EINFLUSS DER THERMISCHEN BEHANDLUNG VON MILCH AUF DEN ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGISCHEN WERT

B. BLANC

Eidgen. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft
Liebefeld-Bern

Zusammenfassung

Der Einfluß der üblichen Behandlung von Milch (Pasteurisierung, direkte oder indirekte Behandlung mit ultrahohen Temperaturen) wurde während eines ganzen Jahres an monatlich erhobenen Proben multidisziplinär untersucht. Dabei wurden über 60 biophysikalische, biochemische, chemische, mikrobiologische und hygienische Faktoren sowie solche des ernährungsphysiologischen Verhaltens berücksichtigt. Diese Untersuchung wird durch (noch laufende) Versuche über den Einfluß der Lagerung auf die wichtigsten Eigenschaften der Milch vervollständigt werden.

Während die thermischen Behandlungen keinerlei Einfluß auf den Kalziumgehalt und die Kalziumverfügbarkeit (die als Modell des Mineralstoff-Verhaltens gewählt wurden) ausüben und zudem erstaunlicherweise zwischen Rohmilch und erhitzter Milch in Bezug auf das Vorkommen mehrerer Vitamine (A, B_1, B_2, B_6, PP) und das Spektrum der (Total- und freien) Aminosäuren keine signifikanten Unterschiede

bestehen, lieferte die Untersuchung Informationen grundsätzlicher Natur über:

- die simultanen Variationen der zahlreichen während der Behandlung untersuchten Faktoren,
- die charakteristischen jahreszeitlichen Schwankungen und deren Wechselbeziehungen,
- das Verhalten einer beschränkten Anzahl von Faktoren während der Lagerung.

Zahlreiche Kriterien erlauben, folgende Reihenfolge der zunehmenden Veränderungen festzustellen, welche die als Beziehungsbasis dienende Rohmilch erfährt:

Rohmilch > bei 72°C pasteurisierte Milch > bei 92°C pasteurisierte Milch > UHT direkt > UHT indirekt. Hingegen erlauben Fütterungsversuche an Ratten über 9 Generationen kein endgültiges Urteil über die Wirkung, die diese verschiedenen Milchtypen auf das Wachstum der Jungtiere und die Fruchtbarkeit der Muttertiere ausüben.

Einführung

Mit ihrer komplexen Struktur bietet die Milch ein besonders geeignetes Beispiel zur Untersuchung des Einflusses von in der Nahrungsmittel-Technologie verwendeten Behandlungsverfahren, insbesondere der thermischen Behandlungen.

Die Milch vereinigt in einem homogenen Ganzen mehr als zweihundert bekannte Bestandteile, die sämtliche Gruppen von Nährstoffen vertreten (Proteine, Lipide, Kohlenhydrate,

Vitamine, Mineralstoffe, Spurenelemente), verteilt auf drei Phasen: die Wasser-, Fett- und Gasphase. Auch ihre physikalisch-chemische Struktur ist bemerkenswert, in welcher sich als partikelartige Elemente Leukozyten, somatische Rinderzellen, Fettkügelchen und Kaseinmizellen verteilen.

Der Nährwert einer biologischen Flüssigkeit von so komplexer Zusammensetzung und Struktur kann von der biochemischen Feinstruktur und den Konzentrationen der verschiedenen Bestandteile wie von der physikalisch-chemischen Form, in der sie vertreten sind, abhängen.

Die thermischen Behandlungen ermöglichen eine erhöhte Haltbarkeit der Milch und verbessern damit deren Konsumtauglichkeit. Für die Ernährung des Menschen stellt sich die Frage, ob der Genuß von erhitzter Milch nachteilige Folgen hat oder nicht.

Gewisse Kreise vertreten die Auffassung, daß die rohen Nahrungsmittel Eigenschaften aufweisen, die verloren gehen, wenn sie thermischen Behandlungen unterworfen werden.

Bis jetzt fehlen ausführliche, wissenschaftlich begründete Studien, die es ermöglichen, einen Vergleich herzustellen zwischen den Eigenschaften von Rohmilch und denjenigen von Milch, die mit den üblichen thermischen Verfahren behandelt wurde.

Die Hauptfrage, die unsere Versuche beantworten sollten, ist folgende: Übt die thermische Behandlung der Milch wissenschaftlich leicht feststellbare Einflüsse aus auf die biologische Wertigkeit (im weitesten Sinne) der Milchbestandteile und - nach deren Genuß - auf den physiologischen Zustand des tierischen (und menschlichen) Organismus?

Die Beantwortung dieser schwierigen Frage erforderte ein multidisziplinäres Forschungsprogramm.

Material und Methoden

Im Rahmen dieses Programmes wurden die Eigenschaften der Rohmilch mit denjenigen derselben Milch verglichen, die wie folgt behandelt wurde:

- Pasteurisierung bei 72°C während 15 Sekunden
- Pasteurisierung bei 92°C während 20 Sekunden
- UHT (Ultra Hohe Temperatur) - Behandlung bei 150°C während 2,3 Sekunden mittels Dampfinjektion; nachstehend UHT-direkt genannt
- UHT-Behandlung bei 141°C während 14 Sekunden über 100°C mittels Berührung mit überhitzten Metallflächen; nachstehend UHT-indirekt genannt.

(Homogenisierung bei allen thermischen Behandlungen 200 kg/cm^2)

Abbildung 1 zeigt die Zeit/Temperatur-Diagramme für die verschiedenen angewandten Behandlungen.

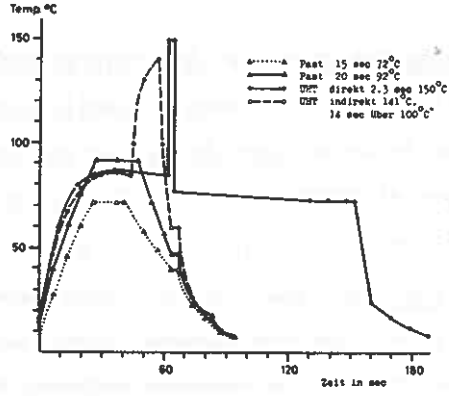


Abbildung 1: Schema der Hitzebehandlung der Milch

Um den Einfluß der Lagerung und die eintretenden Veränderungen zu untersuchen, wurde eine industrielle Versuchsanlage beigezogen, die direkt und indirekt UHT-behandelte Milch herstellt. Die Merkmale der Milch sind vergleichbar mit denjenigen der unter den bereits erwähnten Bedingungen erzielten. Abgefüllt wurde diese Milch in eine aseptische Verpackung (Tetra