTAD, 2006]	21
Abbildung 4.6	Direkte Erhitzungsanlage Darstellung Röhrenmodule und Flashkühler Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)	22
Abbildung 4.7	Schematische Darstellung des Injektions- und Infusionsprinzips [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]	23
Abbildung 4.8	Blockdiagramm für Prozessvarianten zur Direkterhitzung Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)	25
Abbildung 4.9	Schematischer Prozessverlauf einer ESL-Inline Direkterhitzungsanlage Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)	27
Abbildung 4.10	Blockdiagramm für Prozessvarianten zur Indirekterhitzung Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)	28

<i>Abbildung 4.11</i>	<i>Indirekte Erhitzungsanlage</i>	
	Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)	29
<i>Abbildung 4.12</i>	<i>Schematischer Prozessverlauf einer ESL-Inline-Indirekterhitzungsanlage</i>	
	Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)	30
<i>Abbildung 4.13</i>	<i>Modifizierter Pasteur</i>	
	Quelle: www.gea.tds.de (15.07.2011)	31
<i>Abbildung 4.14</i>	<i>Blockdiagramm zum Prozessablauf des modifizierten Pasteurs</i>	
	Quelle: www.gea.tds.de (15.07.2011)	32
<i>Abbildung 4.15:</i>	<i>Mikrofiltrationsanlage</i>	
	Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)	36
<i>Abbildung 4.16</i>	<i>Blockdiagramm für Prozessverlauf zur Mikrofiltration</i>	
	Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)	38
<i>Abbildung 4.17</i>	<i>Darstellung der Keramikmembran und Membrangehäuse [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]</i>	39
<i>Abbildung 4.18</i>	<i>Tiefenfiltrationsanlage</i>	
	Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)	40
<i>Abbildung 4.19</i>	<i>Blockdiagramm für Prozessverlauf zur Tiefenfiltration</i>	
	Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)	41
<i>Abbildung 6.1</i>	<i>Marktentwicklung Trinkmilch</i>	
	Quelle: www.ama-marketing.at (26.03.2011)	67
<i>Abbildung 6.2</i>	<i>Trinkmilch: Anteile Frisch / Haltbar / ESL</i>	
	Quelle: www.ama-marketing.at (26.03.2011)	68
<i>Abbildung 6.3</i>	<i>Milchprodukte Renner-Penner</i>	
	Quelle: www.ama-marketing.at (26.03.2011)	69

„Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.“

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

°C	Grad Celsius
>	größer
≥	größer gleich
<	Kleiner
≤	kleiner gleich
%	Prozent
~	rund bzw. ungefähr
α-Lg	α-Lactalbumin
β-Lg	β-Lactoglobulin
ADA	Adenosindesaminase
ALP	alkalische Phosphatase
AS	Aminosäure
BSA	Blutserumalbumin
CFV	cyclic flow variations = Variationsfaktor
chem.	chemisch
d.h.	das heißt
DHM	Direct Heating Modul
ELISA	enzyme-linked immunosorbent assay = immunologisches Nachweisverfahren
ESL-Milch	Extended Shelf Life-Milch = länger haltbare Frischmilch
et al.	et alii (lateinisch: „und andere“)
etc.	et cetera (lateinisch: „und so weiter“)
FK	Fettkügelchen
FKM	Fettkügelchen-Membran
FKME	Fettkügelchen.Membraneiwiss
FS	Fettsäuren
FWHM	Full width at half maximum = Halbwertsbreite
GC	Gaschromatographie
GEA TDS	Global Engineering Alliance Tuchenhagen Dairy Systems
GGT	γ-Glutamyl-Transpeptidase

H ₂ O	Wasser
HE	Hoherhitzung
MF	Mikrofiltration + thermische Behandlung
MF-PAST	Mikrofiltration + thermische Behandlung und nachgeschaltete Pasteurisation
HMF	5-Hydroxymethylfurfural
H-Milch	haltbare Milch
HTST	High-Temperature-Short-Time = Kurzeiterhitzung
HPLC	high-performance liquid chromatography bzw. high pressure liquid chromatography =Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
K	Kelvin = Temperatureinheit
KbE	koloniebildende Einheit, gibt die Keimzahl an
kg	Kilogramm
kV/cm	Kilo Volt pro Zentimeter
L	Liter
LEH	Lebensmitteleinzelhandel
log	Logarithmus
LPO	Lactoperoxidase
m6-Ado	6-Methyladenosin
max.	maximal
MF-PAST	Mikrofiltration mit nachgeschalteter Pasteurisation
µm	Mikrometer
µmol	Mikromol
µs	Mikrosekunde
mg	Milligramm
mL	Milliliter
min.	Minuten
mind.	mindestens
NAG	N-Acetyl-β-D-glucosaminidase
NPN	Nicht-Protein-Stickstoff-Substanzen
OSA-Verfahren	One-Step-Ahead-Verfahren = zukunftsweisende Technologien
O/W-Emulsion	Öl-in-Wasser-Emulsion
PAST	Pasteurisation
PEF	pulsed electric field = gepulstes elektrisches Feld

pH-Wert	negative dekadische Logarithmus der H_3O^+ -Ionenkonzentration
Q-Faktor	Energiegewinn bzw. -verlust
RollAMA	Rollierende Agrarmarktanalyse
RP-HPLC	reverse phase-HPLC = Umkehrphasen-Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
TTI	Time Temperature Integrators = Temperatur/Zeit Kombinationen
UHT-Milch	Ultra-Hoch-Temperatur-Milch
Vitamin A	Retinol
Vitamin B1	Thiamin
Vitamin B2	Riboflavin
Vitamin B6	Pyridoxin
Vitamin B12	Cobalamin
Vitamin C	Ascorbinsäure
Vitamin D	Cholecalciferol
VKI	Verein für Konsumenteninformation

1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Ernährung spielt in unserer Gesellschaft eine immer bedeutendere Rolle und leistet einen wesentlichen Beitrag für unser Wohlbefinden. Sie dient längst nicht nur mehr der Erhaltung unserer Lebensfunktionen, sondern trägt zur Erhaltung unsere Gesundheit bei und hat auch einen ganz wichtigen gesellschaftlichen Aspekt. In der Zeit des Überflusses und der industriellen Verarbeitung stellt sich der Mensch nun immer öfter die Frage, wie weit ein Lebensmittel, welches durch technische Verfahrensschritte verändert wurde, aus ernährungsphysiologischer Sicht noch als gesund bewertet werden kann. Die Ansprüche an Qualität und die damit verbundenen Kontrollen werden immer höher.

Die Milch, ein hochwertiger Eiweiß- und Calcium-Lieferant, die immer mehr von anderen alkoholfreien Getränken vom Markt gedrängt wurde, gewinnt dank der ESL-Milch wieder die Oberhand. Die länger haltbare Frischmilch, auch Extended Shelf Life-Milch genannt, erfreut sich wachsender Beliebtheit, da sie die Natürlichkeit der pasteurisierten Milch und den Convenience-Vorteil der H-Milch verbindet.

Eine Aufgabenstellung meiner Diplomarbeit bestand darin, die unterschiedlichsten Herstellungsverfahren der ESL-Milch darzustellen, sowie deren Nachweis mittels Erhitzungsmethoden genauer zu erläutern. Die Nachweisindikatoren geben Rückschluss auf die angewandte Verfahrensmethode. Eine weitere Aufgabenstellung war die Darstellung der ernährungsphysiologischen Sichtweise der ESL-Milch. Um den Ansprüchen der Qualität und längeren Haltbarkeit gerecht zu werden, müssen sehr hohe hygienische Bedingungen von Rohmilch bis zur Abfüllung, Verpackung und Kühlung eingehalten werden.

2 MILCH, ALLGEMEIN

Die Milch ist eine weiße bis weiß-gelbliche, undurchsichtige Flüssigkeit, welche aus einem Zweiphasensystem, der sogenannten Emulsion besteht. Eine Emulsion ist eine Mischung zweier Flüssigkeiten, die unter normalen Bedingungen nicht mischbar sind, d.h. die eine Flüssigkeit ist als kleine Tröpfchen in der anderen verteilt. Aufgrund der Lichtstreuung und -absorption führen Carotin der Fettphase und Riboflavin der wässrigen Phase, hervorgerufen durch den Weidegang der Kühe im Sommer, zur gelblichen Farbgebung. Die fettfreie Magermilch ist weiß. Die Milch wird durch regelmäßiges Ausmelken des Euters gewonnen und hat einen leicht süßlichen, typischen, klaren und vollmundigen Geschmack sowie einen typischen Geruch. Als Handelsware darf „Milch“ nur die Milch von Kühen bezeichnet werden. Die Milch von anderen Säugetieren erfordert entsprechende Kennzeichnung [BELITZ et al., 2008, SPREER, 2005].

2.1 Zusammensetzung der Milch

Die Kuhmilch setzt sich im Durchschnitt wie folgt zusammen:

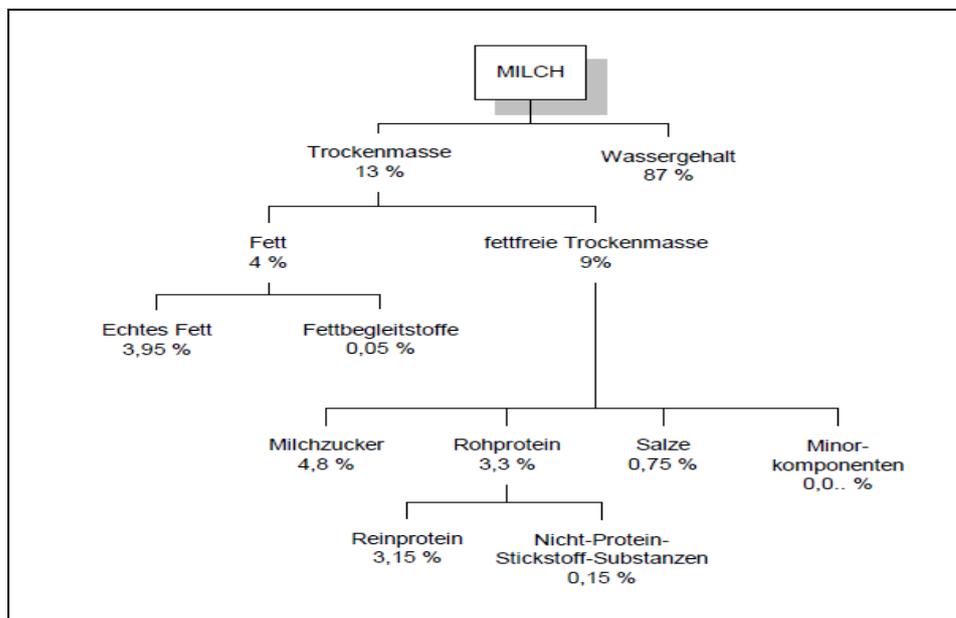


Abbildung 2.1 Schematische Darstellung der Milchezusammensetzung (Durchschnittswerte für Kuhmilch)
Quelle: [FOISSY, 2005]

Der Hauptbestandteil der Milch ist das Wasser (87 %) und dient in erster Linie als Lösungsmittel für die Inhaltsstoffe. Die Trockenmasse (13 %) wird unterteilt in Fett (4 %), und fettfreie Trockenmasse (9 %).

2.1.1 Milchfett

Das Milchfett setzt sich zu rund 3,95 % aus Triglyceriden und in etwa 0,05 % aus anderen Lipiden zusammen, wobei sich diese überwiegend an der Fettkügelchen-Membran (FKM) befinden und eine Emulgatorfunktion ausüben. Bedeutende Lipide sind die Phospholipide, hierzu zählen insbesondere die Lecithine aber auch andere Lipide wie Cholesterin und Phytosterine [FOISSY, 2005].

Bei der Milch handelt es sich um eine Öl-in-Wasser-Emulsion. Bei der O/W-Emulsion werden die Fettkügelchen (FK), welche von einer FKM umhüllt ist, im Milchserum emulgiert. Außen an die FKM lagert sich das FKM-Eiweiß an, welches für die Stabilität der FKM sorgt. Eine intakte FKM schützt auch vor vorzeitiger Lipolyse [BELITZ et al., 2008].

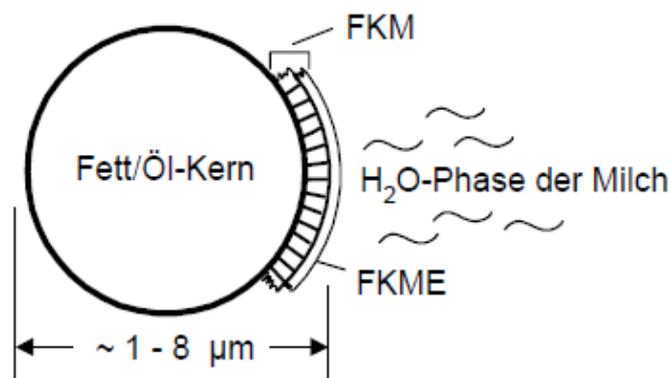


Abbildung 2.2 Schema Milchfettkügelchen
Quelle: [FOISSY, 2005]

Das Milchfett liegt in etwa zu 95 % in Form von Triglyceriden¹, vor [BELITZ et al., 2008]. Im Milchfett konnten insgesamt über 400 verschiedene Fettsäuren festgestellt werden, wobei jedoch nur 60 FS von Bedeutung sind. Ein Großteil davon weist eine Konzentration von unter 1 % auf. Nur etwa zehn FS üben einen wesentlichen Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften aus. Das Milchfett besteht mengenmäßig vorwiegend aus gesättigten FS, wie Myristin-, Palmitin- und Stearinsäure, sowie der einfach ungesättigten FS, der Ölsäure [SPREER, 2005; EBERMANN und ELMADFA, 2008].

2.1.2 Milchzucker

In der fettfreien Trockenmasse der Kuhmilch dominiert der Milchzucker (Lactose) mit rund 99 %. Lactose stellt chemisch gesehen ein Disaccharid aus Galactose und Glucose in der Form 4-O- β -D-Galactopyranosyl-D-glucopyranose dar. In Lactose Der Rest der Kohlenhydrate besteht aus Oligo- und Monosacchariden.

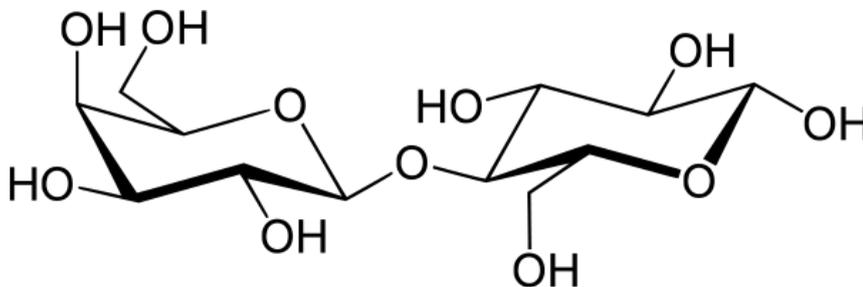


Abbildung 2.3 Chemische Struktur der β -Lactose in Sesselform
Quelle: de.wikipedia.org/wiki/Lactose (15.06.2011)

Der Lactosegehalt in der Kuhmilch liegt bei etwa 4,8 % bezogen auf Trockengewicht. Der Milchzucker liegt in zwei verschiedene Formen vor, nämlich α - und β -Lactose. Sie unterscheiden sich vor allem in ihrer Löslichkeit

¹ Triglyceride sind Veresterungen von drei Fettsäuren (FS) mit Glycerin (Glycerol)

und im optischen Drehvermögen. Lactose hat eine reduzierende Eigenschaft, die bei deren Erhitzung im technologischen Prozess zur Lactulosebildung und zur Maillard-Reaktion führt [FOISSY, 2005; SPREER, 2005].

2.1.3 Milcheiweiß

Weiterer Bestandteil der fettfreien Trockenmasse ist mit rund 3,3 % das Milcheiweiß. Das Rohprotein wird unterteilt in Reinprotein und in Nicht-Protein-Stickstoff-Substanzen (NPN). Die bedeutendsten NPN-Substanzen, welche weder durch Hitze noch mit Eiweißfällungsmitteln fällbar sind, machen rund 0,15 % des Milcheiweißes aus. Dazu zählen Harnstoff, Kreatin, Harnsäure, Orotsäure, Hippursäure, Aminosäuren sowie Ammoniak [FOISSY, 2005].

Der Reineiweißgehalt besteht aus zwei weiteren Fraktionen, den Caseinen und den Molkenproteinen, auch Serumproteine genannt. Diese stellen die Hauptfraktion des Reinproteins (~3,15 %) dar [SPREER, 2005].

2.1.3.1 Caseine

Die Caseine nehmen mit 80 % den Hauptanteil des Milcheiweißes ein. Bei einem pH-Wert von 4,6 und 4,8 und bei einer Temperatur von 20°C fällt Casein als Koagulat aus. Sowohl bei der Säuregerinnung als auch bei der enzymatischen Fällung kommt es zum Ausflocken des Caseins, welches für Sauermilchprodukte, insbesondere Käseherstellung, weiter verwendet wird. In der anfallenden Molke bleiben die Molkenproteine zurück [FOISSY, 2005]. Die Caseine bestehen aus relativ dicht aneinandergelagerten und streng geordneten Micellen, in denen ein sehr hoher Anteil an Calciumphosphaten eingelagert ist [TÖPEL, 2004].

Caseine werden in vier Untereinheiten (Monomeren) gegliedert:

Casein-Monomeren	Gehalt / l Kuhmilch
α 1-Casein	10 g/l
α 2-Casein	3 g/l
β -Casein	10 g/l
κ -Casein	3 g/l

Tabelle 2.1 Gehalt der Casein-Monomere in einem Liter Kuhmilch
Quelle: [FOISSY, 2005]

2.1.3.2 Molkenproteine

Die Molkenproteine, welche im Gegensatz zu den Caseinen hitzelabil sind, enthalten kein Phosphat und weisen eine geringere Säureempfindlichkeit auf. Sie bleiben bei einem pH-Wert von 4,5 und bei einer Temperatur von 20 °C in Lösung, sind jedoch mit einer 12%iger Trichloressigsäure fällbar [FOISSY, 2005]. Ihre Aufgabe in der Milch ist die Stabilisierung der Milchinhaltsstoffe als Emulsion, Suspension und kolloidale Lösung [FRANZEN, 1994].

Die Molkenproteine werden in folgende Molkeneiweißkomponenten eingeteilt:

Molkeneiweißkomponente	Gehalt / l Kuhmilch
β -Lactoglobulin	3,5 g/l
α -Lactalbumin	1 g/l
Immunglobuline	0,7 g/l
Blutserumalbumin (BSA)	0,3 g/l
Lactoferrin	in Spuren enthalten
Proteosen-Peptonfraktion	0,7 g/l

Tabelle 2.2 Gehalt der Molkeneiweißkomponenten in einem Liter Kuhmilch
Quelle: [FOISSY, 2005]

2.2 Zellgehalt und Gesamtkeimzahl der Milch

Um qualitativ hochwertige Milcherzeugnisse herstellen zu können, ist eine einwandfreie Rohmilchqualität erforderlich. Die Qualität wird beeinflusst durch

- den Gesundheitszustand der Tiere,
- die Hygiene bei der Milchgewinnung,
- die Bedingungen während der Lagerung und des Transports

[RIEMELT et al., 2003].

2.2.1 Zellgehalt

Die Zellzahl ist ein Ausdruck des Funktions- und Gesundheitszustandes der Milchdrüse und daher ein Indikator für Euterkrankheiten. Die somatischen Zellen bestehen aus Epithelzellen (bei gesunden Tieren 60 - 70 %) und Abwehrzellen (3 - 40 %), letzteres kann bei Eutererkrankung bis auf 90 % ansteigen. Ursachen der über 90 % aller Zellgehaltanstiege sind Mastitiserreger und deren Toxine [RIEMELT et al., 2003]. Die Zellzahl setzt sich aus der Summe somatischer Zellen pro ml Milch zusammen. Der Richtwert für die „gesunde“ Milch sollte <100.000 Zellen/ml Milch sein [FOISSY, 2005].

2.2.2 Gesamtkeimzahl

Als Indikator für die Hygiene wird die Keimzahl herangezogen. Die Milch in der Milchdrüse ist keimfrei. Im Strichkanal befinden sich vorwiegend Mikrokokken, Staphylokokken, Lactokokken, Streptokokken und Corynebakterien. Diese Mikroorganismen werden mit den ersten Milchstrahlen als „Vormelken“ ausgeschwemmt und verworfen, um die Keimzahl gering zu halten [FOISSY, 2005; RIEMELT et al., 2003]. Die Keimzahl ist die Summe der oben genannten Mikroorganismen, welche nach der Bebrütung auf kollektiven Nährmedien Kolonien entstehen (KbE). Der Richtwert für frisch gemolkene Milch liegt bei rund 500 Keimen pro ml Milch [FOISSY, 2005].

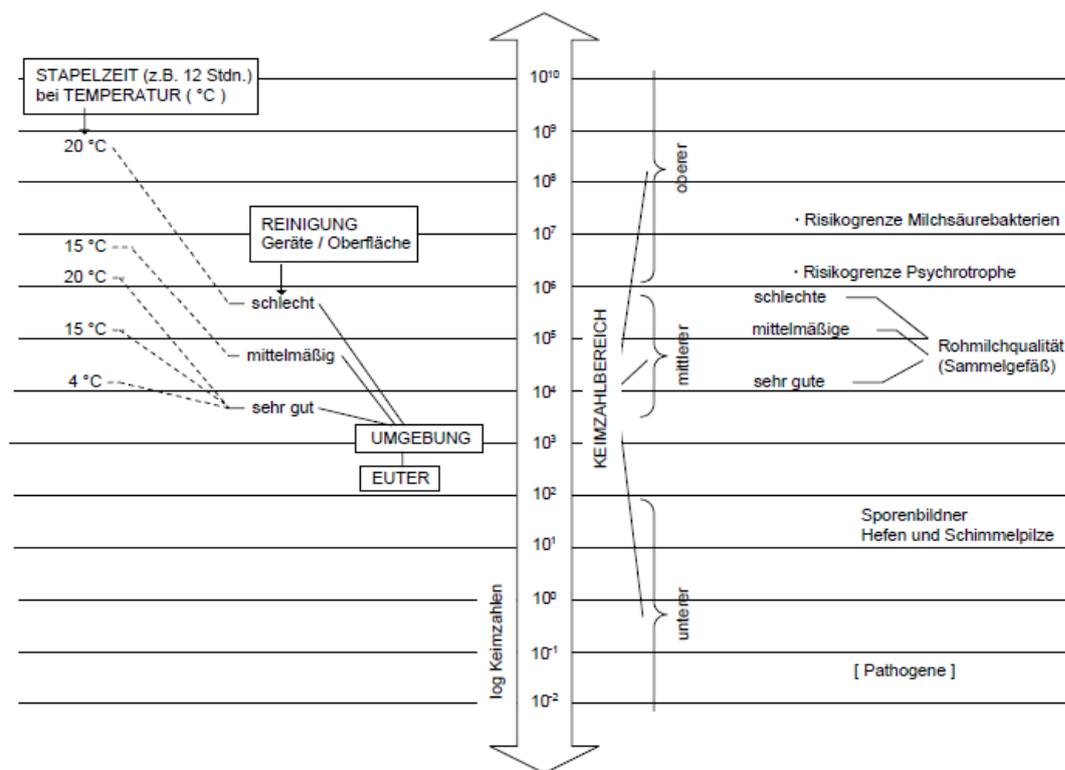


Abbildung 2.4 Keimzahlbereich bei Rohmilch
Quelle: [FOISSY, 2005]

Eine weitere Erhöhung der Keimzahl kann während der Lagerung und beim Transport durch ungenügend gereinigte Gerätschaften (Oberflächenflora) sowie durch Kontaminationen aus der Umgebung (Fäkalkeime, Luftflora) erfolgen [FOISSY, 2005].

3 HERSTELLUNGSVERFAHREN

Die reichhaltige Zusammensetzung der Milch ist ein idealer Nährboden für erwünschte und unerwünschte Mikroorganismen und deren Enzymen [WEBER, 2006]. Ziel der Wärmebehandlung, häufig wird auch das Fachwort „Erhitzen“ hierfür genannt, liegt darin, die unerwünschten Mikroorganismen, die beim Menschen als Krankheitserreger fungieren können und die zu einem schnellen Verderb der Milch führen, abzutöten. Dazu wird die Milch für eine bestimmte Zeit auf eine bestimmte Temperatur gehalten werden, die sogenannte Temperatur/Zeit-Kombination, um einen Abtötungseffekt zu erzielen [SPREER, 2005]. Für die Herstellung von Trinkmilch gibt es eine breite Auswahl von Erhitzungsmethoden, die sich vor allem in ihrem Geschmack und in ihrer Haltbarkeit unterscheiden.

3.1 Rohmilch

Unter Rohmilch wird jene Milch verstanden, die unmittelbar nach dem Melken gekühlt und unbearbeitet in die Molkerei geliefert wird. Sie erfährt keine Homogenisierung und thermische Behandlung und muss als Trinkmilch bei Ab-Hof-Verkauf bzw. auf Bauernmärkte, aufgrund des nicht auszuschließenden hygienischen Risikos als „Rohmilch vor Verzehr abkochen“ deklariert und noch am selben Tag nach dem Melken verkauft werden [SPREER, 2005]. Risikogruppen, wie Kleinkinder, Schwangere, Immungeschwächte, etc. sollten zur Risikominimierung auf den Genuss von Rohmilch verzichten und auf pasteurisierte bzw. H-Milch ausweichen.

Allgemein kann gesagt werden, dass eine erstklassige Rohmilchqualität die ideale Ausgangsbasis für die Weiterverarbeitung der Milch zu diversen Trinkmilchsorten darstellt.

3.2 Pasteurisierte Milch

Bei der Bezeichnung „Frischmilch“ handelt es sich um eine pasteurisierte Milch, die homogenisiert und anschließend wärmebehandelt wird. Ziel des Homogenisierens ist das Zerkleinern der Fettkügelchen um eine Stabilisation der Milchemulsion zu erreichen um so das Aufrahmen der Milch zu verhindern [BELITZ et al., 2008].

Die Wärmebehandlung dient der Ausschaltung pathogener Keime und ist somit in erster Linie eine hygienische Maßnahme. Weiters kommt es bei der thermischen Behandlung zur Reduktion bzw. Schwächung der Gesamtkeimzahl und Inaktivierung einiger Enzyme, die in Folge zu einer Erhöhung der Haltbarkeit bei Kühlung führen [FOISSY, 2005; SPREER, 2005].

Für die Pasteurisation können verschiedene Verfahren angewendet werden:

Bezeichnung	Temperatur in °C	Einwirk- zeit	Keim- abtötung	Enzyminaktivierung	
				<i>Phosphatase</i>	<i>Peroxidase</i>
Dauererhitzung	62-65	30 min	~ 95 %	-	+
Kurzzeiterhitzung	72-75	15-30 s	99,5 %	-	+
Hocherhitzung	≥ 85-127	8-15 s	99,9 %	-	-

Tabelle 3.1 Pasteurisierungsformen und –effekt
Quelle: [SPREER, 2005]

Bei der Pasteurisierung durch Dauer- und Kurzzeiterhitzung kommt es zum Abtöten pathogener Keime, jedoch nicht deren Sporen, die hitzeresistent sind [SPREER, 2005].

Die Frischmilch muss einen negativen Phosphatase- und einen positiven Peroxidasetest aufweisen. Bei einem negativen Peroxidase nachweis handelt es sich nicht mehr um eine Frischmilch, sondern muss demnach als „hocherhitzte pasteurisierte Milch“ deklariert werden [RYSSTAD und KOLSTAD, 2006]. Nach der Pasteurisation wird die Milch rasch gekühlt und bleibt im ungeöffneten

Zustand fünf bis sechs Tage bei einer Temperatur von $\leq 8^{\circ}\text{C}$ haltbar [SPREER, 2005].

3.3 Hochpasteurisierte Milch – ESL-Milch

Die hochpasteurisierte Milch, wird auch als hocheerhitzte bzw. Extended Shelf Life-Milch (ESL-Milch) bezeichnet und stellt einen Kompromiss zwischen pasteurisierter Frischmilch und Ultra-Hoch-Temperatur-Milch (UHT-Milch) dar. Durch eine sehr kurze Hocheerhitzungszeit bleibt der Frischmilchgeschmack erhalten (Natürlichkeit) [SPREER, 2005]. Jedoch durch die Kombination verschiedener Erhitzungs- und Abfüllverfahren, die zwischen der üblichen Pasteurisation und der Ultrahocheerhitzung liegen, wird die längere Haltbarkeit (Convenience²) erreicht [FOISSY, 2005].

Nicht nur der Herstellungsprozess ist ausschlaggebend für die Qualität der ESL-Milch. Hierbei spielt die Summe einer Reihe von Maßnahmen, wie erstklassige Rohmilchqualität, Inaktivierung hitzeempfindliche Sporen, Entlüftung, Abfülltechnik und Verpackung, eine ganz wichtige Rolle, um eine Haltbarkeit von bis zu 21 Tagen zu erreichen. Die ESL-Milch muss wie eine Frischmilch gekühlt bei max. 8°C gelagert werden [DYCK et al., 2004].

Über die Herstellung der ESL-Milch und ihre Verfahrensweise werden im Kap. 4 (Seite 14) genauer eingegangen.

3.4 Ultrahocheerhitze Milch

Die H-Milch ist die handelsübliche Bezeichnung für Ultra-Hoch-Temperatur-Milch (UHT)-Milch. Hierbei wird die Milch für einige Sekunden auf mind. 135°C ultrahocheerhitzt, wodurch sie leicht einen Kochgeschmack annehmen kann [RYSSTAD und KOLSTAD, 2006; SPREER, 2005]. Ziel der UHT-Milch ist die

² Convenience bedeutet: Bequemlichkeit, Komfort, Vorteil

Eliminierung der gesamten Keimflora, inklusive Sporen. Die Milch wird somit keimfrei gemacht [FOISSY, 2005]. Die H-Milch ist ungekühlt und verschlossen bis zu sechs Monaten haltbar. Wird die Packung geöffnet, ist sie genauso wie eine Frischmilch zu behandeln. Sie muss im Kühlschrank aufbewahrt und innerhalb von zwei bis drei Tagen konsumiert werden [SPREER, 2005].

Die Erhitzung der UHT-Milch kann in indirekte und direkte Verfahren unterschieden werden. Bei der indirekten Erhitzung kommen Platten- bzw. Röhrenwärmetauscher zur Anwendung. Es ist auch eine Kombination beider Wärmetauscher möglich. Bei den Direktsystemen unterscheidet man in Dampf-injektionssysteme, hierbei wird der Dampf direkt in die Milch injiziert, und in Dampfinfusionssysteme (Milch-in-Dampf-Infusion). Produktschonender ist die Form der direkten Erhitzung, jedoch energetisch günstiger ist die indirekte Erhitzung. Nach der Erhitzung erfolgt die Abkühlung auf 20°C mit anschließender aseptischer Abpackung [FOISSY, 2005].

Eine neue zukunftsweisende Technologie ist das OSA-Verfahren (One-Step-Ahead). Ziel dieses Verfahrens ist die Reduktion der Verweilzeit und der Verfahrensschritte in der Molkerei. Das bedeutet, dass alle Verfahrensschritte in einer Anlage integriert sind. Somit entfällt die klassische Milchbehandlung im Betriebsraum und damit verbundenen Betriebsraumkosten. Diese neue Produktlösung bietet eine Kostenreduzierung von rund 60 % [DYCK et al., 2004].

3.5 Sterilisierte Milch

Bei der sterilisierten Milch handelt es sich um ein Dauermilcherzeugnis, die im ungeöffneten Zustand bis zu einem Jahr haltbar ist. Die Milch wird in der bereits verschlossenen Packung auf eine Temperatur von $\geq 121^{\circ}\text{C}$ für mindestens drei Minuten erhitzt. Bei der Sterilisation erfolgt nicht nur ein Abtöten der vermehrungsfähigen Keime, sondern aller hitzeresistenten Mikroorganismen und Sporenbildner [SPREER, 2005]. Eine Sterilisierungstemperatur von über 125°C sollte vermieden werden, da in diesem Bereich der Inhaltstoff der Milch

stärker verändert wird. Folge sind geschmackliche Veränderungen und leichte Verfärbungen, aufgrund der Eiweißveränderung (Maillard-Reaktion) [STRAHM und EBERHARD, 2010].

4 HERSTELLUNG VON ESL-MILCH

Die ESL-Milch (oder Extended Shelf Life), besser bekannt unter der Bezeichnung „länger haltbare Frischmilch“, hat den Geschmack und die Natürlichkeit einer pasteurisierten Milch und den Convenience-Vorteil einer H-Milch durch ihre längere Haltbarkeitsdauer von bis zu drei Wochen. Für die Haltbarkeit ist nicht nur eine gute Rohmilchqualität unentbehrlich, sondern die Summe einer Reihe von verschiedenen Techniken und Verfahren notwendig [DYCK et al., 2004].



Abbildung 4.1

Säulendiagramm zur Haltbarkeit von ESL-Milch
Quelle: [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]

4.1 Allgemeine Faktoren

Im nachstehenden Kapitel werden einige Faktoren näher erläutert, die dazu beitragen, die Haltbarkeitsdauer der ESL-Milch von bis zu 21 Tagen zu gewährleisten.

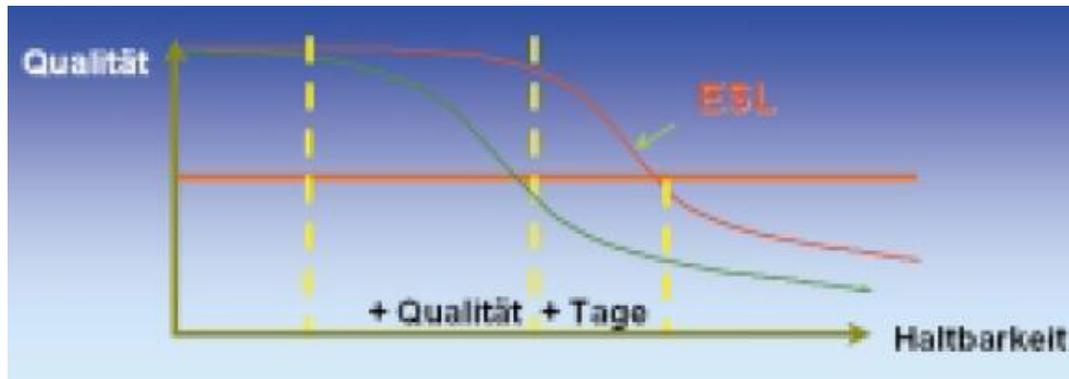


Abbildung 4.2 Verlängerung des Frischecharakters der Milch durch ESL
Quelle: [DYCK et al., 1999]

4.1.1 Rohmilchqualität

Grundvoraussetzung ist in erster Linie eine gute Rohmilchqualität der Güteklasse 1, um eine möglichst geringe Ausgangskeimzahl zu erhalten. Um dies zu erreichen, ist eine richtige Melktechnik, eine ordnungsgemäße Pflege der Melkgeräte und eine rasche Kühlung ($< 4^{\circ}\text{C}$) Voraussetzung. Die Güteklasse setzt sich zusammen aus Fettgehalt, Eiweißgehalt, bakteriologische Beschaffenheit, Gehalt an somatischen Zellen und Gefrierpunkt. Eine Überschreitung des Keimgehaltes von 10^5 KbE/ml Milch sollte vermieden werden [ELLNER, 2002; SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]. Liegt der Anteil der psychrotrophen (kältetoleranten), gramnegativen Keime (z.B. Pseudomonaden) in der Rohmilchflora bereits bei $\geq 10^5$ KbE/ml, werden bereits so viele Proteasen und Lipasen (thermoreistente Enzyme) gebildet, dass bei längerer Lagerung sensorische Veränderungen zu erkennen sind [ELLNER, 2002].

4.1.2 Prozesstechnik

Um ein weiteres Wachstum von Keimen bzw. Anreicherung in der Milch zu vermeiden, gibt es verschiedene Anlagenausführungen. Diese werden in der nachstehenden Tabelle in Kategorien Standard, Clean, Ultra Clean und Aseptik eingeteilt [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

Kategorie	Ventiltechnik	Tanklagerausführung	Abfülltechnik	Mögliche Haltbarkeiten bei $\leq 8\text{ }^{\circ}\text{C}$
Standard	Standardventiltechnik	ohne Luftüberlagerung	Standard-Anlage	10 Tage
Clean	Standardventiltechnik	drucklose Tanks mit Sterilluftüberlagerung	geschlossene Anlage, Sterilluft über dem Füllorgan	14 Tage
Ultra-Clean	Spezielle Sitzventile oder Doppelsitzventile	drucklose Tanks mit Sterilluftüberlagerung	geschlossene Anlage, Sterilluft über dem Füllorgan und Verpackungsmitteldekontamination	> 21 Tage
Aseptik	Sterilventile	drucküberlagerte Steriltanks	Aseptik-Anlage	bis 30 Tage

Abbildung 4.3 Prozessstandards
Quelle: [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]

Neben der Kategorie werden die Ventiltechnik, die Tanklagerausführungen, die Abfülltechnik, sowie die mögliche Dauer der Haltbarkeit genauer angeführt. Mit den Ausführungen Standard und Clean ist eine Haltbarkeitsdauer der Frischmilch von 10 bis 12 Tagen gegeben. Für die Herstellung der ESL-Milch werden Ultra-Clean und Aseptik angewendet. Der Einsatz von speziellen Sitzventilen oder Doppelsitzventilen führt im Ultra-Clean-Bereich zu einer Haltbarkeitsdauer von bis zu 21 Tage, mit den Sterilventilen im aseptischen Prozessen kann sogar eine Haltbarkeitsdauer bis zu ca. 30 Tagen erreicht werden [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

4.1.3 Verpackungstechnik

Die Qualität der Abfülltechnik und der Verpackung im gesamten Produktionsprozess hat einen entscheidenden Einfluss auf die Vermeidung von Rekontamination im Endprodukt [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

4.1.3.1 Abfüllung

Das Ergebnis einer „Nordic study“ [ENEROTH, 1999] zeigte, dass der Hauptgrund für Rekontaminationen in skandinavischen Milchprodukten die Abfüllanlage war. Ein ganz geringer Anteil an Bakterien in der abgepackten und gekühlten Milch kann zum Bakterienwachstum und somit zu einem vorzeitigen Verderb führen. Ausschlaggebend für die Rekontamination sind offene Abflüsse und Feuchtigkeitsansammlungen rund um und in der Anlage, sowie die Abfülldüsen selbst. Auch Ecken, Spalten, Löcher, Risse und Fugen führen aufgrund der Verringerung der Milchströmungsgeschwindigkeit zu Verunreinigungen. Die Anforderungen an einer einwandfreien hygienischen Abfüllanlage in der Milchwirtschaft sind stark gestiegen und müssen seitens der Produzenten gewährleistet werden [RYSSTAD und KOLSTAD, 2006].

Als Grundanforderungen zur Herstellung von ESL-Milch haben sich die Sterilluftüberlagerung der Füllorgane oder die Aseptik-Abfüllmaschine auf dem Markt bewährt. Vor dem Abfüllen muss die Milch auf 2°C bis 5°C gekühlt werden [STRAHM und EBERHARD, 2009].

4.1.3.2 Verpackung

Die Verpackung muss aus einem einwandfreien und dekontaminierten Material bestehen. Beschädigungen am Verpackungsmaterial tragen zu einer wesentlichen Haltbarkeitsverkürzung des Milchproduktes bei [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

Durch spezielle Tests wird die geeignete Verpackung auf ihre Tauglichkeit überprüft. Im Zuge der Risikoanalysen werden auch Lagertests, welche sensorische Untersuchungen, chemische und mikrobiologische Analysen umfassen, durchgeführt [WESTERMAIR et al., 2010].

Die Entkeimung des Verpackungsmaterials erfolgt mittels Wasserstoffperoxid und Heißluft. Chemiefreie Sterilisationsmethoden wie Hemmung mit gepulstem Licht, Hemmung mit Plasma und Hemmung mit einem Excimer-Laser werden derzeit noch getestet. Aufgrund der längeren Haltbarkeit und feuchten Kühlräumen sind die Anforderungen an der Verpackungsstabilität gestiegen [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008; RYSSTAD und KOLSTAD, 2006].

4.1.4 Einhaltung der Kühlkette

Die Einhaltung der Kühlkette während der Lagerung und des Transportes ist zur besseren und längeren Haltbarkeit unverzichtbar [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]. Nicht nur die Temperatur alleine ist hier ausschlaggebend, sondern die Einhaltung einer Reihe von Anforderungen, die in den nachstehenden Punkten genauer erläutert werden, ist notwendig, um das gewünschte Ergebnis einer einwandfreien ESL-Milch zu erreichen.

4.1.4.1 Lagertemperatur

Für die ESL-Milch ist eine Lagertemperatur von $< 8^{\circ}\text{C}$ einzuhalten. Diese Temperatur darf während der Lagerung und des Transportes bis zum Verzehrdatum nicht übersteigen [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

Die Kühlung ist ein wesentlicher Faktor für die Haltbarkeit der ESL-Milch und sollte nicht unterbrochen werden. Bei höheren Temperaturen kommt es zum schnelleren Verderb, und die ESL-Milch entspricht nicht mehr den vorgegebenen Kriterien [GALLMANN et al., 2001]. Erfahrungswerte von pasteurisierter Milch zeigen, dass eine Lagertemperaturanhebung um 2°C zu einer Haltbarkeitsverminderung von 50 % führt [RYSSTAD und KOLSTAD, 2006]. Eine Studie von RYSSTAD und KOLSTAD zeigt den

typischen Verlauf einer Kühlkette vom Großhandel bis zum Supermarkt. Die Studie wurde in einem Supermarkt in Bologna durchgeführt. Hierbei wurde ein Temperatursensor direkt nach der Abfüllung in die Verpackung eingeschlossen. Der Sensor misst die Temperatur permanent alle 15 Minuten, während der gesamten Kühlkette, und zeigte eventuelle Temperaturschwankungen auf. Ergebnis: die Temperatur stieg beim Verlassen des Kühlraumes und während des Transportes zum Supermarkt an. Durch die ständig offenen Kühlvitrinen, während der Geschäftszeit, stieg die Temperatur auf über 10°C. Die Durchschnittstemperatur betrug 8°C [RYSSTAD und KOLSTAD, 2006].

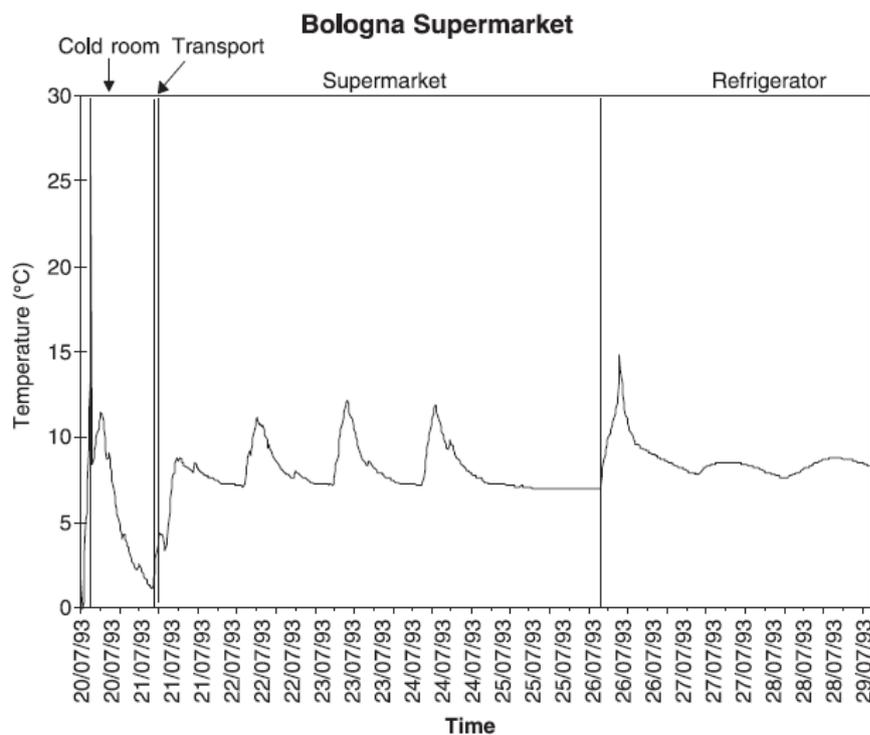


Abbildung 4.4 Temperaturprofil der Milch einer Supermarktkühlkette
Quelle: [RYSSTAD und KOLSTAD, 2006]

Aufgrund der stark schwankenden Temperaturunterschiede und der schwer durchführbaren ununterbrochenen Kühlkette wird einerseits an einer Technologie geforscht, die es ermöglicht, ESL-Milch bei Raumtemperatur zu lagern, andererseits werden jedoch Frischprodukte, vorwiegend

Frischmilchprodukte im Handel nur in Verbindung mit einer Kühlkette akzeptiert werden [GALLMANN et al., 2001].

4.1.4.2 Licht

Sonnenlicht und künstliches Licht haben einen negativen Effekt auf die Milchqualität. Sie zerstören lichtempfindliche Vitamine, wie B-Vitamine und A-Vitamine, und oxidieren die Aminosäure Methionin zu Methional. Letzteres führt zu Geschmacksveränderungen [RYSSTAD und KOLSTAD, 2006].

4.1.4.3 Sauerstoff

Im Gegensatz zu pasteurisierter Milch, die aufgrund der kurzen Haltbarkeitsdauer ohne Sauerstoffschutz auskommt, liegt die ESL-Milch durch ihre lange Haltbarkeit in einem Bereich, wo dem Sauerstoff sehr wohl Beachtung geschenkt werden muss. Anhand der Oxidation von Folsäure kann gezeigt werden, dass bei pasteurisierter Milch am Ende der Verbraucherfrist noch ca. 50 % der ursprünglichen Folsäure vorhanden ist, hingegen die ESL-Milch keine oder nur wenig Folsäure aufweisen kann [GALLMANN et al., 2001].

4.1.5 Produktkriterien

Neben den Produkthanforderungen in der Haltbarkeit der ESL-Milch werden als weitere Produktkriterien die sensorische Prüfung sowie der Gehalt von Lactulose und β -Lactoglobulin als Qualitätsparameter herangezogen. Die Lactulose ist ein chemischer Hitzeindikator und entsteht während der Wärmebehandlung aus Lactose. Daher ist sie in unbehandelter Milch, sprich Rohmilch, nicht nachweisbar. Bei β -Lactoglobulin wird der Restgehalt nach der Erhitzung als Qualitätsindikator angeführt [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

Hitzeindikatoren	unbehandelte Milch	behandelte Milch
Laculose	---	10 mg/kg
β -Lactoglobulin	3.500 mg/l	>3.100 mg/l

Tabelle 4.1 chemische Hitzeindikatoren in unbehandelte und behandelte Milch
Quelle: [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]

4.2 Keimreduktionsverfahren

Bei der Keimreduktion werden die noch vorhandenen Keime abgetötet und somit eine Verlängerung der Haltbarkeit erreicht. Wobei je nach Verfahren ein gewisses Restrisiko für eine Rekontamination durch nicht abgetötete, hitzeresistente Mikroorganismen bestehen bleibt.

Verfahrenstechnologie: Reduktion der Sporen, Denaturierung von Milcheiweiß und ungefähre Haltbarkeitsdauer bei 6°C bzw. 8°C:

Process	Log. Reduction Aerobic Psycrotropic spores	Expected Shelf-life Max 6°C Storage	Expected Shelf-life Max 10°C storage	β -LG (mg/L)
Pasteurisation	0	10–12 days	3–4 days	4225
Centrifugation	1	14 days	4–5 days	>4000
Microfiltration	2–3	30 days	6–7 days	>3500
Pure-Lac ESL past.	8	Over 45 days	Up to 45 days (**)	>3000
Infusion UHT	8 (*)	180 days	180 days at 25°C (**)	>1400
High Heat Process	40	180 days		>250

* Thermophilic Spores
** Depending on filling solution

Abbildung 4.5 Übersicht verschiedener Verfahrensprozesse
Quelle: [RYSSTAD und KOLSTAD, 2006]

Eine Haltbarkeit von drei bis sechs Wochen ist unter suboptimalen Bedingungen, d.h. Kühlung über 7°C, nur mit der Hochtemperatur-Pasteurisation, jedoch nicht mit der Mikrofiltration oder Bactofugation möglich. Die Sporenreduktion mittels Bactofugation beträgt nur das 10 bis 100-fache und mit der Mikrofiltration das 1000-fache. Hingegen liegt die Eliminierung der Sporen mittels Hochehritzungsverfahren bei über 10^8 . Um eine hohe Abtötungsrate und guten sensorischen Geschmack zu erzielen, ist es daher wichtig, das richtige Temperatur/Zeit-Verhältnis zu finden [RYSSTAD und KOLSTAD, 2006].

Für die Herstellung von ESL-Milch sind verschiedene Verfahrensarten möglich. Grob unterteilt werden sie zunächst in thermische und mechanische Verfahren.

4.2.1 Thermische Verfahren

4.2.1.1 Direkte Erhitzung

Bei den direkten thermischen Verfahren zur Herstellung von ESL-Milch gibt es zwei Prozessverfahrensvarianten:

- die ESL-Direkterhitzungsanlage und
- die ESL-Inline-Direkterhitzungsanlage.



Abbildung 4.6 Direkte Erhitzungsanlage
Darstellung Röhrenmodule und Flashkühler
Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)

Bei beiden Prozessvarianten der direkten Erhitzung kann der Dampf sowohl über Injektion als auch über eine Infusion ablaufen. Hierbei kommt die Rohmilch in direktem Kontakt mit dem Heizmedium Wasserdampf. Der Wasserdampf muss nach der Erhitzung mittels Vakuum wieder entfernt werden, da ansonsten das Endprodukt aus einer verdünnten Milch besteht.

Bei der Injektion (Dampf-in-Milch-Injektion) wird die Rohmilch durch den Injektor transportiert. Bei der Erhitzung wird der Dampf mit einem sehr hohen Druck in die Milch injiziert. Anschließend wird der Dampf unter Vakuum entfernt und die Milch in einem Flashkühler abgekühlt.

Die Erhitzung kann auch mittels einem Infusor (Milch-in-Dampf-Infusion) erfolgen. Der Dampf wird hier mit der Rohmilch in einem Druckbehälter vermischt, wobei darauf geachtet werden muss, dass die Milch die Innenwand des Behälters nicht berührt, da dies zu Ablagerungen führt. Die Abkühlung und Entfernung des Wasserdampfes erfolgt wie bei der Injektion [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

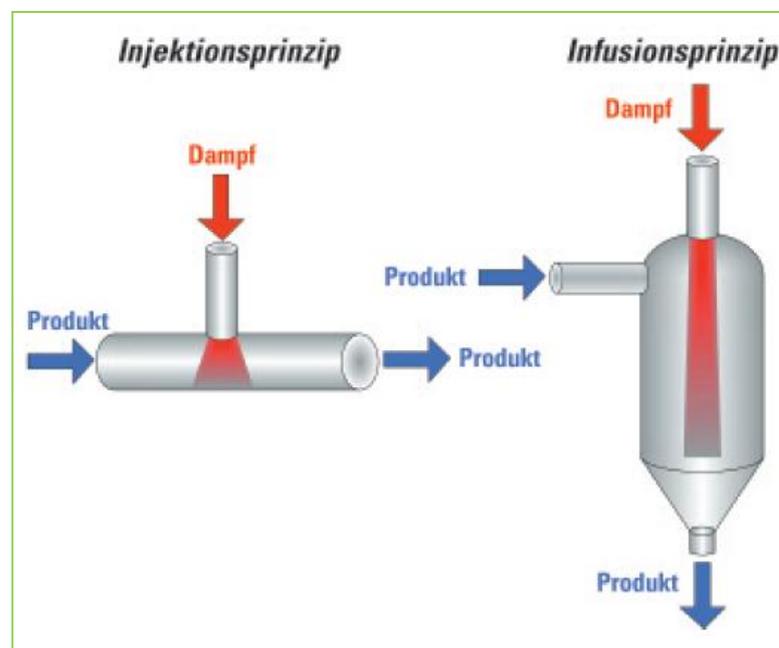


Abbildung 4.7 Schematische Darstellung des Injektions- und Infusionsprinzips
Quelle: [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]

Für die Entscheidung, welche Variante herangezogen werden soll, müssen fünf kritische Punkte beachtet werden:

Kritische Faktoren	Auswirkungen
ΔT während Erhitzung	teilweise Überhitzung des Produktes
definierte Erhitzungszeit	zu kurzes bzw. zu langes Erhitzen
definierte Haltezeit	Genauigkeit der Haltezeit
Produktkontakt mit Innenwand des Behälters	Produktverschmutzung/reduzierte Laufzeit
Druckverlust im Heißhalterohr	Einfluss auf den Dampfdruck ΔT

Tabelle 4.2 Kritische Punkte beim Infusions- bzw. Injektionsverfahren und deren Auswirkungen
Quelle: [RYSSTAD und KOLSTAD, 2006]

Der Vorteil der Infusion im Vergleich zur Injektion ist der, dass bei der Infusion der Temperaturunterschied zwischen dem Erhitzungsmedium und der Milch deutlich geringer ist und daher die Behandlung schonender abläuft. Die komplizierte Verfahrenstechnik und somit auch höheren Investitionskosten bilden auch wiederum die Nachteile der Infusionsmethode [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

In der nachstehenden Abbildung wird der Unterschied zwischen der ESL-Direkterhitzung und der ESL-Inline-Direkterhitzung dargestellt:

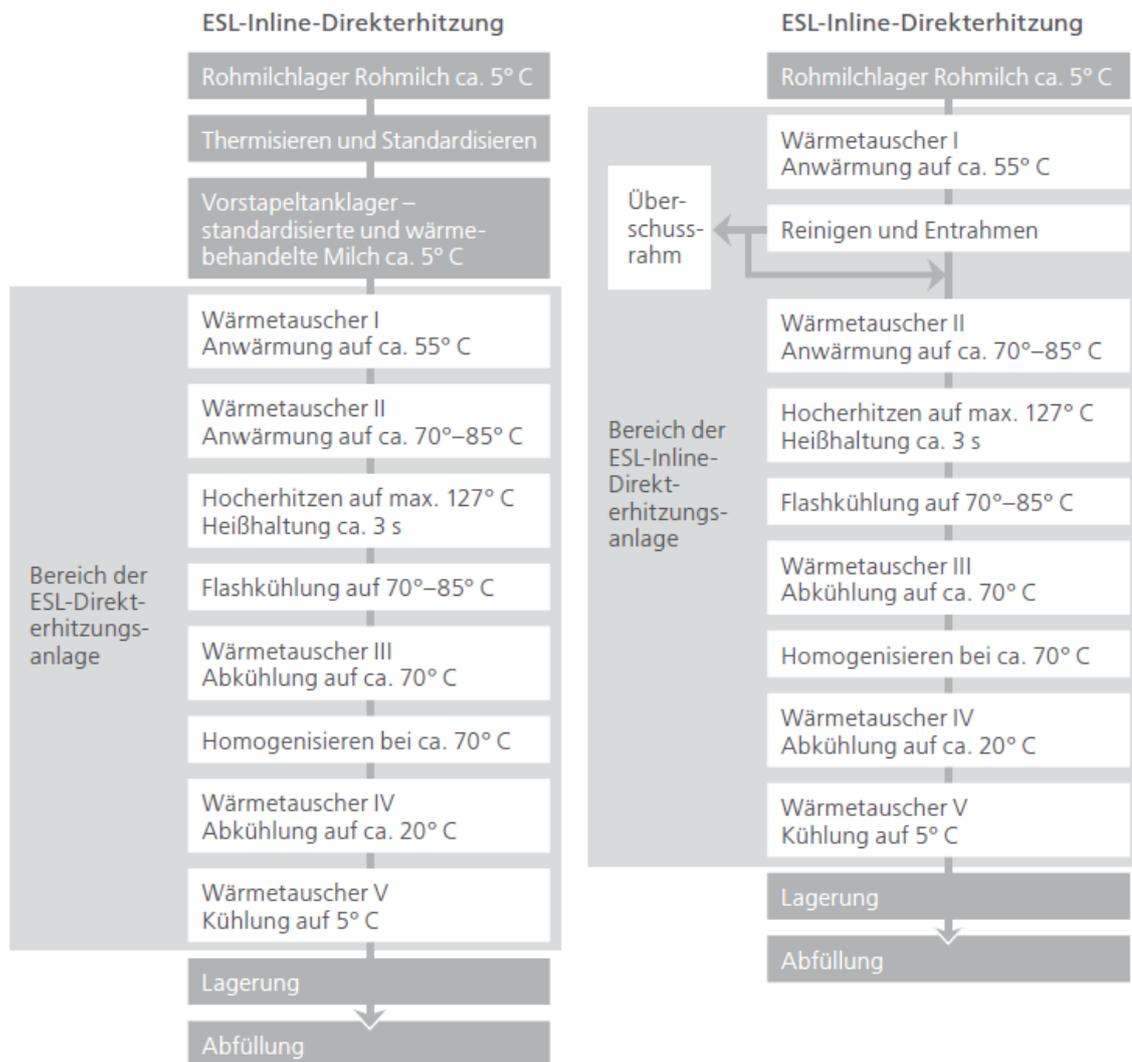


Abbildung 4.8 Blockdiagramm für Prozessvarianten zur Direkterhitzung
Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)

4.2.1.1.1 ESL-Direkterhitzungsanlage

Bevor die Milch in die ESL-Direkterhitzungsanlage gelangt, wird die Rohmilch im Thermiseur standardisiert, erhitzt und in einem Vorstapeltanklager zur weiteren Ausführung bereitgestellt [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]. Ziel der Thermisierung ist das Abtöten thermolabiler Mikroorganismen [STRAHM und EBERHARD, 2010].

In der eigentlichen ESL-Direkterhitzungsanlage wird die Rohmilch zuerst auf 70°C bis 85°C angewärmt, danach mittels direkten Dampfes für drei Sekunden auf maximal 127°C erhitzt und anschließend im Flashkühler wieder auf 70°C bis 85°C abgekühlt. Nach der aseptischen Homogenisierung im Temperaturbereich von 70°C, erfolgt die Abkühlung auf ca. $\leq 5^\circ\text{C}$ mittels regenerativen und indirekten Wärmeaustauschern [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]. In Steriltanklagern bzw. in einem speziell für die ESL-Milch high-hygienic Milchtanklager wird die Milch bis zur Abfüllung bereitgestellt [HENKE, 2009].

4.2.1.1.2 ESL-Inline-Direkterhitzungsanlage

Bei diesem Verfahren entfällt die Thermisierung und Standardisierung der Rohmilch. Die Rohmilch wird direkt der ESL-Inline-Direkterhitzungsanlage zugeführt und auf eine Temperatur von 55°C angewärmt, gereinigt und entrahmt [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]. „Das Entrahmen ist ein mechanisches Trennen des Rahmes und der Magermilch durch Zentrifugalkräfte“ [STRAHM und EBERHARD, 2010]. Anschließend wird der Magermilch die fehlende Rahmmenge zur Fettgehaltsstandardisierung hinzugefügt [www.gea-tds.de, 15.07.2011]. Die Einstellung der Milch auf den gewünschten Fettgehalt in Prozent kann über zwei Methoden erfolgen:

- durch Vermengen der berechneten Voll- und Magermilchmengen in Tanks bzw. Behältern,
- mit Standardisierungseinrichtungen

[STRAHM und EBERHARD, 2010].

Nach der Fettgehaltstandardisierung erfolgt die Entgasung in der ESL-Inline-Direkterhitzungsanlage. Im Anschluss wird die Milch mittels Positivpumpe in einen Wärmetauscher zur weiteren Anwärmung auf 70°C bis 85°C befördert. Der weitere Ablauf ist identisch mit der ESL-Direkterhitzungslage [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

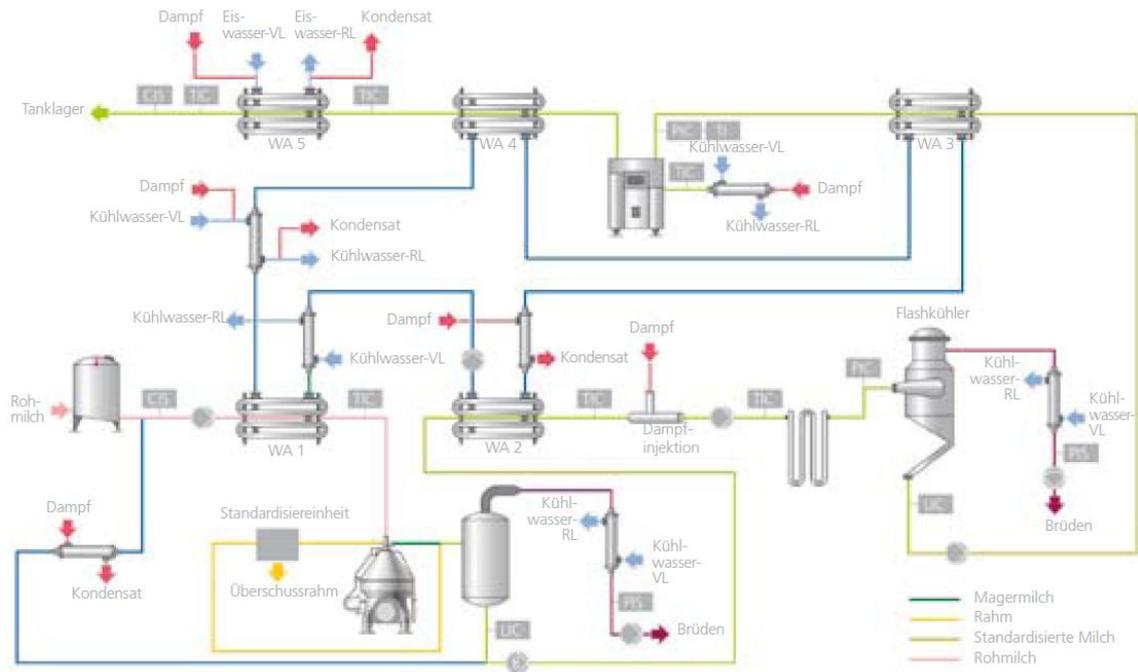


Abbildung 4.9 Schematischer Prozessverlauf einer ESL-Inline Direkterhitzungsanlage
Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)

Welche Prozessvariante gewählt wird, hängt meist vom wirtschaftlichen Aspekt ab. Besteht bereits eine Thermisierungsanlage mit einer Standardisierung wird die ESL-Inline-Direkterhitzungsanlage bevorzugt gewählt werden. Anlagentechnisch einfacher ist jedoch die ESL-Direkterhitzungsanlage, da sie keinen Separator und keine Standardisierungseinheit benötigt. Jedoch wird bei dieser Anlage die Milch zweifach erhitzt, was zu einem höheren Lactulose- und zu einem niederen β -Lactoglobulingehalt gegenüber der ESL-Inline-Anlage führt [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

4.2.1.2 Indirekte Erhitzung

Im Gegensatz zum direkten Verfahren kommt es hier zu keiner Vermischung von Milch und Wasserdampf, sondern als Heizmedium wird ein Plattenwärme- oder Rohrbündelwärmeaustauscher eingesetzt.

Die nachfolgende Grafik stellt den Unterschied zwischen der ESL-Indirekterhitzung und der ESL-Inline-Indirekterhitzung dar:

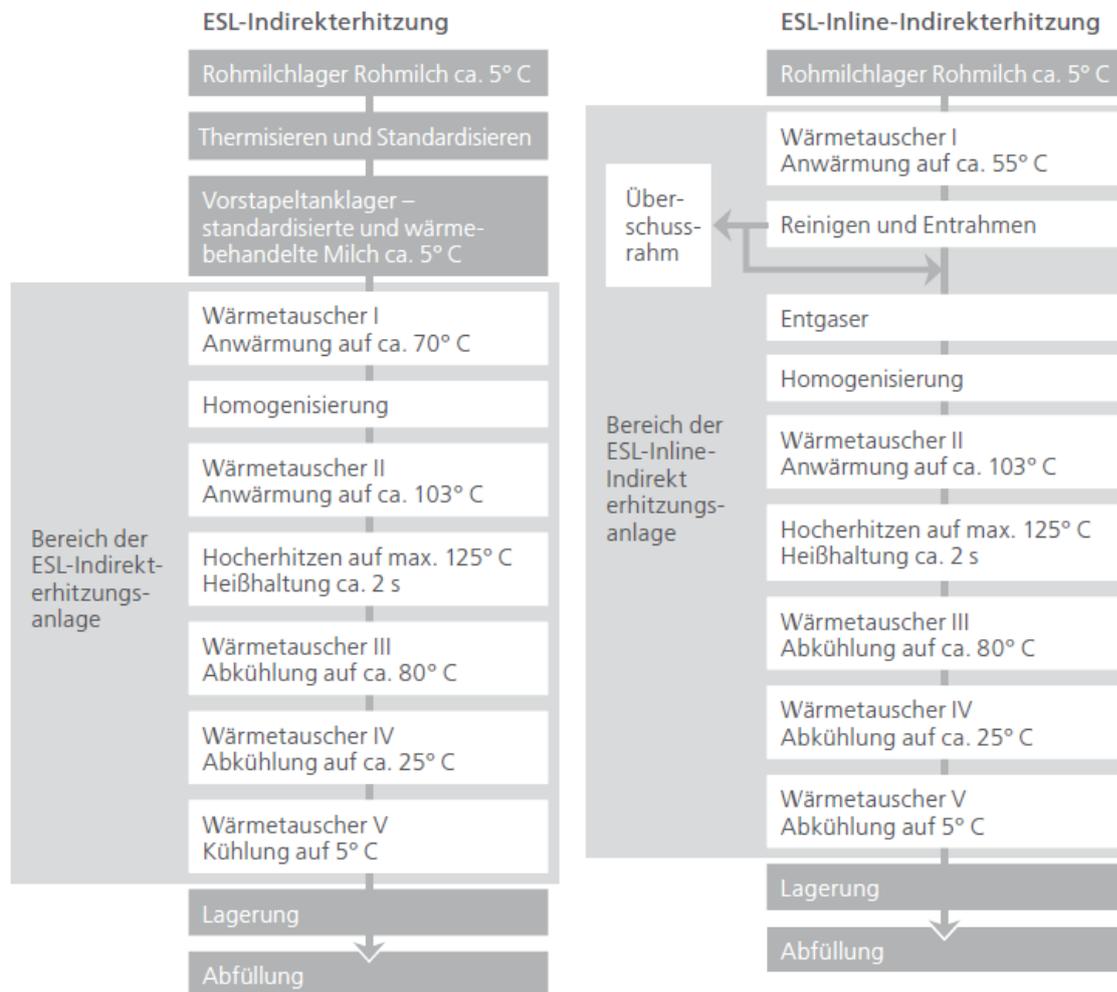


Abbildung 4.10 Blockdiagramm für Prozessvarianten zur Indirekterhitzung
Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)

4.2.1.2.1 ESL-Indirekterhitzungsanlage

Beim Indirekterhitzungsverfahren wird die Rohmilch, bevor sie in die ESL-Indirekterhitzungsanlage gelangt, in einem Thermiseur standardisiert, erhitzt und in einem Vorstapeltanklager gekühlt zur weiteren Bearbeitung bereitgestellt.

In der eigentlichen Anlage wird die Milch mittels Wärmetauscher auf 70°C erwärmt und homogenisiert. Danach auf ca. 103°C angewärmt und anschließend in der Erhitzungsanlage für ca. zwei Sekunden auf 125°C erhitzt. Nach der Erhitzung durchläuft die Milch zur Kühlung verschiedene Wärmeaustauscherabteilungen und wird abschließend bei ca. 5°C in einem Abfülltank zur Abfüllung zur Verfügung gestellt [www.gea-tds.de, 15.07.2011].



Abbildung 4.11 Indirekte Erhitzungsanlage
Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)

4.2.1.2.2 ESL-Inline-Indirekterhitzungsanlage

Wie beim Inline-Direkterhitzungsverfahren entfällt auch hier die Thermisierung und Standardisierung der Rohmilch. Die Rohmilch wird direkt der ESL-Inline-Indirekterhitzungsanlage zugeführt und in der ersten Röhrenabteilung auf Separationstemperatur von 55°C angewärmt, gereinigt und entrahmt. Nach der Fettgehaltstandardisierung wird die Milch im Pufferbehälter, der auch die Funktion eines Entgasungsgefäßes, d.h. Minimierung des Luftgehaltes in der

Milch, besitzt, entgast. Durch den niedrigeren Luftgehalt der Milch wird die Produktqualität optimiert, die Ansatzbildung in der Erhitzungsanlage reduziert und somit die Standardzeit erhöht. Danach erfolgt die Homogenisierung und Anwärmung mittels Wärmeaustauscher auf ca. 103°C. Der weitere Ablauf ist wiederum identisch mit der ESL-Indirekterhitzung [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

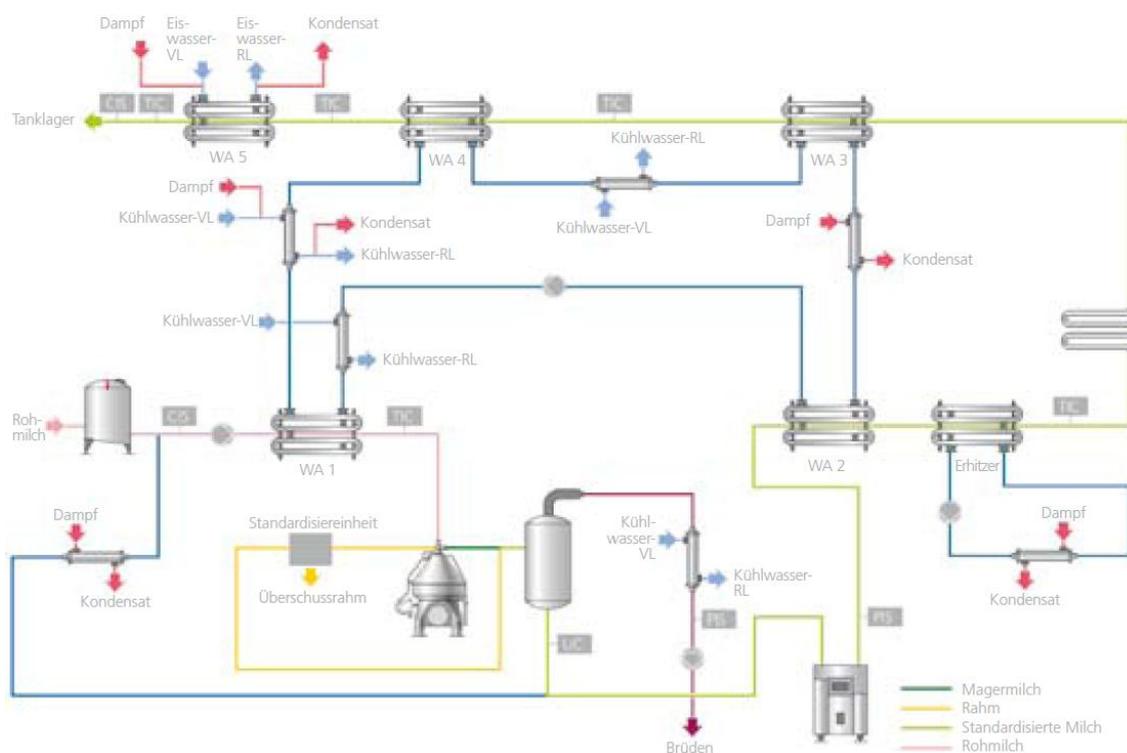


Abbildung 4.12 Schematischer Prozessverlauf einer ESL-Inline-Indirekterhitzungsanlage
Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)

Beim indirekten Verfahren besteht eine längere Aufheizzeit, dies führt zu einer stärkeren thermischen Belastung. Verfahrenstechnisch ist die indirekte Erhitzung wesentlich anspruchsloser als die direkte Erhitzung. Weitere Vorteile sind die niedrigen Investitions- und Betriebskosten, da die Wärmerückgewinnung deutlich höher ist als bei der direkten Erhitzung. Die

ESL-Inline-Indirekterheizungsanlage ist eine sehr gute Alternative zur ESL-Inline-Direkterheizung [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

4.2.1.3 Modifizierter Pasteur

Der modifizierte Pasteur wurde von der Firma GEA TDS und der Fachhochschule Hannover, Fachbereich Bioverfahrenstechnik, entwickelt und patentiert [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]. Bei diesem Verfahrenskonzept wird ein konventioneller bzw. schon bestehender Milchpasteur zusätzlich mit einem Röhrenmodul ausgestattet [www.gea-tds.de, 15.07.2011].



Abbildung 4.13 Modifizierter Pasteur
Quelle: www.gea.tds.de (15.07.2011)

Der modifizierte Pasteur funktioniert nach dem Prinzip der indirekten Erhitzung. Er ist mit Abstand das preisgünstigste Verfahren gegenüber einer neuen Indirekt-Erheizungsanlage und bei einer bestehenden Pasteurisierung durch Erweiterung um das Röhrenpaket sowie Entgasungsgefäß und Sterilwasserkreislauf anwendbar. Durch die speziell oberflächenbehandelte

Röhren wird eine Wärmerückgewinnung von bis zu 81 % erreicht [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

Die nachstehende Grafik zeigt den Ablauf eines modifizierten Pasteurs.



Abbildung 4.14 Blockdiagramm zum Prozessablauf des modifizierten Pasteurs
Quelle: www.gea.tds.de (15.07.2011)

Die Rohmilch wird mittels Plattenwärmeaustauschereinheit auf ca. 55°C erhitzt, danach gereinigt und entrahmt. Bei der Fettgehaltseinstellung wird der benötigte Rahm im Teilstrom homogenisiert und der Milch zugegeben. Weiters muss der Pasteur mit einem Entgasungsgefäß ausgestattet werden. Im Plattenwärmeaustauscher wird die Milch auf 74°C erwärmt, danach im Röhrenwärmeaustauscher auf eine Temperatur von 108°C angehoben und anschließend in der Erhitzerabteilung für ca. zwei Sekunden auf 125°C erhitzt. Die Milch wird im Röhrenwärmetauscher auf 74°C abgekühlt und die weitere Abkühlung auf ca. 5°C erfolgt über die Plattenwärmeaustauscherabteilungen [www.gea-tds.de, 15.07.2011].

4.2.1.4 Lebensprodukte-Verfahren

Bei diesem Verfahren, entwickelt von der Firma Lebensprodukte in Zusammenarbeit mit der Berufsschule für Landwirtschaft in Triesdorf, Fachrichtung Milchwirtschaft, erfährt die zur Herstellung von ESL-Milch verwendete Rohmilch keine starke thermische Beanspruchung. Es handelt sich hierbei um eine Kombination eines speziellen Entkeimungsverfahrens mit anschließender konventioneller Kurzzeiterhitzung. Die Kurzzeiterhitzung erfolgt bei 72°C bis 75°C, ist somit identisch und vergleichbar mit der Pasteurisation einer Frischmilch. Vorteile des neuentwickelten Verfahrens sind die geringen Anschaffungskosten, Einsparung der energieintensiven Prozessschritte wie das Entfallen der energie- und kostenintensiven Homogenisation, welches als „notwendiges Übel“ angesehen wird. Die erwünschte Größenverteilung der Fettkügelchen erfolgt im Zuge des Verfahrens ohne erwähnenswerte mechanische oder thermische Einflüsse [SCHILHABEL und SCHÖNLIEBEN, 2010].

4.2.1.5 Pulsed electric fields (PEF)

Ein ganz anderes Verfahren zur Haltbarmachung von ESL-Milch ist der Einsatz von gepulsten elektrischen Feldern. Ausgangsbasis ist hierbei eine bereits High-Temperature-Short-Time (HTST-) pasteurisierte Milch und nicht, wie bei

den zuvor genannten Verfahren, die Rohmilch. Bei dieser Methode erfolgt die Erhitzung der Milch auf 72°C für über 15 Sekunden. Die HTST-pasteurisierte Milch wird über einen Wärmetauscher auf 50°C angewärmt und anschließend erfährt die Milch in einer Kammer mit der zyklischen konzentrischen Elektrode fünf elektrischen Pulsen. Dabei handelt es sich um ein maximales elektrisches Feld von 35 kV/cm und eine Pulsdauer von 2,3 μ s FWHM (full width at half maximum). Das Ganze geschieht für 10 Sekunden bei einer Temperatur von max. 65°C.

Die PEF-Methode erfolgt entweder direkt nach der HTST-Pasteurisation oder erst mehrere Tage danach. Der Unterschied liegt an der Haltbarkeitsdauer. Bei der Weiterbehandlung der HTST-Milch mittels PEF-Methode am selben Tag, ist die Milch bis zu 60 Tage haltbar. Erfolgt die PEF-Behandlung erst 8 Tage nach der HTST-Pasteurisation, kann eine Haltbarkeitsdauer von 78 Tage erreicht werden. Bedingungen für die Haltbarkeitsdauer sind jedoch die Kühltemperatur von 4°C und die Sterilität.

Für lange Transportwege ist die Milch mittels PEF-Methode, aufgrund ihrer langen Haltbarkeitsdauer und eventuellen Weiterverarbeitung am Bestimmungsort, gegenüber kommerziellen pasteurisierten Milch sicher von Vorteil. Durch den langen Prozess fallen jedoch die Betriebskosten höher aus [SEPULVEDA et al., 2005].

4.2.1.6 Tetra Therm Aseptic-VTIS ESL-Verfahren

Diese Methode ermöglicht aufgrund der effizienten Sporenabtötung eine besonders hohe Produktqualität und größtmögliche Haltbarkeitsverlängerung.

Die Tetra Therm Aseptic-VTIS Anlage kann sowohl mit Dampf-injektion als auch mit Dampf-infusion betrieben werden. Auch bereits bestehende indirekte UHT- oder Pasteurisationsanlagen können mit einem DHM-Modul (Direct Heating Modul) ausgestattet werden.

Die direkte Erhitzung der thermisierten Milch erfolgt durch Dampf-injektion auf die maximale erlaubte Hoherhitzungstemperatur. Der Dampf wird über einen

Ringspaltinjektor in die Milch eingeblasen. Die Milch läuft über die Heizfläche und kühlt sie gleichzeitig ab, um Produktanbrennungen zu verhindern. Nach dem Heißhalterohr mit kurzer Heißhaltezeit wird die Milch im Entspannungskühler auf die Vorwärmtemperatur herunter gekühlt. Gleichzeitig wird die hinzugefügte Wassermenge wieder entzogen und es kommt zu keiner Verdünnung der Milch. Im Downstream wird die Milch homogenisiert und auf die Lagertemperatur abgekühlt.

Aufgrund der reduzierten Hitzebelastung und Entspannungskühlung wird der Frischecharakter der Milch bewahrt. Weitere Merkmale sind die Anlagenflexibilität sowie die Möglichkeit, eine Multipalette von dünn- bis dickflüssigen ESL-Produkten herzustellen [DYCK et al., 2004].

4.2.1.7 Pure-LacTM System

Dieses System wurde vor 10 Jahren von Elopak (Spikkestad, Norwegen) und APV (Silkeborg, Dänemark) entwickelt. Das Pure-Lac System ist identisch mit dem Verfahren zur Herstellung von UHT-Milch mittels Dampfinfusion. Wobei hier die hitzeresistenten, psychrotrophe und aerobe Sporen abgetötet werden sollen, ohne den Milchgeschmack zu verändern. Die Behandlungskonditionen sind:

- UHT-Erhitzung mittels Dampfinfusion bei 130°C bis 145°C für < 1 Sekunde, sowie
- Blitzabkühlung innerhalb von < 0,3 Sekunden.

Eine Haltbarkeitsdauer von ≥ 45 Tagen kann mit einer durchschnittlichen Kühltemperatur von 10°C erreicht werden [RYSSTAD und KOLSTAD, 2006].

4.2.2 Mechanische Verfahren

Bei der Filtration wird zwischen Mikrofiltration und Tiefenfiltration unterschieden.

4.2.2.1 Mikrofiltration

Beim Verfahren der Mikrofiltration, auch Membran-Sterilisation genannt, werden die Bakterien durch selektive Durchlaufmembranen entfernt. [LJALIN et al., 2010]. Es werden Keramikmembranen mit einer Porengröße von 0,8 μm bis 1,4 μm verwendet. Mit einer Porengröße von 1,4 μm kann eine Keimreduktion von etwa 3 - 3,5 Zehnerpotenzen erreicht werden, mittels einer Porengröße von 0,8 μm kann zusätzlich zwei bis drei Zehnerpotenzen in der Keimabtrennung erreicht werden [KIRSCHENMANN, 2006]. Mit der Mikrofiltration wird eine Eliminationsrate der Keime, Bakterien und Sporen von mehr als 99,5 % erreicht. Die restlichen Bakterien, die noch in die Milch gelangen können, werden im Anschluss durch thermische Nachbehandlung, sprich Pasteurisation bei 72°C bis 74°C für 15 bis 20 Sekunden, ausgeschaltet [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]. Die mikrobiologische Qualität war bei den Mikrofiltrationsversuchen nach einer Lagerung von vier Wochen bei unter 5°C mittels Membrane mit einer Trenngrenze von 1,4 μm immer noch eiwandfrei. Mittels Porengröße von 0,5 μm wurde zwar eine Veränderung der Proteinzusammensetzung festgestellt, jedoch konnte die Haltbarkeit auf mehr als 40 Tage erhöht werden [GALLMANN et al., 2001].



Abbildung 4.15: Mikrofiltrationsanlage
Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)

Die Ausgangsmilch wird bei der Membran-Sterilisation in zwei Fraktionen geteilt:

- in das Filtrat (Permeat), ist die sterilisierte keimfreie Magermilch, sowie
- das Konzentrat (Retentat), ist jener Milchanteil, der die Bakterien enthält

[LJALIN et al., 2010].

Die Unterteilung in Permeat und Retentat wird auch als „Cross-Flow“ Filtration bezeichnet. Das Retentat bzw. der Überschussrahm wird wärmebehandelt und zur Fettgehaltseinstellung wieder zugegeben [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

Abbildung 4.16 zeigt den Ablauf der Mikrofiltration. Die Rohmilch wird in der Wärmetauscherabteilung angewärmt und danach im Separator gereinigt und entrahmt. Die entstandene Magermilch wird in der eigentlichen Mikrofiltrationsanlage auf Filtrationstemperatur angewärmt und mikrofiltriert [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

Die Mikrofiltration erfolgt mittels Stufenverfahren. Mit einer einstufigen Anlage wird eine Konzentrierung mit CFV 20 erreicht. Bei CFV 20 fallen ca. 5 % der Magermilch als Retentat an. Es ist von Vorteil, nochmals mit CFV 10 zu konzentrieren, um somit auf insgesamt 0,5 % der gesamten Magermilchmenge zu reduzieren. Bei der zweistufigen Anlage werden die Konzentrierungen mit CFV 100 oder auch CFV 200 ausgeführt [KIRSCHENMANN, 2006].

Der Retentat wird mit dem benötigten Rahm zur Fettgehaltseinstellung für 4 bis 6 Sekunden bei ca. 105°C bis 125°C hochoerhitzt. Der erhitzte Rahm und die Magermilch anschließen werden vermischt und im Teilstrom homogenisiert. Die standardisierte Milch wird bei 74°C pasteurisiert, auf ca. 5°C abgekühlt und im Abfülltanklager bereitgestellt [HENKE, 2009].

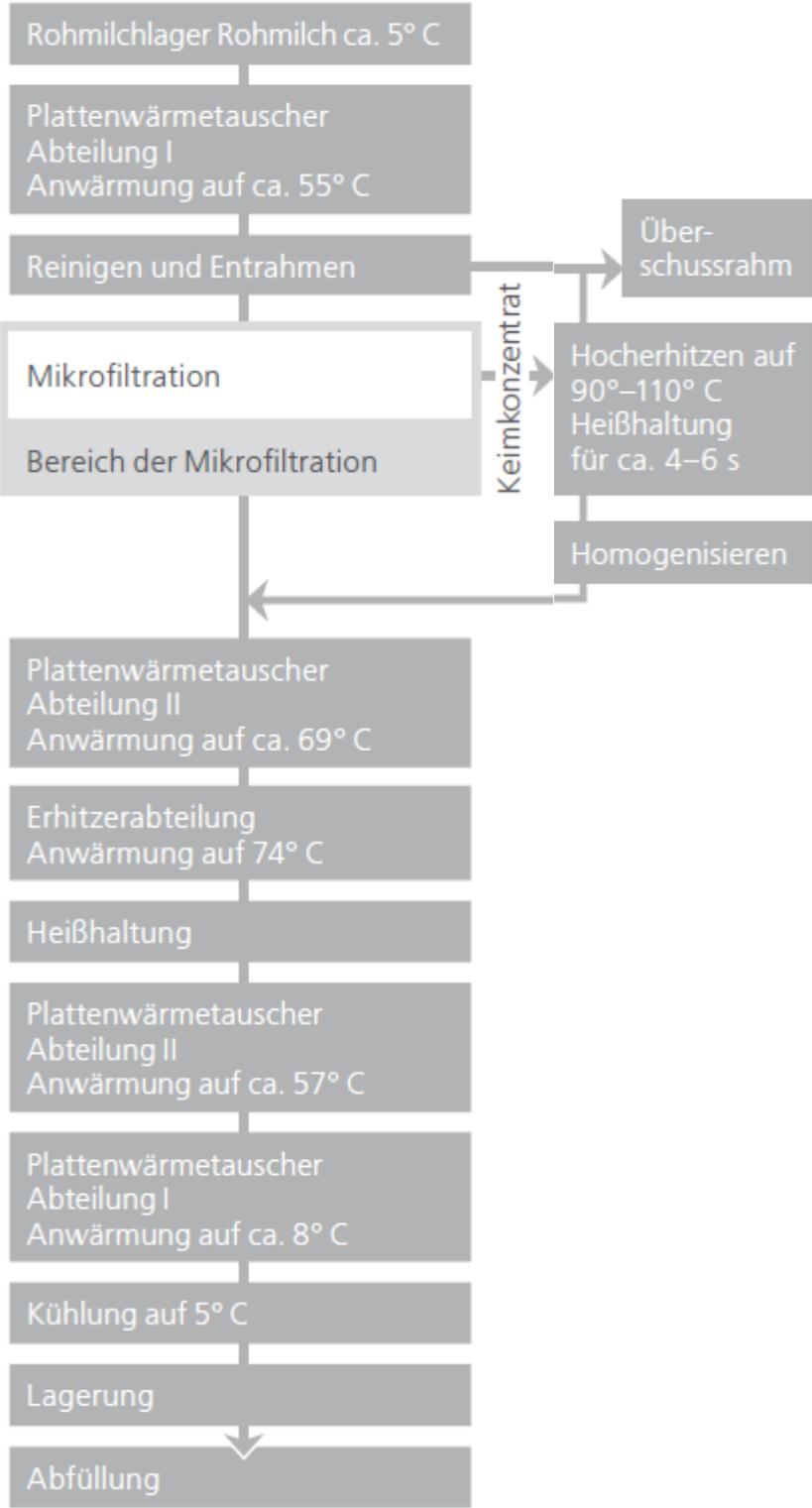


Abbildung 4.16 Blockdiagramm für Prozessverlauf zur Mikrofiltration
Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)

Wie bereits oben erwähnt, werden für die Herstellung von ESL-Milch mittels Mikrofiltrationstechnik Keramikmembranen eingesetzt. Die hydrodynamisch optimierten Keramikmembranen haben den Vorteil, dass auf eine zusätzliche Pumpe auf der Permeatseite verzichtet werden kann. Sie bestehen aus einer Aktivschicht und einer Stützschiicht [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

Sehr erfolgreich sollen die speziell entwickelte Keramik-Elemente der Marke „Isoflux“ der Firma „TamiDeutschland GmbH“ in Hermsdorf/Thür, aufgrund des vereinfachten Prozesses, der erhöhten Wirtschaftsdaten und Zuverlässigkeit, sein [LJALIN et al., 2010].



Abbildung 4.17 Darstellung der Keramikmembran und Membrangehäuse
Quelle: [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008]

Beim Vorhandensein eines Pasteurs, eines Separators und einer Standardisierungseinrichtung sind die Investitionskosten mit einer direkten Anlage gleichzusetzen. Für die Mikrofiltration spricht die geringe thermische Produktbelastung, da die Magermilch nur bei 74°C pasteurisiert und der Rahm mit dem Rententat auf 90°C bis 110°C erhitzt wird [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

4.2.2.2 Tiefenfiltration

Bei der Tiefenfiltration handelt es sich um ein von den Firmen Begerow GmbH & Co und GEA TDS sowie der Fachhochschule Hannover entwickeltes und patentiertes Verfahren zur Herstellung von ESL-Milch. Die Tiefenfiltration wurde

anfangs in der Getränkeindustrie eingesetzt und hat sich anschließend auch in der Milchindustrie bewährt [www.gea-tds.de, 15.07.2011].



Abbildung 4.18 Tiefenfiltrationsanlage
Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)

Die Keimrückhaltung beträgt $> 99\%$. Im Gegensatz zu der „Cross-Flow“ Filtration beim Mikrofiltrationsverfahren handelt es sich bei der Tiefenfiltration um eine „Dead End“ Filtration. Es entsteht hierbei kein Retentat bzw. Keimkonzentrat [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

Im Gegensatz zur Mikrofiltration, wo sich die die Teilchen an der Membranoberfläche anhaften, werden bei der Tiefenfiltration die Teilchen im Filter zurückgehalten. Die Porengröße des Filters ist so gewählt, dass keine Mikroorganismen den Filter passieren können, jedoch für die Milchbestandteile durchlässig bleibt. Die Tiefenfiltration besteht aus einer Vorfilter- und einer Endfiltereinheit. Jede Filtereinheit beinhaltet mehrere Polypropylen-Filterkerzen. 80 % der Keime, insbesondere Schwebstoffe, werden im Vorfilter abgetrennt,

die eine Trenngrenze von $0,3 \mu\text{m}$ aufweist. Der Porendurchmesser des Endfilters beträgt $0,2 \mu\text{m}$ [STRAHM und EBERHARD, 2009].

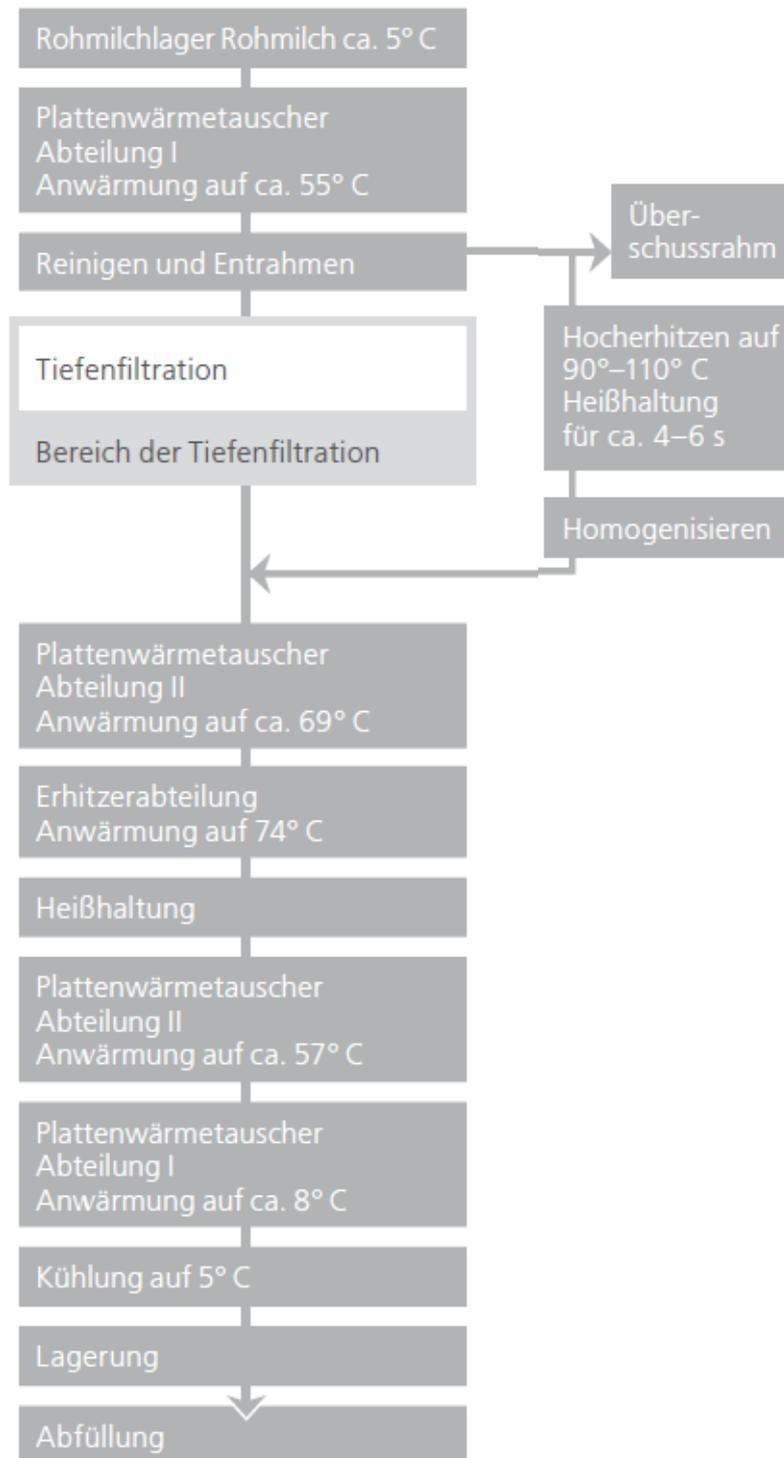


Abbildung 4.19 Blockdiagramm für Prozessverlauf zur Tiefenfiltration
Quelle: www.gea-tds.de (15.07.2011)

Die Investitionskosten sind mit der Mikrofiltration und direkter Erhitzung, bei Vorhandensein eines Separators und einer Standardisierungseinheit, gleichzusetzen. Verglichen mit allen anderen vorhin erwähnten Verfahrensmethoden sind die thermischen und mechanischen Belastungen auf das Produkt bei der Tiefenfiltration am geringsten [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008].

4.2.3 Bactofugation

Es handelt sich dabei um eine spezielle Form des Separierens. Bei der Bactofugation erfolgt die Entfernung spezifischer Mikroorganismen (vorwiegend Sporen) aus der Milch durch Zentrifugalkraft. Das Bactofugat wird danach thermisch behandelt und anschließend wieder der Milch zugeführt. Durch die thermische Abtötung wird eine längere Haltbarkeitsdauer möglich [STRAHM und EBERHARD, 2010].

Die gereinigte Milch wird mittels Plattenwärmeüberträger auf 50°C bis 75°C erwärmt und in die Bactofuge gefördert. Das entstandene Bactofugat wird mittels Dampfjektor für drei bis vier Sekunden auf 130°C bis 140°C erhitzt um alle vorhandenen Sporen abzutöten. Danach wird die Milch wieder im Plattenwärmeüberträger zurückgekühlt [SPREER, 2005].

5 HITZEINDIKATOREN

Im Handel werden die Trinkmilchsorten mit den unterschiedlichsten Herstellungsverfahren angeboten. Je nach Hitzeeinwirkung kommt es in der Milch zu unterschiedlichen Reaktionen. Dies führt zu Vitaminverlusten, geschmacklichen und farblichen Veränderungen, Inaktivierung von Enzymen, Änderung in der Proteinstruktur, etc. Mittels Erhitzungsnachweisen, sogenannte Heat-Load-Indikatoren, kann festgestellt werden, welche Verfahrenskonzepte bei der Herstellung der Trinkmilch angewendet wurden.

Die produktschonendste Behandlung ist nach der traditionellen pasteurisierten Milch die bactofugierte ESL-Milch. Gefolgt von den Filtrationsverfahren, wobei hier wiederum die tiefenfiltrierte ESL-Milch am geringsten belastet ist. Durch das anfallende Retentat beim Mikrofiltrationsprozess muss der Rahm erhitzt werden und dies führt im Vergleich zur Tiefenfiltration zu niedrigeren β -Lactoglobulin- und höheren Lactulose-Werten [SCHWERMANN und SCHWENZOW, 2008; GALLMANN et al., 2001].

5.1 Allgemeines

„Indikatorstoffe der Milch sind, im Gegensatz zu den Indikatoren der chemischen Analytik, Inhaltsstoffe, durch deren Konzentrationsänderungen bzw. Anwesenheit chemische, biochemische und physikalische Einwirkungen erkannt werden können“ [TÖPEL, 2004].

Indikatorstoffe müssen so beschaffen sein, dass sie bei der Überprüfung eines Produktes jedwede minimale Konzentrationsänderungen bzw. Inaktivierungserscheinungen eindeutig erkennen und nachweisen können.

Der Temperaturbereich des technologischen Erhitzungsprozesses umfasst von 45°C bis 150°C mit Heißhaltezeiten von zwei Sekunden bis 30 Minuten. Dabei treten chemische Veränderungen auf, die

1. als Nachweis über die Einhaltung der vorgeschriebenen Prozessparameter und
2. zur Hitzeklassifizierung der wärmebehandelten Milch als Unterscheidungsmerkmal

dienen [TÖPEL, 2004].

Es existiert eine Reihe von Hitzeindikatoren, die in zwei verschiedenen Klassen eingeteilt werden:

Typ I – Hitzeindikatoren

Typ I beinhaltet Denaturierung, Abbau und Inaktivierung von hitzelabilen Komponenten, hauptsächlich Molkenproteine, Enzyme und Vitamine [MORALES et al., 2000; MAYER et al., 2010].

Typ II – Hitzeindikatoren

Zum Typ II zählen Reaktionsprodukte von Proteinen, Lactose und 1-Methyladenosin, welche erst durch Thermisierung entstehen (wie Lactulose, HMF und Furosin). Dieser Indikatortyp dient vor allem zum Nachweis hochehitzter Milch, da die deutliche Konzentrationszunahme erst über 100°C erfolgt [TÖPEL, 2004; MAYER et al., 2010].

Mit den Indikatorstoffen ist eine Beurteilung technologischer Verfahren und verschiedene Beschaffungsmerkmale möglich. Die Tabelle 5.1 gibt einen Überblick über die chemisch-physikalischen Richtwerte einer ESL-Milch.

■ Lactulose	< 30 mg/l
■ Furosin	12 mg/100 g Protein
■ β -Lactoglobulin (nativ)	> 1.800 mg/l
■ Gesamtkeimzahl nach der Erhitzung	< 10 KBE/ml
■ Sporenbildner nach 21 Tagen	0-10 KBE/ml
■ Erhaltung des Frischecharakters bis 21 Tage	
■ Kein signifikanter Geschmacksunterschied zur pasteurisierten Milch	

Tabelle 5.1 Chemisch-physikalische Richtwerte für eine ESL-Milch
Quelle: [DYCK et al., 2004]

5.2 Time temperature integrators (TTI)

Ziel des „time temperature integrators“, auch Temperatur/Zeit-Kombinationen genannt, ist das Abtöten vorhandener Krankheitserreger um sowohl eine Gefährdung von Mensch und Tier auszuschließen, als auch eine einwandfreie Weiterverarbeitung von Trinkmilchprodukten zu gewährleisten [SPREER, 2005; MAYER et al., 2010].

Hinsichtlich der Keimabtötung besteht zwischen Temperatur und Einwirkzeit ein logarithmischer Zusammenhang. Wird die Temperatur um 10 Grad angehoben, so sinkt die Keimzahl auf etwa 1/10 des Ausgangswertes. Wird für ein vollständiges Abtöten der Keime bei 100°C eine Einwirkzeit von 30 Minuten benötigt, dann beträgt die Einwirkzeit bei 110°C nur mehr drei Minuten und bei 120°C sind es dann nur mehr 0,3 Minuten, sprich 18 Sekunden [SPREER, 2005].

In der Literatur der Lebensmittelwissenschaft wird dieser Parameter auch als Q_{10} -Faktor bezeichnet und gibt an, um den wievielfachen Wert sich die Einwirkzeit für eine komplette Keimabtötung verkürzt, wenn die Temperatur um 10°C erhöht wird. Für Mikroorganismen liegt der

Q-Faktor zwischen 9 und 13, für Sporenbildner bei etwa 30 [CLAEYS et al., 2002; SPREER, 2005].

5.3 Inaktivierung der Enzyme

In der Milch sind verschiedene Enzyme enthalten. Da die Inaktivierung der Enzyme unterschiedlich verläuft, ist eine Differenzierung der unterschiedlichen Erhitzungsmethoden möglich.

5.3.1 Phosphatase

Milch enthält sowohl alkalische als auch saure Phosphatasen, die sich in der Substratspezifität, dem Temperatur-Optimum, im pH-Optimum und in der Inaktivierungstemperatur unterscheiden. Phosphatasen katalysieren die Hydrolyse von Phosphorsäureestern. Die alkalische Phosphatase wird als wichtiger zuverlässiger Nachweis für eine ordnungsgemäße Pasteurisation herangezogen [TÖPEL, 2004].

Die alkalische Phosphatase ALP wurde von DEMUTH entdeckt und 1925 erstmals in der Rohmilch nachgewiesen [TÖPEL, 2004]. Sie ist eine Phosphomonoesterase und katalysiert die Hydrolyse von Phosphorsäuremonoestern [SCHLIMME et al., 1997]. Die alkalische Phosphatase ist relativ hitzelabil und wird bei ausreichender Pasteurisation inaktiviert [CLAEYS et al., 2002]. Restliche ALP-Aktivität nach der Pasteurisation weist auf eine ungenaue Pasteurisationseinheit oder auf eine Rohmilchkontamination hin. Eine positive Reaktion weist eine Restaktivität von mindestens 0,5 % der Ausgangsaktivität auf [CLAEYS et al., 2004]. Der Nachweis kann spektrometrisch oder fluorometrisch erfolgen, wobei letztere die schnellere und sensiblere Methode ist [CLAEYS et al., 2002]. ALP kommt sowohl im Milchserum als auch in den Fettkügelchenmembranen vor [TÖPEL, 2004]. Die ALP-Aktivität ist abhängig vom Fettgehalt der Milch, von der Kuhrasse, vom Laktationsstadium und vom Milchproduktionsvolumen. Auch das

Kuhalter sowie die saisonale Abhängigkeit spielen eine wichtige Rolle [CLAEYS et al., 2002].

5.3.2 Fukosidase

Mittels Fukosidase kann die Thermisierung nachgewiesen werden. Die Aktivitätsbestimmung erfolgt mittels Farbmessung mit dem Substrat p-Nitrophenyl- α -L-fucopyranoside. Die Inaktivierungstemperatur liegt zwischen 55°C und 65°C [CLAEYS et al., 2002; TÖPEL, 2004].

5.3.3 γ -Glutamyl-Transpeptidase (GGT)

γ -Glutamyl-Transferase ist an der Fettkügelchenmembran gebunden und katalysiert die Übertragung von γ -Glutamylresten aus Glutathion und andere γ -Glutamyl-hältigen Peptiden auf α -Aminosäuren [BAUMRUCKER, 1980]. GGT ist hitzeresistenter als ALP, aber hitzelabiler als Lactoperoxidase (LPO) [CLAEYS et al., 2002]. Ihre vollständige Inaktivierung erfolgt erst bei 85°C und dient daher als Nachweis der Kurzzeiterhitzung. Die enzymatische Aktivitätsbestimmung erfolgt spektrophotometrisch mit dem Substrat γ -Glutamyl-carboxy-nitroanilid [TÖPEL, 2004].

5.3.4 Lactoperoxidase (LPO)

Die Lactoperoxidase katalysiert die Oxidation von Thiocyanat durch Wasserstoffperoxid und ist ein antibakteriell wirksames Lactoperoxidase-System der Milch. Das Enzym ist relativ hitzestabil und wird erst bei einer Temperatur von 85°C inaktiviert [TÖPEL, 2004].

Der Lactoperoxidase-Test kann als Indikator zur Unterscheidung von pasteurisierter und hochpasteurisierter Milch verwendet werden [CLAEYS et al., 2004]. Zu der Anwendbarkeit des LPO-Tests als TTI-Hitzeindikator gibt es jedoch einige Einschränkungen. Zu beachten sind die zyklischen Veränderungen der LPO-Aktivität je nach Jahreszeit, die im Sommer am

höchsten und im Winter am geringsten ist. Weiters ist ihre Thermostabilität sehr stark von der Mediumart abhängig und wird vom pH-Wert, Casein, vom β -Lactoglobulingehalt sowie von der Ionenkonzentration beeinflusst [CLAEYS et al., 2002]. Letztendlich reagiert LPO sehr empfindlich auf irreversible photochemische Inaktivierung und kann sich während der Lagerung regenerieren. Daher darf es als Erhitzungsindikator nur dann fungieren, wenn keine lichtinduzierte Inaktivierung des Enzyms stattgefunden hat [HERNÁNDEZ et al., 1990; OLSZEWSKI und REUTER, 1992]. Eine restlose Inaktivierung kann nur bei einer Erhitzung der Milch auf 85°C für mind. 10 Sekunden garantiert werden [TÖPEL, 2004].

Daher ist der LPO-Test zum Nachweis einer Hoherhitzung nicht geeignet [CLAEYS et al., 2004]. Der enzymatische Nachweis erfolgt spektrophotometrisch und es werden verschiedene Substrate, wie Traventol, p-Phenylendiamin sowie das häufig verwendete ABTS (2,2'-Azino-di-(3-ethylbenzthiazolin)-6-sulfonsäure), angewendet [CLAEYS et al., 2002].

5.3.5 N-Acetyl- β -D-glucosaminidase (NAG)

Dieses Enzym befindet sich hauptsächlich in den somatischen Zellen und spaltet endständige N-Acetyl- β -D-glucosaminreste hydrolytisch aus Glykoproteinen ab. Erhöhte NAG-Aktivität weist auf erhöhte Zellzahlen hin und korreliert mit der Intensität der Mastitiserkrankung. NAG dient als Nachweis für die Thermisierung der Rohmilch und ihre optimale Aktivität liegt bei 50°C. Bei Kurzzeiterhitzung wird das Enzym inaktiviert, diese Inaktivierung erfolgt bei 65°C bis 75°C [TÖPEL, 2004]. Die enzymatische Aktivitätsbestimmung erfolgt spektrophotometrisch mit dem Substrat p-Nitrophenyl-N-acetyl- β -D-glucosamin, welches nach der Hydrolyse eine Gelbfärbung ergibt [CLAEYS et al., 2002].

5.3.6 Adenosindesaminase (ADA)

Bei der Adenosindesaminase wird das Adenosin zu Inosin desaminiert. Im Gegensatz zu Lactoperoxidase ist ADA thermisch stabiler. Die Aktivität steigt ab

75°C, bei einer Temperatur von 85°C erfolgt die Inaktivierung des Enzyms. Ein Nachweis erfolgt mittels HPLC [CLAEYS et al., 2002; TÖPEL, 2004]. „Aufgrund des Aktivierungs-/Inaktivierungsverhaltens ist ADA ein geeigneter Indikator für kurzzeiterhitzte und hocheerhitzte Milch“ [MARTIN et al., 2001].

5.4 Denaturierung der Molkenproteine (Serumproteine)

Bei der Denaturierung wird die globuläre geschlossene Raumstruktur, d.h. die native Struktur, aufgebrochen und in tertiäre und sekundäre Proteinstrukturen umgewandelt.

Die globulären Molkenproteine weisen eine kompakte, stark strukturierte Form auf und sind daher gegenüber Hitzedenaturierung empfindlicher als die Caseine, die in einer offeneren, schon teilweise entfalteten Struktur vorliegen [TÖPEL, 2004].

Caseine	Denaturierungstemperatur in °C
Caseinemicellen	150 nach 20 sek 130 nach mehr als 20 min 100 nach mehreren Stunden

Molkenproteine	Denaturierungstemperatur in °C
Immunoglobuline	65-70
Blutserumalbumin	70-75
β-Lactoglobulin	72-85
α-Lactalbumin	85-90

Tabelle 5.2 Denaturierungstemperaturen für Milchproteine
Quelle: [TÖPEL, 2004]

Die Molkenproteine, die rund 20 % des Gesamt-Eiweißes ausmachen, setzen sich, nach dem Ausfällen des Caseins bei 20°C und einem pH-Wert von 4,6 oder mittels Lab, aus den beiden Hauptkomponenten β-Lactoglobulin mit 55 % und α-Lactalbumin mit 20 % sowie 15 % Immunglobuline, 7 % Blutserumalbumin und in geringeren Mengen von 2 % Lactoferrin, zusammen [FOISSY, 2005].

Grundsätzlich können alle einzelnen Komponenten für die Hitzebestimmung herangezogen werden. Sie unterscheiden sich durch ihre individuelle Hitzestabilität, gemessen am Verlust der Löslichkeit und diese denaturieren verschieden stark [SCHLIMME et al., 1996; TÖPEL, 2004; MAYER et al., 2010]:

α -Lactalbumin > β -Lactoglobulin > Blutserumalbumin > Immunoglobuline

Mittels chromatographische und elektrophoretische Verfahren ist es möglich, aufgrund der getrennten Identifizierung der einzelnen Molkenproteinfraktionen sowie dem Nachweis des denaturierten Anteils, die angewandte Erhitzungsmethode zu eruieren. Als Nachweis für das schonende Erhitzen dient der nicht denaturierte Anteil einzelner Molkenproteinfraktionen [TÖPEL, 2004].

Molkenprotein	Rohmilch	Thermisches Indirekt	Verfahren Direkt	Mikrofiltration
β -Lactoglobulin	3300-3500	750-1100	1300-2000	2000-3000
α -Lactalbumin	850-1000	450-550	450-550	700-800
Blutserumalbumin	400	<10 ³	<10 ³	~200
Immunoglobuline	600-800			450-550

Tabelle 5.3 Chemisch-physikalische Charakteristik für ESL-Milch und mikrofiltrierte Milch – Konzentration an nativen Molkenproteinen in mg l⁻¹
Quelle: [HÜLSEN, 1999]

5.4.1 β -Lactoglobulin (β -Lg)

β -Lactoglobulin ist mit über 50 % das am stärksten vertretene Molkenprotein in der Milch und enthält fünf Cysteinmoleküle. An dem Cysteinrest hängt eine freie SH-Gruppe. Diese SH-Gruppe wird bei der Hitzedenaturierung frei, beeinträchtigt die Hitzestabilität der Milch und bewirkt auch den Kochgeschmack hochehitzter Milch [SCHLIMME et al., 1996; TÖPEL, 2004].

³ Blutserumalbumin inkl. Immunoglobuline

β -Lg konjugiert anhand der Maillard Reaktion mit Mono- und Disacchariden, um die funktionellen Eigenschaften, wie Löslichkeit und Emulgiervermögen, zu verbessern [CHEVALIER et al., 2001b]. Der Nachweis von β -Lg erfolgt mittels HPLC [CLAEYS et al., 2002].

Tabelle 5.4 zeigt die unterschiedlichen β -Lg-Werte, beginnend mit der Ausgangsmilch über pasteurisierte Milch sowie bei der Anwendung verschiedener Technologien zur Herstellung von ESL-Milch und UHT-Milch:

Bezeichnung	Technologie	Temperatur und Heisshaltezeit	β -Lactoglobulin-Wert [mg/L]
Roh	unbehandelt	-	~ 3'600
Thermisiert	Plattenwärmeaustauscher	ca. 65 °C ca. 20 Sekunden	~ 3'400
Pasteurisiert	Plattenwärmeaustauscher	ca. 74 °C ca. 20 Sekunden	~ 3'100
Hochpasteurisiert (ESL)	direkte Erhitzung mit Injektion (UP)	ca. 127 °C ca. 3 Sekunden	> 1'600
Hochpasteurisiert (ESL)	direkte Erhitzung mit Infusion	ca. 127 °C ca. 3 Sekunden	> 1'700
Hochpasteurisiert (ESL)	indirekte Erhitzung mit Wärmetauscher	ca. 125 °C ca. 2 Sekunden	~ 1'000
Mikrofiltriert und Pasteurisiert (ESL)	Magermilch = mikrofiltriert, Rahm = hochpasteurisiert, Gemisch = pasteurisiert	Rahm: ca. 125 °C ca. 2 Sekunden Gemisch: ca. 74 °C ca. 20 Sekunden	~ 2'500
Tiefenfiltriert und Pasteurisiert (ESL)	Magermilch = tiefenfiltriert, Rahm = hochpasteurisiert, Gemisch = pasteurisiert	Rahm: ca. 125 °C ca. 2 Sekunden Gemisch: ca. 74 °C ca. 20 Sekunden	> 2'500
Bactofugiert und Pasteurisiert (ESL)	Rohmilch = Vorentkeimung mittels 2 Entkeimungsseparatoren, pasteurisiert	ca. 74 °C, ~20 Sek.	~ 3'000
UHT (UP)	direkte Erhitzung mit Injektion od. Infusion	ca. 150 °C ca. 2 Sekunden	~ 800
UHT	indirekte Erhitzung mit Wärmetauscher	ca. 138 °C ca. 3 Sekunden	~ 200

Tabelle 5.4 Einfluss der Technologien auf die Molkenproteindenaturierung
Quelle: [STRAHM und EBERHARD, 2010]

5.4.2 α -Lactalbumin (α -Lg)

Der zweitgrößte Anteil der Molkenproteine stellt das α -Lactalbumin mit 20 % dar und macht rund 3,5 % der Gesamtproteine aus. Es besteht aus acht Cystein-Molekülen mit vier Disulfidbrücken. α -Lg ist ein relativ kleines Metallprotein, welches sich mit einem Calciumion bindet und eine starke Ähnlichkeit mit dem Lysozym des Eiklars hat. Das Calcium ist wiederum auch für die erhöhte Hitzestabilität zuständig [BELITZ et al., 2008; TÖPEL, 2004].

Aufgrund seiner hohen Thermostabilität ist α -Lg zur Charakterisierung von direkt und indirekter UHT und sterilisierter Milch besonders geeignet [MORALES F-J, 2000]. Der Nachweis kann mittels Immunoelktrophorese, ELISA und HPLC erfolgen [CLAEYS et al., 2002; TÖPEL, 2004].

5.4.3 Blutserumalbumin (BSA)

Rund 1 % des Gesamtproteingehaltes besteht aus Blutserumalbumin. Es gelangt direkt vom Blut in die Milch und wird daher nicht in den Milchbildungszellen synthetisiert. Aufgrund seiner Bindefähigkeit mit Metall und Fettsäuren aktiviert es die Lipasen [TÖPEL, 2004]. BSA ist ein guter Indikator für sehr milde Erhitzungsmethoden und wird zur Unterscheidung von roher, pasteurisierter und UHT-Milch herangezogen. Der Nachweis wird mittels Elektroimmunodiffusion bzw. HPLC durchgeführt [MORALES F-J, 2000; TÖPEL, 2004].

5.4.4 Immunoglobuline

Bei Immunoglobuline - welche komplexe, hochmolekulare Proteine sind - handelt es sich wie beim Blutserumalbumin um kein Syntheseprodukt der Milchbildungszellen und gehen daher aus dem Blut in die Milch über. Immunoglobuline sind Antikörper, die den Körper vor körperfremden Fremdproteinen, wie Bakterien, Toxine und Viren, den sogenannten Antigenen, schützen. Die Antikörper binden mit ihrem variablen N-terminalen Teil die Antigene und wirken so als Schutzstoff vor Infektionen. Immunoglobuline

werden in fünf Klassen eingeteilt: IgA, IgG, IgE, IgM und IgD, wobei in der Milch nur IgA, IgG (IgG₁ und IgG₂) und IgM festgestellt wurden. Die Kolostralmilch ist besonders reich an Immunoglobuline, da die Kälber keine passive Immunität besitzen und ihr aktives Immunsystem erst nach der Geburt aufbauen müssen. Immunoglobuline sind die hitzeempfindlichsten Proteine und denaturieren bereits ab 70°C. Bei der UHT-Erhitzung ist ihre Aktivität vollständig zerstört. Mittels HPLC kann nachgewiesen werden, ob es sich um eine pasteurisierte, UHT-Milch oder Sterilmilch handelt [TÖPEL, 2004].

5.4.5 NPN-Verbindungen: Kreatin/Kreatinin

Anhand des Verhältnisses von Kreatin/Kreatinin kann festgestellt werden, ob es sich um eine pasteurisierte oder sterilisierte Milch handelt. Bei der Erhitzung spaltet sich von Kreatin Wasser ab und cyclisiert zu Kreatinin. Der Nachweis erfolgt enzymatisch oder mittels HPLC [TÖPEL, 2004].

5.5 Hitzeinduzierte Reaktionsprodukte

Als hitzeinduzierte Reaktionsprodukte werden die sogenannten Typ II-Hitzeindikatoren bezeichnet. Da deutliche Konzentrationszunahmen erst ab 100°C erfolgen, dienen diese Indikatoren zur Charakterisierung von hochehitzter Trinkmilch und zur Unterscheidung von UHT-Milch und langzeitsterilisierter Milch [TÖPEL, 2004].

5.5.1 Lactulose

Lactulose ist ein Isomerisierungsprodukt der Lactose und in der Rohmilch nicht nachweisbar. Das Disaccharid besteht aus D-Fructose und D-Galactose und entsteht bei der Wärmebehandlung über die Bruyn-van-Ekenstein-Umlagerung [MARCONI et al., 2004; TÖPEL, 2004].

Der Lactosegehalt nimmt mit steigender Temperatur und Wärmebelastung zu. Die Lactulosekonzentration kann als Indikator für die verschiedenen

Erhitzungsmethoden herangezogen werden und dient zur Unterscheidung von pasteurisierter Milch, UHT-Milch und Sterilmilch. Der Nachweis erfolgt enzymatisch oder mittels HPLC [TÖPEL, 2004]. Der chemisch-physikalische Richtwert für eine ESL-Milch liegt bei < 30 mg/l [DYCK et al., 2004].

Konsummilcharten	Lactulose in mg / kg Protein
Pasteurisiert	< 10
Baktofugation	< 10
Mikrofiltration	10
Hoherhitzung	20
UHT direkt	150
UHT indirekt	300

Tabelle 5.5 Lactulosegehalt in den gängigen Konsummilcharten
Quelle: [GALLMANN et al., 2001]

5.5.2 Furosin

Furosin (Nε-(2-Furoylmethyl)-L-lysine) entsteht bei der sauren Hydrolyse von Lactulosyllysin, als frühes Zwischenprodukt in der Maillard-Reaktion und stellt somit auch deren Indikator dar [NURSTEN, 1981; TÖPEL, 2004].

Der Grenzwert für Furosin liegt bei 8 mg/100 g Protein. Dieser Wert wird mittels Pasteurisierung, Baktofugation und Mikrofiltration nicht erreicht. Erfolgt eine Dauererhitzung der Milch wird der Grenzwert bereits überschritten. Bei der Hoherhitzung und Ultrahoherhitzung steigt die Furosinkonzentration rapid an. Mittels Sterilisation ist die maximale Konzentration des Furosins ≥ 450 mg/100 g Protein erreicht [TÖPEL, 2004]. Furosin bildet sich auch durch die Lagerung der Milch bei Raumtemperatur. Dies kann zu Missinterpretation der tatsächlichen Wärmebelastung führen [CLAEYS et al., 2002].

Furosin wird als Erhitzungsindikator zur Unterscheidung zwischen UHT-Milch, pasteurisierter Milch und Sterilmilch verwendet [PIZZOFERRATO, 1998]. Zur

Bestimmung von Furosin in der Trinkmilch können verschiedene Analysemethoden, wie GC, Aminosäure-Analyse, HPLC und Kapillarzonenelktrophorese eingesetzt werden. Die gängigste Methode ist die Quantifizierung mittels Ionenpaar RP-HPLC.

Die allgemeine Literaturangabe für eine ESL-Milch liegt bei 12 mg/100 g Protein bzw. 120 mg/kg Protein [DYCK et al., 2004].

Konsummilcharten	Furosin in mg/kg Protein
Pasteurisiert	35
Baktofugation	40
Mikrofiltration	100
Hoherhitzung	200
UHT direkt	400
UHT indirekt	1200

Tabelle 5.6 Furosingehalt in den gängigen Konsummilcharten'
Quelle: [GALLMANN et al., 2001]

5.5.3 5-Hydroxymethylfurfural (HMF)

„Gesamtes“ und „freies“ 5-Hydroxymethylfurfural werden durch zwei unterschiedliche Wege hergestellt. Freies HMF entsteht durch den Abbau von Lactulosyllysin in der Maillard Reaktion, während das „gesamte“ HMF durch den säurekatalysierten Abbau von Lactose, besser bekannt als Bruyn-van-Ekenstein-Umlagerung, gebildet wird [MORALES und JIMÉNEZ-PÉREZ, 1999; VAN BOEKEL, 1998].

Der analytische Nachweis erfolgt entweder enzymatisch, spektrometrisch mit Thiobarbitursäure oder mittels HPLC. HMF ist ein guter Hitzeindikator zur Unterscheidung von pasteurisierter, UHT- und sterilisierter Milch. Wichtig ist hierbei, die Messung der HMF-Werte in der Ausgangsmilch, da diese in der Rohmilch zwischen 3,3 $\mu\text{mol/l}$ und 7,3 $\mu\text{mol/l}$ Milch schwanken können [TÖPEL, 2004].

5.5.4 6-Methyladenosin (m6A)

6-Methyladenosin ist in der Rohmilch nicht nachweisbar. Es gehört zu den Ribonucleotiden und entsteht durch thermische Dimroth-Umlagerung von 1-Methyladenosin. Die analytische Ermittlung erfolgt mittels HPLC. m6A ist ein geeigneter Indikator zur Unterscheidung von kurzzeit- und hochehitzter Milch [TÖPEL, 2004; MARTIN et al., 1995].

6 ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGISCHE BEWERTUNG

Aufgrund der aktuellen Trends und Verbraucheransprüchen nach größerer Produktvielfalt, höheren Ansprüchen auf dem Gebiet der Qualität und Produktsicherheit sowie mehr Convenience einerseits und die Natürlichkeit andererseits hat die ESL-Milch einen ganz wichtigen Stellenwert im Milchsektor eingenommen. Da es sich bei der ESL-Milch um ein Frischmilchprodukt handelt, die aufgrund diverser Prozesse eine verlängerte Haltbarkeitsdauer verliehen bekommt, stehen immer noch sehr viele Konsumenten der ESL-Milch skeptisch gegenüber. Bei der ernährungsphysiologischen Bewertung werden die, durch spezifische Verfahren länger haltbar gemachte Frischmilch, eventuellen Verluste an Mineralstoffen, essentiellen Aminosäuren und Vitaminen genauer unter die Lupe genommen. In den nachstehenden Kapiteln wird über die Produktveränderungen der Milch sowie deren Veränderung im Bezug auf den Vitamingehalt und Geschmack eingegangen.

6.1 Produktveränderung

Bei der Herstellung von ESL-Milch muss grundsätzlich unterschieden werden, welche Verfahrensvariante angewendet wurde. Es kann gesagt werden, dass es sich bei dem Kombinationsverfahren Mikrofiltration, dem sogenannten membranrententechnischen Verfahren mit nachgeschalteter Pasteurisation, um das produktschonendste Verfahren handelt. Es konnte hierbei keine Produktbeeinträchtigung festgestellt werden und die nachweisbaren Indikatoren wie Phosphatase, Peroxidase, β -Lactoglobulin, Lactulose sind identisch mit der pasteurisierten Frischmilch. Vorteile der MF-PAST gegenüber der PAST sind die höhere Keimreduktion sowie die deutlich längere Haltbarkeitsdauer [KAUFMANN et al., 2009]. Analytisch nachweisbar ist der Unterschied nur mittels aufwendiger Furosinbestimmung [HOFFMANN et al., 2006].

Hingegen weist die HE-ESL-Milch, im thermischen Verfahren, einen negativen Peroxidasentest auf. Auch das Molkenprotein β -Lactoglobulin ist um ein Drittel niedriger als bei der MF-PAST. Obwohl bei der UHT-Milch als auch bei der HE-ESL-Milch die Erhitzungstemperatur nahezu identisch ist, ist hierbei die

Behandlungszeit ausschlaggebend. Aufgrund der erheblich kürzeren Behandlungszeiten kommt es zu keinem bzw. nur geringem Kochgeschmack und hat auch keine ernährungsphysiologischen Auswirkungen auf den Konsumenten. Die Indikatoren dienen rein zum analytischen Nachweis [KAUFMANN et al., 2009].

Das Ergebnis einer Forschungsstudie im Auftrag der Landesvereinigung der Milchwirtschaft Nordrhein-Westfalen e.V. [MAURER, 2010] zeigte jedoch, dass bei der sensorischen Unterschiedsprüfung der drei Milchsorten ESL-Milch „mikrofiltriert“, ESL-Milch „hocherhitzt“ und „traditionell hergestellte“ Frischmilch die Studienteilnehmer die hocherhitzte ESL-Milch sehr wohl deutlich herausgeschmeckt haben.

Die Keimreduktion gibt keinen Hinweis auf die Lagerqualität und -stabilität. Entscheidend für den Verderb ist die Restkeimzahl und -flora im Endprodukt. Rohmilchqualität und Prozesshygiene sind daher das um und auf für die Haltbarkeitsdauer einer ESL-Milch [KAUFMANN und KULOZIK, 2008].

	PAST	MF + PAST	HE direkt (127°C/2 s)	HE indirekt (127°C/2 s)
Keimreduktion [log N/N ₀]	1,5	5 - 6	> 8	
Phosphatase	-	-	-	-
Peroxidase	+	+	-	-
Natives β -Laktoglobulin [g/l]	3,1 - 3,4	3,0 - 3,3	> 2,2	< 1,8
Laktulose [mg/l]	15 - 20	15 - 20	< 25	< 30
Kochgeschmack	-	-	gering → -	
(Rest-)Enzymaktivität Protease [%]	> 80	81±4	65±5	
(Rest-)Enzymaktivität Lipase [%]	> 65	64±4	40±3	
Haltbarkeit (bei 10°C) [Tage]	7-10	18-21	24-30	

Tabelle 6.1 Vergleich der thermisch-induzierten Veränderungen in Frisch- und ESL-Milch
Quelle: [KAUFMANN et al., 2009]

6.2 Vitamine und Nährstoffe in der ESL-Milch

Durch hohe Hitzebelastungen kann es zur Zerstörung der Proteine, essentiellen Aminosäuren, Mineralstoffen und hitzelabilen Vitaminen kommen und somit zum Nährstoffverlust führen. Weitere Verluste werden durch Oxidationen in Abhängigkeit mit der Durchlässigkeit der Verpackung und des Restsauerstoffgehaltes in Zusammenhang mit zunehmender Lagerdauer verursacht. Aufgrund höherer Erhitzungstemperatur und die damit verbundene längere Haltbarkeitsdauer, gegenüber der pasteurisierten Milch, wird bei der ESL-Milch mit größeren Nährstoffverlust gerechnet. Es konnte jedoch nachgewiesen werden, dass der Verlust an hitzelabilen Vitaminen (B₁, B₆, B₁₂, C und Folsäure) leicht größer ist als bei der Pasteurisation, jedoch geringer als beim UHT-Verfahren. Den größten Verlust haben die Vitamine B₁ und C, die jedoch in der Milch einen so geringen Beitrag leisten, dass sie vernachlässigt werden können [WALTHER, 2009]. Bei der UHT-Erhitzung spielt in diesem Fall nicht die Temperatur eine Rolle sondern die Art des Verfahrens (direkt oder indirekt) [EBERHARD et al., 2003]. Bei Vitamin B₆ konnte festgestellt werden, dass nach der indirekten Erhitzung und vier Wochen Lagerung keine Verluste auftraten, hingegen bei der direkten Erhitzung rund 7 % verloren gingen. Bei Vitamin B₁₂ und Folsäure sind nur sehr geringfügige Unterschiede vorgekommen. Die Mineralstoffe, wie Calcium und Phosphor, und die meisten Vitamine, insbesondere A und D, aber auch B₂, sind hitzestabil und führen zu keine Verluste durch Hitzebehandlung [KAUFMANN et al., 2009].

Der Vitamingehalt der ESL-Milch ist aus ernährungsphysiologischer Sicht mit der pasteurisierten Milch nahezu identisch. Das Molkenprotein β -Lg ist reich an essentiellen Aminosäuren, die der Mensch selbst nicht produzieren kann und daher dem Körper zugeführt werden müssen. Hierbei werden bei der indirekten Erhitzung zwei Drittel des β -Lg denaturiert, hingegen bleiben bei der direkten Erhitzung circa die Hälfte erhalten, welche somit schonender ist. Aufgrund der Denaturierung der Proteine kommt es zwar zum Verlust der biologischen Aktivität, jedoch werden die Proteine für den Stoffwechsel leichter verdaulich,

was wiederum ein Vorteil sein kann [WALTHER, 2009]. Durch die Maillard-Reaktion kann es ebenfalls zur Schädigung der essentiellen AS Lysin kommen. Es wurde jedoch bei der UHT-Behandlung festgestellt, dass der Verlust weniger als ein Prozent beträgt und somit bedeutungslos für die Hoherhitzung der ESL-Milch ist [KAUFMANN et al., 2009].

Vitamin		ESL Milch	Past. Milch
B1	mg/100gr	0,04	0,04
B2	mg/100gr	0,18	0,15
B6	mg/100gr	0,04	0,04
B12	µgr/100gr	0,3	0,36
C	mg/100gr	0,8	0,1
Folsäure	µgr/100gr	4,4	4,7

Tabelle 6.2 Vitamingehalt nach 7 Tagen bei 8°C
in ESL-Milch und pasteurisierter Milch
Quelle: [DYCK et al., 2004]

6.3 Geschmack und Haltbarkeit der ESL-Milch

Der Milchgeschmack und die Haltbarkeit sind nach dem Nährstoffgehalt die weiteren wichtigen Faktoren für den Konsumenten. Bei der Haltbarkeit ist zu unterscheiden, welche Prozessvariante gewählt wurde. Die einzelnen Verfahren (thermisch und mechanisch) unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich der Hitzeindikatoren voneinander, sondern auch in ihren mikrobiellen, enzymatischen und sensorischen Eigenschaften. Die HE-ESL-Milch, welche mittels direkter oder indirekter Erhitzungsmethode hergestellt wird, weist auch nach 30 Tagen Kühlagerung nur einzelne Sporen bzw. –bildner auf. Hingegen bei der MF-PAST-Milch können auch vegetative gram-positive Keime, abhängig von der Ausgangsmilch, sprich Rohmilch, nachgewiesen werden. Je länger die Lagerdauer, desto höher kann die Gesamtkeimzahl steigen. Jedoch konnte nachgewiesen werden, dass nach 25 Tagen vorschriftsmäßiger Lagerung weder bei der HE-ESL-Milch noch bei der MF-PAST-Milch die mikrobielle

Inakzeptanzgrenze von 10^6 KbE/ml nur annähernd erreicht wurde. Schlussfolgend kann gesagt werden, dass bei beiden Prozessvarianten die mikrobiologischen Veränderungen als haltbarkeitsbegrenzend nicht bestätigt werden konnte.

Was jedoch trotzdem die Lagerstabilität der ESL-Milch beeinflussen kann, sind die beim Wachstum von Mikroorganismen freigesetzten Stoffwechselprodukte, sprich Enzyme. Sie können entweder bakteriell freigesetzt werden oder bereits in der Rohmilch als originär vorhandene proteolytische und lipolytische Enzyme auftreten. Es kommt zu hydrolytischen Umsetzungen, die zu freien Aminosäuren und Fettsäuren führen und letztendlich je nach Konzentrationshöhe den unerwünschten Fehlgeschmack hervorrufen. Bei der MF-PAST-Milch konnte mehrmals nachgewiesen werden, dass nach 15 bis 18 Tagen sensorische Veränderungen wahrgenommen wurden, die auf die überhöhten freien Fettsäuren zurückzuführen sind. Es bildet sich ein ranziger, käsiger Geruch. Zusätzlich unterliegen die freigesetzten Fettsäuren verstärkt der Lipidoxidation, die einen metallischen und kartonartigen Geschmack hervorruft.

Die HE-ESL-Milch weist infolge der thermischen Behandlung freie SH-Gruppen auf, die zu Beginn der Lagerung für den Kochgeschmack verantwortlich sind. Die SH-Gruppen können mit Hilfe des Sauerstoffes in der Verpackung oxidiert werden. Dies führt zum Abbau des Kochgeschmacks und zu einer sensorischen Aufwertung des HE-Produktes [KAUFMANN, 2008]. Allerdings können nach 24 bis 30 Tagen wiederum geschmackliche Beeinträchtigungen, aufgrund oxidativer Umwandlungen, wie die Bildung von Aldehyden, auftreten [KAUFMANN, 2009].

Der VKI (Verein für Konsumenteninformation) hat im Sommer 2010 (veröffentlicht im Heft 10/2010) sowohl eine mikrobielle Untersuchung von 29 verschiedenen ESL-Milchsorten am letzten Tag des Mindesthaltbarkeitsdatums

durchführen lassen, als auch eine sensorische Analyse mittels Experten und Laien erstellt. Das Ergebnis war bis auf eine Probe im mikrobiologischen Bereich einwandfrei und auch bei der Verkostung gab es keine Beanstandungen. Nur hinsichtlich der Haltbarkeit waren 9 Proben so stark erhitzt, dass sie kaum von einer H-Milch zu unterscheiden waren [www.konsument.at, 06.05.2011].

Eine österreichische Studie von MAYER et al. (2010) analysierte 71 ESL-Milch Proben hinsichtlich ihres Herstellungsverfahrens mittels säurelöslichen β -Lg und Furosin als Hitzeindikatoren und der RP-HPLC Nachweismethode und kamen zu dem Ergebnis, dass nur ein Teil (ca. 45 %) der unter „länger frisch“ angebotenen ESL-Milch eine geringere Hitzebelastung aufweist, jedoch auch die sehr stark hitzebelastete Milch unter demselben Label vermarktet wird. Da mehr als die Hälfte der ESL-Milch Proben dieselben Werte einer UHT-Milch aufzeigen, ist es dringend notwendig, EU-Richtlinien für einheitliche Wärmebelastungsgrenzwerte der ESL-Milch zu definieren [MAYER et al., 2010].

Bei der Dauer der Haltbarkeit ist nicht nur die Art des Herstellungsverfahrens ausschlaggebend, sondern eine ganze Reihe wichtiger Faktoren spielen für deren zukünftigen Erfolg eine entscheidende Rolle. Nachstehend sind die acht wichtigsten Punkte aufgelistet, die einen Beitrag zur langen einwandfreien Haltbarkeit leisten:

- Rohmilchqualität (< 100 000 KbE/ml)
- Keimreduktionsverfahren
- aseptische Leitungsführung
- spezielle Ventiltechnik oder Sterilventile
- sterilluftüberlagerte Tanks oder drucküberlagerte Steriltanks

- geschlossene Abfüllanlage mit Sterilluft über dem Füllorgan oder Aseptikanlage
- entkeimtes Verpackungsmaterial
- lückenlose Kühlkette

[STRAHM und EBERHARD, 2009].

6.4 Vor- und Nachteile der ESL-Milch

Wie jedes Produkt hat auch die ESL-Milch sowohl Vor- als auch Nachteile. Die ESL-Milch ist ein Kompromiss zwischen Natürlichkeit und Convenience. Das Hauptaugenmerk liegt hierbei auf die längere Haltbeitsdauer. Die ESL-Milch ist im ungeöffnetem Zustand wesentlich länger haltbar als die Frischmilch und kann in größeren Mengen für den Vorrat eingekauft werden. Die geöffnete Packung muss jedoch wie die Frischmilch innerhalb weniger Tage aufgebraucht werden. Die H-Milch ist zwar um einiges länger haltbar als die ESL-Milch, jedoch im geöffneten Zustand ebenfalls zum baldigen Verzehr bestimmt.

Ein weiterer Vorteil ist der Geschmack der ESL-Milch. Sie ist mit der Frischmilch vergleichbar und weist im Gegensatz zu der H-Milch keinen Kochgeschmack auf. Der Nährwertverlust gegenüber der Frischmilch ist je nach Herstellungsverfahren sehr gering und hat keine nennenswerten Auswirkungen auf den Konsumenten. Auch der Handel und die Logistik profitieren von der längeren Haltbarkeit der ESL-Milch. Sie muss nicht innerhalb weniger Tage verkauft werden und umgeht somit dem raschen Abverkauf. Des Weiteren ist die Lagerdauer nicht so hoch wie bei der H-Milch.

Wo Vorteile sind, gibt es auch Nachteile, denn die ESL-Milch muss zusätzlich kühl gelagert werden. Wurde die Kühlkette unterbrochen oder die Mindestkühltemperatur nicht eingehalten ist die ESL-Milch wie die Frischmilch nur kurze Zeit haltbar. Ein weiterer Nachteil ist, dass der Handel aufgrund des

geringeren Aufwandes die Frischmilch zur Gänze aus dem Regal verbannt, obwohl der Bedarf nach Frischmilch gegeben ist.

Problematisch ist auch die ungenaue Kennzeichnung der ESL-Milch. Für Laien ist teilweise nicht erkennbar, um welche Art von Milch es sich handelt. Weiters fehlt oft der Hinweis, welches Verfahren bei der Herstellung von ESL-Milch angewandt wurde. Die Bezeichnungen „länger frisch“ oder „länger haltbare Frischmilch“ geben nur den Hinweis darauf, dass es sich hierbei um keine richtige Frischmilch handelt, jedoch nicht, welches Verfahren eingesetzt wurde. Das Verfahren selbst spielt jedoch eine wichtige Rolle im Hinblick auf die schonende Behandlung der Milch, deren Geschmack, Nährstoffgehalt und Haltbarkeitsdauer. Eine weitere Problematik ergibt sich, dass bei sehr vielen sensorischen Studien im vorhinein nicht zwischen „guter“ und „schlechter“ ESL-Milch differenziert wird. Es kann somit kein signifikanter Unterschied zwischen pasteurisierter Milch und ESL-Milch festgestellt werden, was ein grundlegender Fehler im Versuchsplan ist.

ESL-Milch ist nicht gleich ESL-Milch. Nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die einzelnen Verfahrensarten und deren Vor- und Nachteile auf die Technologie und auf das Produkt.

ESL-Verfahren	Technologie / Verfahren		Produkt	
	+	-	+	-
Direkte Erhitzung	<ul style="list-style-type: none"> - vielseitig einsetzbar (geeignet auch für andere Produkte) - schonend 	<ul style="list-style-type: none"> - aseptischer Homogenisator - Wärmerückgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> - wenig Kochgeschmack - geringe Molkenproteindenaturierung 	
Indirekte Erhitzung	<ul style="list-style-type: none"> - vielseitig einsetzbar (geeignet auch für andere Produkte) - normaler Homogenisator - Wärmerückgewinnung - Anschaffungspreis 	<ul style="list-style-type: none"> - Nicht sehr schonend 		<ul style="list-style-type: none"> - Kochgeschmack - Molkenproteindenaturierung
Mikrofiltration	<ul style="list-style-type: none"> - Keramikfilter bis über 5 Jahre haltbar - grössere Erfahrungen als bei der Tiefenfiltration - besserer Wirkungsgrad als bei der Tiefenfiltration 	<ul style="list-style-type: none"> - grosse Pumpen erforderlich - Retentat 	<ul style="list-style-type: none"> - wenig Kochgeschmack - geringe Molkenproteindenaturierung 	
Tiefenfiltration	<ul style="list-style-type: none"> - es fällt kein Retentat an - kleinere Pumpen als bei der Mikrofiltration - geringerer Stromverbrauch als bei der Mikrofiltration 	<ul style="list-style-type: none"> - Filter nach ca. 125 Prod. auszutauschen - Hohe Unterhaltskosten - geringerer Wirkungsgrad als bei der Mikrofiltration - wenig Erfahrungen 	<ul style="list-style-type: none"> - wenig Kochgeschmack - geringe Molkenproteindenaturierung 	
Bactofugation / Pasteurisation	<ul style="list-style-type: none"> - Entfernung von Nicht-Milch-Bestandteilen - Niedriger Energieverbrauch - Einfacher Prozess - Überschaubare Betriebskosten 	<ul style="list-style-type: none"> - Noch wenig Erfahrungen vorhanden - Wirkungsgrad der Keimreduktion bei hoher Keimbelastung der Ausgangsroh Milch ev. problematisch 	<ul style="list-style-type: none"> - wenig Kochgeschmack - geringe Molkenproteindenaturierung 	<ul style="list-style-type: none"> - Haltbarkeit ca. 20 Tage

Tabelle 6.3 Vor- und Nachteile der verschiedenen ESL-Verfahren
Quelle: [STRAHM und EBERHARD, 2010]

6.5 Kennzeichnung der ESL-Milch

Milch und Milchprodukte unterliegen in Österreich den Bestimmungen des Österreichischen Lebensmittelkodex, jedoch ist für die ESL-Milch noch keine eigene und einheitliche Regelung erfasst. Aufgrund der unterschiedlichen

Herstellungsvarianten, insbesondere bei den Erhitzungsmethoden ähnelt die ESL-Milch einer H-Milch. Daher fordern die Konsumentenschützer eine klare Deklaration der ESL-Milch [www.konsument.at, 06.05.2011]. Konsumenten gehen beim Kauf einer Frischmilch davon aus, dass es sich hierbei um eine konventionelle pasteurisierte Milch handelt, die den kleinstmöglichen Verarbeitungsgrad aufweist. Die EU regelt die Kennzeichnung der ESL-Milch nicht einheitlich. Daher will Deutschland auf nationaler Ebene eine einheitliche Kennzeichnungsverordnung herausbringen. Demnach wäre die klassische Frischmilch mit dem Zusatz „traditionell hergestellt“ und die ESL-Milch mit dem Zusatz „länger haltbar“ zu deklarieren. In der Schweiz gibt es für die klassischen Verfahren wie Pasteurisation, Hochpasteurisation und UHT einheitliche Richtlinien, während für die Verfahren der Mikro- und Tiefenfiltration in Kombination mit einer Hoherhitzung keine Deklarationspflicht besteht [GROSSENBACHER, 2009]. Der Großteil der Produzenten kennzeichnet die ESL-Milch. Wer auf Nummer sicher gehen will, soll auf die Bezeichnung „hocherhitzt“ auf der Verpackung achten.

6.6 Marktentwicklung und -chancen

Durch die neuen ESL-Technologien haben sich neue Marktchancen in der Nahrungsmittelindustrie, insbesondere im Milchsektor, ergeben. In den letzten Jahren ist der Verbrauch an Milch stetig gesunken. Zum einen hängt es damit zusammen, dass die Geburtenrate abgenommen hat und somit weniger Kinder geboren werden. Gerade in der Kindheit und in der Jugend wird vermehrt Milch getrunken. Zum anderen könnte auch die Verfügbarkeit ein Grund sein. Die geringe Haltbarkeit der Frischmilch ist verbunden mit häufigerem Einkaufen, was wiederum durch die heutigen geschäftigen Lebensumstände nicht umsetzbar ist. Der H-Milch-Verbrauch ist zwar kontinuierlich gestiegen, konnte aber den Rückgang der Frischmilch nicht ausgleichen, was zum Absinken des Milchsegments führt. Die ESL-Milch erfreut aufgrund ihres Geschmacks und ihre Natürlichkeit einer pasteurisierten Milch mit dem Conveniencevorteil der H-Milch durch ihre längere Haltbarkeit immer mehr Beliebtheit. Aufgrund ihrer

gleichbleibenden Qualität und längeren Haltbarkeit von bis zu 21 Tagen nimmt die ESL-Milch der klassischen Frischmilch immer mehr Marktanteile ab [DYCK et al., 2004].

Die nachstehende Abbildung 6.1 zeigt ganz deutlich die Marktentwicklung der Trinkmilch. Die Absatzentwicklung der ESL-Milch ist gegenüber dem Jahr 2007 um über 30 % gestiegen.

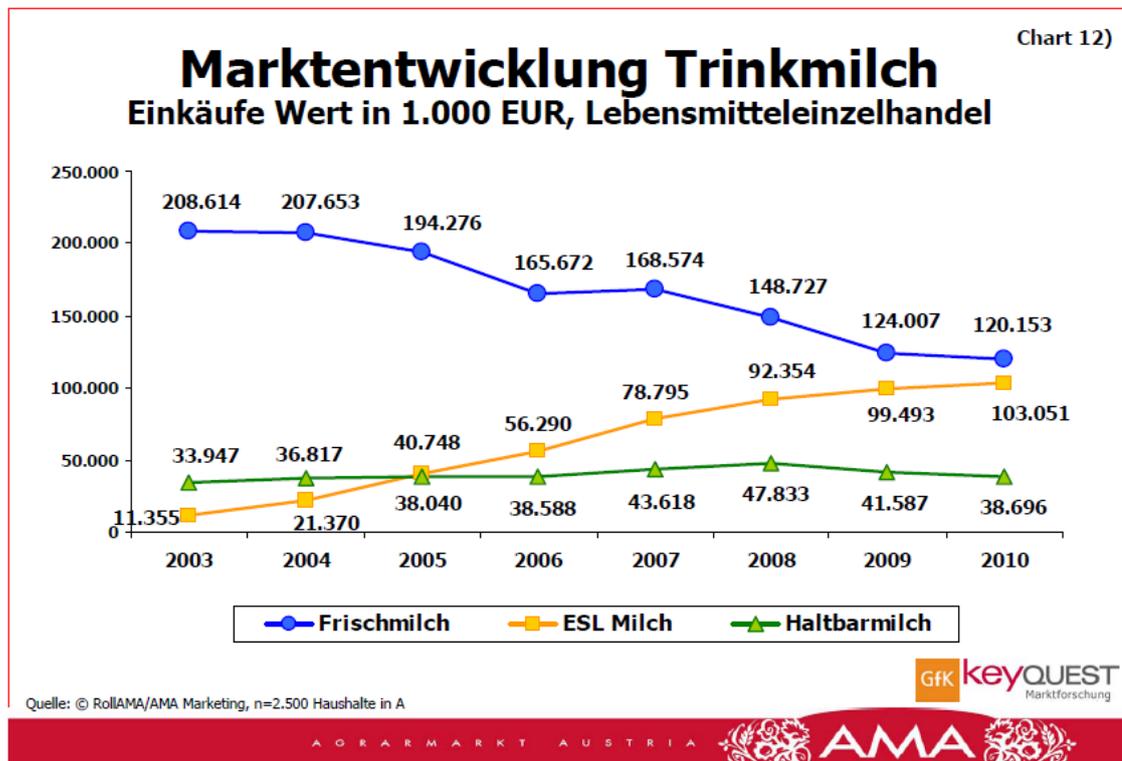


Abbildung 6.1 Marktentwicklung Trinkmilch
Quelle: www.ama-marketing.at (26.03.2011)

Der Anteil der ESL-Milch hat sich seit dem Jahr 2006 fast verdoppelt. Danach hat die ESL-Milch zwar prozentmäßig weiter zugelegt, die wertmäßige Zuwachsrates ist jedoch leicht abgeflacht. Der ESL-Milchanteil im Lebensmitteleinzelhandel mit knapp 40 % stehen nun rund 46 % Frischmilch gegenüber. Diese Zahlen bestätigen das positive Urteil für ESL-Milch beim Verbraucher. Die H-Milch kann sich seit dem Jahr 2003 konstant halten. Grund

dafür ist die extrem lange Haltbarkeit im ungekühlten Zustand verbunden mit den deutlichen Fortschritten in Qualität und Geschmack sowie ihr tiefer Preis und ihre Präsenz im Discount [LENDERS, 2007; GROSSENBACHER, 2009].

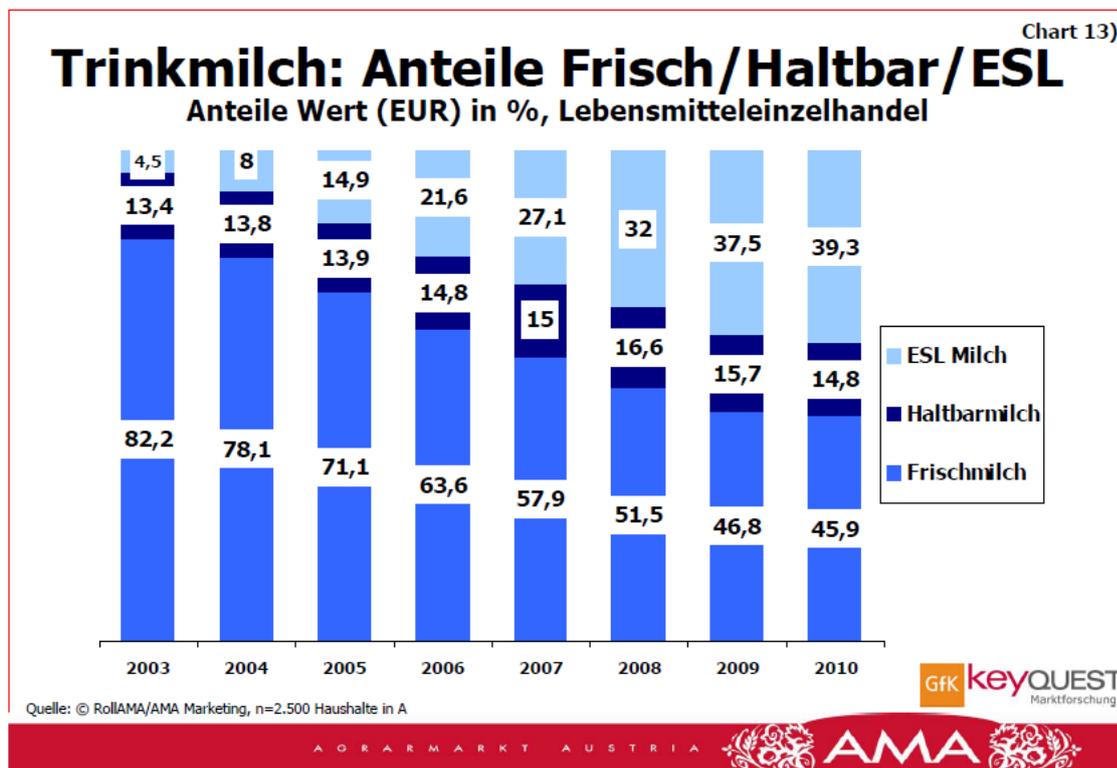


Abbildung 6.2 Trinkmilch: Anteile Frisch / Haltbar / ESL
Quelle: www.ama-marketing.at (26.03.2011)

Die RollAMA hat mittels Renner-Penner-Analyse die LEH-Produktgewinner bzw. –verlierer im Zeitraum von 2008 bis 2010 ermittelt. Die ESL-Milch erweist sich hierbei als der Super-Renner mit 24,6 %. Zu den klaren Verlierern zählt die Frischmilch mit 15,2 %. Auch die H-Milch gehört zu den „Pennern“.

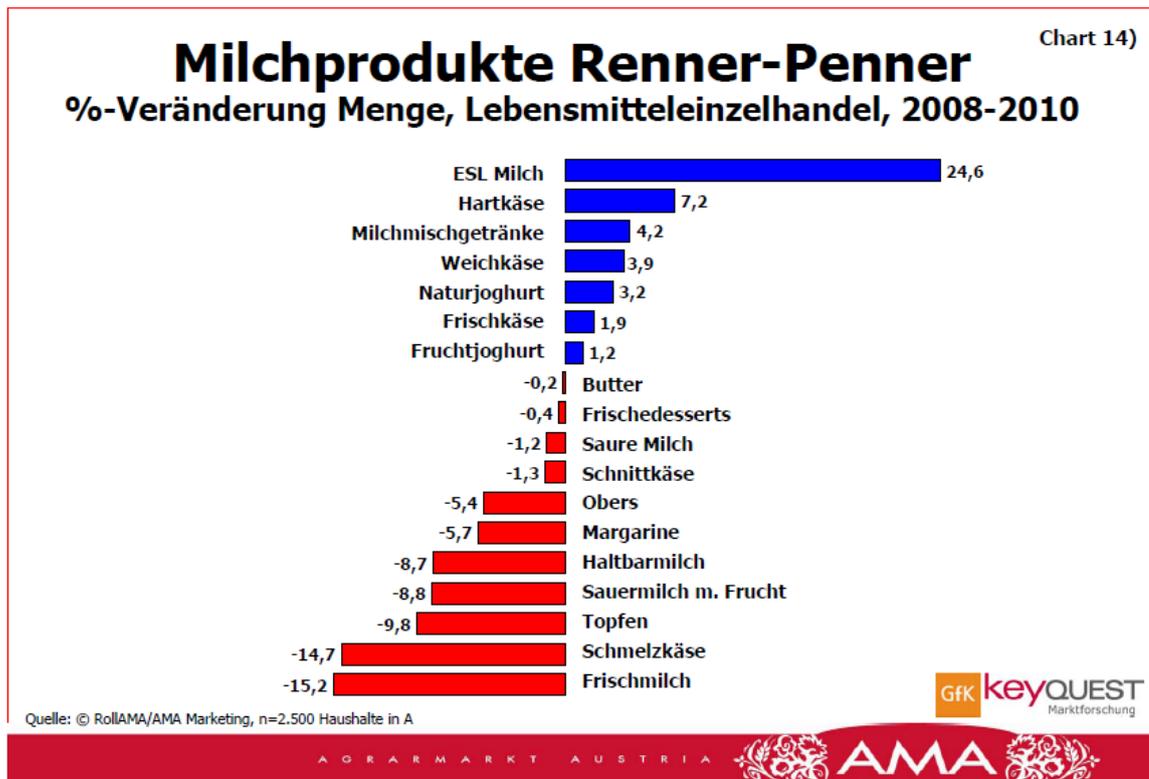


Abbildung 6.3 Milchprodukte Renner-Penner
Quelle: www.ama-marketing.at (26.03.2011)

Die klaren Vorteile bzw. Nutzen für die ESL-Milch-Konsumenten sind:

- Vorratslücken durch häufiges „out of stock“⁴ im Haushalt und im Handel werden geschlossen
- Einkaufszyklen werden durch längere Haltbarkeit und Bevorratung reduziert
- geringere Qualitätsbeanstandungen aufgrund höherer bakteriologischer Sicherheit
- gleichbleibende Qualität fördert das Vertrauen in das Produkt

⁴ out of stock, wird im Einzelhandel zumeist als „ausverkauft“ oder „vergriffen“ bezeichnet

- höhere Verfügbarkeit von ernährungsphysiologisch hochwertigen Frischprodukten

[DYCK et al., 2004].

7 NACHWEISVERFAHREN

In diesem Kapitel werden die drei wichtigsten Nachweisverfahren, die zur Bestimmung der Hitzeindikatoren eingesetzt werden, kurz näher beschrieben.

7.1 Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC)

Die Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (engl. high performance liquid chromatography) ist ein chromatographisches Trennverfahren mittels der auch nicht flüchtige Substanzen, im Gegensatz zu Gaschromatographie, analysiert werden können. Der zu untersuchende Stoff wird mit einem Laufmittel, sogenannte mobile Phase, in die Trägersäule (stationäre Phase) injiziert. Aufgrund der unterschiedlichen Wechselwirkungen mit der stationären und mobilen Phase kommt es zu unterschiedlichen Verweildauern in der stationären Phase. Ist die Wirkung der Substanz stark, verweilt sie länger in der der Trägersäule, ist die Wirkung der Substanz schwach, verlässt die Substanz schneller die stationäre Phase. Dadurch kommt es zu unterschiedlichen Retentionszeiten. Anschließend wird mittels geeigneten Detektoren nachgewiesen, um welche Substanzen es sich handelt. Je nach Aufbau der stationären Phase wird unterschieden in:

- Normalphasenchromatographie (normal-phase-chromatographie NP): hierbei ist die stationäre Phase polar und die mobile Phase unpolar, d.h. je polarer die Substanzen sind, desto stärker werden sie an der stationären Phase zurückgehalten.
- Umkehrphasenchromatographie (reversed-phase-chromatographie RP): hierbei ist die stationäre Phase unpolar und die mobile Phase polar, d.h. weniger polare Stoffe werden an der unpolaren stationären Phase stärker zurückgehalten als polare Substanzen.

Bei den Detektoren gibt es vier verschiedene Arten: photometrischer Detektor, Refraktometer, elektrochemischer Detektor sowie die spektrometrischen Methoden [LORBER, 2010].

7.2 Elektrophorese

Die Elektrophorese zählt zu den wichtigsten Trennmethoden und dient vorwiegend zur Trennung von Proteinen. Die Trennung der elektrisch geladenen Teilchen, sogenannte Ionen, erfolgt aufgrund unterschiedlicher Wanderungsgeschwindigkeit in einem elektrischen Feld. Es gibt verschiedene Formen von Elektrophorese:

- bei der Filter- oder Gelelektrophorese wird die Probe auf ein Trägermaterial aufgetragen,
- bei der Kapillarelektrophorese wird die Probe in eine Kapillare injiziert.

Danach erfolgt das Anlegen einer hohen Spannung. Durch die unterschiedliche Ionenladung bewegen sich die einzelnen Moleküle unterschiedlich schnell durch das Trägermaterial. Die Elektrophorese eignet sich daher sehr gut zur Auftrennung von Stoffgemischen. Der Nachweis erfolgt meistens mittels UV-Spektrometrie [PUXBAUM und ROSENBERG, 2005].

7.3 Gaschromatographie (GC)

Bei Gaschromatographie werden flüchtige Verbindungen getrennt. Die zu analysierenden Substanzen werden durch einen Gasstrom (mobile Phase) über eine stationäre Phase in einer Trägersäule transportiert. Die verschiedenen chemischen Komponenten werden mehr oder weniger stark zurückgehalten und erreichen nach unterschiedlichen Zeiten den am Ende der Säule befindlichen Detektor. Bei der GC gibt es eine Reihe von Detektoren, die nach unterschiedlichen Kriterien ausgewählt werden. Der bekannteste und häufig eingesetzte Detektor ist der Flammenionisationsdetektor (FID) [MATISSEK et al., 2010; SCHWEDT und VOGT, 2010].

8 SCHLUSSBETRACHTUNG

Abschließend betrachtet sind die Auswirkungen der diversen technologischen Verfahrensschritte der ESL-Milch ernährungsphysiologisch unbedenklich. Bei einigen Herstellungsmethoden können aufgrund unterschiedlicher sensorischen Empfindungen geringfügige Abweichungen hinsichtlich Geschmacks festgestellt werden. Der minimale Vitaminverlust kann als vernachlässigbar angesehen werden. Nicht nur die Güteklasse 1 der Rohmilch ist entscheidend für die lange Haltbarkeit der ESL-Milch, sondern der ganze Prozessverlauf muss unter strengsten hygienischen Bedingungen erfolgen sowie die Einhaltung der Kühl- und Lagertemperaturen sind Grundvoraussetzungen.

Zur Unterscheidung der einzelnen Herstellungsverfahren haben sich hier besonders die Hitzeindikatoren Furosin und Lactulose, die deutliche Konzentrationszunahmen im höheren Temperaturbereich aufweisen, sowie die Molkenproteine β -Lactoglobulin und α -Lactalbumin, deren Konzentration mit der Erhitzung abnimmt, bewährt.

Als produktschonenste Verfahren aufgrund ihrer geringen thermischen und mechanischen Belastung kann die Tiefenfiltration angesehen werden. Wobei dieses mechanische Verfahren bereits von dem neuentwickelten Lebensprodukte-Verfahren hinsichtlich der niedrigen Anschaffungskosten und Einsparung energieintensiver Produktionsschritte, wie Homogenisation, überholt wird.

Mangel besteht nach wie vor in der Deklarationspflicht aufgrund der Gesetzeslücke. Immer mehr Firmen kennzeichnen freiwillig ihre ESL-Milch zum Unterschied zu der konventionellen pasteurisierten Frischmilch. Jedoch fehlt meist noch immer die klare Kennzeichnung, um welche Art des Herstellungsverfahrens es sich handelt.

9 ZUSAMMENFASSUNG

Die ESL-Milch, hierzulande meist als „länger frisch“ oder „länger frisch genießen“ deklariert, erobert immer mehr die Verkaufsregale. Um die Tendenz zum Verbrauch anderer nichtalkoholischer Getränke entgegen zu wirken, werden und werden die Produzenten gezwungen, ein Produkt zu entwickeln, das die Natürlichkeit einer konventionellen Frischmilch enthält, verbunden mit dem Conveniencevorteil. Die Qualität und die hierfür bestimmten Kriterien beeinflussen die Haltbarkeitsdauer der ESL-Milch.

In der gegenständlichen Diplomarbeit wurden die verschiedensten Trinkmilcharten vorgestellt und auf die Anforderungen zur Herstellung der ESL-Milch, vom Milchlieferranten bis zur Lagerung in der Kühlvitrine, näher eingegangen. Weiters wurden die einzelnen Herstellungsverfahren genauer analysiert und die Vor- und Nachteile der einzelnen Technologien erörtert.

Im Zuge der Hitzebelastung bei den unterschiedlichsten Verfahrensanwendungen kommt es zur Inaktivierung hitzelabiler Enzyme, Denaturierung der Molkenproteine und zu chemischen Reaktionsprodukten, die letztendlich zum Nachweis hochehitzter Milch dienen. Der Nachweis erfolgt entweder enzymatisch, spektrometrisch oder fluorometrisch bzw. mittels Geräten, wie HPLC, Elektrophorese und GC.

Weiters wurde in dieser Diplomarbeit auf die ernährungsphysiologische Sichtweise eingegangen. Je höher die Konzentration der Molkenproteine und je niedriger die Erhitzungsprodukte sind, desto wertvoller bzw. „natürlicher“ kann die Milch gesehen werden.

10 ABSTRACT

ESL milk, that is mostly referred to as „länger frisch“ (longer fresh) or „länger frisch genießen“ (enjoy it fresh for a longer time) in Austria manifests itself more and more on the retail shelves. In order to counteract other non-alcoholic drinks, the producers have been called up to develop a product that contains the natural features of fresh milk and combines them with the advantages of convenience drinks. It is the quality and the defined criteria thereof that influence the durability of ESL milk.

In the diploma thesis at hand, the different kinds of (drinking) milk are introduced and also more closely discussed regarding the requirements for the production of ESL milk – thus covering the supply chain from the milk supplier to the storage in the refrigerated display cases. Furthermore, the respective production procedures have been analysed in more detail and the dis-/advantages have been elaborated on.

The manifold methods of application used in the course of the thermal load result in the inactivation of heat-labile enzymes, the denaturalisation of whey protein, and finally in chemical reaction products that finally serve the proof of heat-treated milk. The proof can either be made enzymatically, spectrometrically or fluorometrically and by use of devices such as HPLC, electrophoresis and GC respectively.

Furthermore the diploma thesis focuses on the nutritional view. Accordingly, milk can be considered the more valuable and ‘natural’, the higher the concentration of the whey proteins, and the lower the heated products is.

11 LITERATURVERZEICHNIS

BALTES W. Lebensmittelchemie. 5. Auflage. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2007; 347-350

BAUMRUCKER C. Purification of γ -glutamyl transpeptidase of milk membranes. Journal of Dairy Science, 1980, 63: 49-54

BELITZ H-D, GROSCH W, Schieberle P. Milch und Milchprodukte. In: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 6. Auflage. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2008: 528-529, 533-537

CHEVALIER F, CHOBERT J-M, POPINEAU Y, NICOLAS M G, HAERTLÉ T. Improvement of functional properties of β -lactoglobulin glycated through the Maillard reaction is related to the nature of the sugar. International Dairy Journal, 2001b, 11: 145-152

CLAEYS W L, SMOUT C, VAN LOEY A M, HENRICKX M E. From Time Temperature Integrator Kinetics to Time Temperature Integrator Tolerance Levels Heat-Treated Milk. Biotechnology Program, 2004, 20: 1-12

CLEAYS W L, VAN LOEY A M, HENDRICKX M E. Intrinsic time temperature integrators for heat treatment of milk. Trends in Food Science & Technology 2002, 13: 293-311

DYCK B, Tetra Pak Processing. ESL-Milch – Herstellung und Chancen. Deutsche Milchwirtschaft, Glinde, 1999, 50: 638-639

DYCK B. OSA-Konzept für UHT-Linien. Deutsche Milchwirtschaft, Glinde, 2002, 53: 98-99

DYCK B, Tetra Pak Processing GmbH. Das OSA-Verfahren. Deutsche Molkerei Zeitung, Glinde, 2004, 4: 32-34

DYCK B, Tetra Pak Processing. Neue Marktchancen durch ESL-Technologie. Deutsche Molkerei Zeitung, Reinbek, 2004, 20: 22-25

EBERMANN R, ELMADFA I. Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung. Springer-Verlag, Wien, 2008; 306-315

- ELLNER R. Fragen und Antworten zur milchwirtschaftlichen Mikrobiologie. 2. Auflage. B. Behr's Verlag GmbH & Co., Hamburg, 2002; 33
- ENEROTH A. Bacteriological hygiene in the production of pasteurized milk. Doctoral thesis, Lund University, 1999
- FOISSY H. Technologie der Milch. Skriptum. IBM-Verlag, Universität für Bodenkultur Wien, 2005; 2-30
- FRANZEN M. Ursachen und Bedeutung quantitativer Unterschiede in den Proteinfractionen der Kuhmilch. Institut für Milcherzeugung der Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel, 1994, 8
- GALLMANN P, EBERHARD P, SIEBER R. Vor- und Nachteile der ESL (Extended Shelf Life)-Milch. FAM-INFO, Bern, 2001, 423: 3-9
- GROSSENBACHER M. Schleichender Einzug in die Regale. Alimenta, 2009, 12: 22-23
- GEA Prozess Engineering GEA TDS GmbH: Prozessverfahren für die Produkt von ESL-Milch, Sarstedt, 2011, 1-20; [http://www.gea-tds.de/tdsde/cmsresources.nsf/filenames/TDS_ESL_Milchbroschuere_deu.pdf/\\$file/TDS_ESL_Milchbroschuere_deu.pdf](http://www.gea-tds.de/tdsde/cmsresources.nsf/filenames/TDS_ESL_Milchbroschuere_deu.pdf/$file/TDS_ESL_Milchbroschuere_deu.pdf) (15.07.2011)
- HENKE J. Verfahrenstechniken zur Behandlung von ESL-Milch. Food Technologie Magazin, 2009, 2: 4-5
- HERNÁNDEZ M, VAN MARKWIJK B, VREEMAN H. Isolation and properties of lactoperoxidase from bovine milk. Netherlands Milk & Dairy Journal, 1990, 44: 213-231
- HOFFMANN W, KIESNER C, CLAWIN-RÄDECKER I, MARTIN D, EINHOFF K, LORENZEN P C, MEISEL H, HAMMER P, SUHREN G, TEUFEL P. Processing of extended shelf life milk using microfiltration. International Journal of Dairy Technology, 2006, 59: 229-235
- HÜLSEN U. Länger haltbare Trinkmilch – technologische Herstellungsmöglichkeiten. Deutsche Milchwirtschaft, 1999, 50: 588-591

KAUFMANN V, SCHERER S, KULOZIK U. Stoffliche Veränderungen in Konsummilch durch haltbarkeitsverlängernde Verfahren. Deutsche Milchwirtschaft, 2009, 60: 262-266

KAUFMANN V, SCHERER S, KULOZIK U. Verfahren zur Verlängerung der Haltbarkeit von Konsummilch und ihre stofflichen Veränderungen: ESL-Milch. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2010, 5: 59-64

KIRSCHENMANN B. Drei Wochen Haltbarkeit – voller Trinkgeschmack. Deutsche Milchwirtschaft, 2006, 57: 143-144

LENDERS D. In Zukunft immer länger frisch. Pressespiegel Agra-Europe (AgE), 2007, 39: 50ff

LJALIN W. u.a. Länger haltbare Milch durch Membran-Sterilisation. Deutsche Milchwirtschaft, 2010, 61: 150-152

LORBER K E. Angewandte Umweltanalytik. Montan Universität, Leoben, 2010, 2, 5-6, 9; <http://iae.unileoben.ac.at/download/skripten/aua/Teil13.pdf> (17.05.2011)

MARCONI E, MESSIA M C, AMINE A, MOSCONE D, VERNAZZA F, STOCCHI F, PALLESCI G. Heat-treated milk differentiation by a sensitive lactulose assay. Food Chemistry, 2004, 84: 447-450

MARTIN D, LORENZEN P C, KIESNER C, SCHLIMME E. Unterscheidung von kurzzeit- und hocherhitzter Milch durch thermische Inaktivierung von Milchenzymen. Deutsche Milchwirtschaft, 2001, 52: 62-64

MATISSEK R, STEINER G, FISCHER M. Lebensmittelanalytik. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2010, 360-363

MAURER F. ESL-Milch in der Wahrnehmung des Verbrauchers. Landesvereinigung der Milchwirtschaft Nordrhein-Westfalen e.V., 2010, 15/10; http://www.milch-nrw.de/fileadmin/redaktion/pdf/Pressearchiv/2010/Presse_Info_2010_ESL-Milch.pdf (03.08.2011)

- MAYER H.K, RABA B, MEIER J, SCHMID A. RP-HPLC analysis of furosine and acid-soluble β -lactoglobulin to assess the heat load of extended shelf life milk samples in Austria. Dairy Sci. Technol., 2010, 90: 413-428
- MORALES F-J, JIMÉNEZ-PÉREZ S. HMF formation during heat-treatment of milk-type products as related to milkfat content. Journal of Food Science, 1999, 64: 855-859
- MORALES F-J, ROMERO C, JIMÉNEZ-PÉREZ S. Characterization of industrial processed milk by analysis of heat-induced changes. International Journal auf Food Science and Technology, 2000, 35: 193-200
- OLSZEWSKI E, REUTER H. The inactivation and reactivation behaviour of lactoperoxidase in milk at temperatures between 50°C and 135°C. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 1992, 194: 235-239
- PIZZOFERRATO L, MANZI P, VIVANTI V, NICOLETTI I, CORRADINI C, COGLIANDRO E. Maillard reaction in milk-based foods: nutritional consequences. Journal of Food Protection, 1998, 61:235-239
- PUXBAUM H., ROSENBERG E. Vo „Analytische Chemie“. Technische Universität Wien, 2005, 8: 2-4; http://www.iac.tuwien.ac.at/erosen/lva/164053/VO_ACI_Teil6.pdf (17.05.2011)
- RIEMELT I, BARTEL B, MALCZAN M. Milchwirtschaftliche Mikrobiologie. 2. Auflage. B. Behr's Verlag GmbH & Co. KG, Hamburg, 2003: 229-237
- ROLLAMA / AMA MARKETING. http://www.ama-marketing.at/home/user/6/Pressecharts_RollAMA_final_6.pdf (26.03.2011)
- RYSSTAD G, KOLSTAD J. Extended shelf life milk – advances in technology. International Journal of Dairy Technology, 2006; 59: 85-95
- SCHILHABEL W, SCHÖNLEBEN G. Trinkmilch: Traditionell hergestellt und länger haltbar. Deutsche Molkerei Zeitung, 2010; 15: 30-32

SCHLIMME E, CLAWIN-RÄDECKER I, EINHOFF K, KIESNER C, LORENZEN P, MARTIN D, MEISEL H, MOLKENTIN J, PRECHT D. Studies on distinguishing features for evaluating heat treatment of milk. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte, 1996, 48: 5-36

SCHLIMME E, KIESNER C, LORENZEN P, MARTIN D. Chemical process parameters for thermal inactivation of alkaline phosphatase in milk. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte, 1997, 49: 207-219

SCHWEDT G, VOGT C. Analytische Trennmethoden. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2010; 179-223

SCHWERMANN S, SCHWENZOW U. Verfahrenskonzepte zur Herstellung von ESL-Milch. Deutsche Milchwirtschaft, 2008; 59: 1-14

SEPULVEDA D, GÓNGORA-NIETO M M, GUERRERO-BELTRAN J A, BARBOSA-CÁNOVAS G V. Production of extended shelf life milk by processing pasteurized milk with pulsed electric fields. Journal of Food Engineering. 2005, 67: 81-86

SPREER E. Technologie der Milchverarbeitung. 8. Auflage. B. Behr's Verlag GmbH & Co., Hamburg, 2005; 25-45, 166-167

STRAHM W, EBERHARD P. Milch wird hoch erhitzt oder filtriert. Alimenta, 2009, 12: 25-27

STRAHM W, EBERHARD P. Trinkmilchtechnologien. 2. Auflage. Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 2010, 79: 7, 14-16, 19-29

TÖPEL A. Chemie und Physik der Milch. B. Behr's Verlag GmbH & Co. KG, Hamburg, 2004; 272-275, 315-326, 363-368, 556-569

WIKIPEDIA. Die freie Enzyklopädie. Lactose
<http://de.wikipedia.org/wiki/Lactose> (15.06.2011)

VAN BOEKEL M. Effect of heating on Maillard reactions in milk. Food Chemistry, 1998, 62: 403-414

VKI: Verein für Konsumenteninformation. ESL-Milch: haltbar statt frisch. <http://www.konsument.at/cs/Satellite?pagename=Konsument%2FMagazinArtikeI%2FDetail&cid=318873008359> (06.05.2011)

WESTERMAIR T, BECKMANN K, MUVA KEMPTEN. Die rechtliche Situation an der Schnittstelle Verpackung – Lebensmittel. Deutsche Molkerei Zeitung, 2010, 17: 20

12 LEBENS LAUF

Name: Hildegard Strobl
Geburtsdaten: Neunkirchen, 09. September 1979
Staatsbürgerschaft: Österreich
Familienstand: Lebensgemeinschaft
Tochter Viktoria (05/2006)
Sohn Rafael (12/2008)

Berufserfahrung

02/2004-03/2006 Poinstingl & Partner OEG in 1060 Wien
Büroangestellte

07/2002-12/2003 Dr. Skoda & Dr. Moshammer in 1100 Wien
Notariatsangestellte

07/1999-09/2001 Notariat Dr. Bauer in 2870 Aspang
Notariatsangestellte

Studienbegleitende Tätigkeiten

Praktikum bei der Firma K. Heyer Gesellschaft m.b.H., 2620 Natschbach, in der Qualitätssicherung

Praktikum bei der Firma Jungbunzlauer Austria AG, Werk Pernhofen, 2064 Wulzeshofen, in der Qualitätssicherung Xanthan, Aufgabengebiet: chemisch-präparative Analysen sowie mikrobiologische Untersuchungen

Ausbildung

06/1999 Matura an der Höheren Lehranstalt für wirtschaftliche Berufe in 2700 Wiener Neustadt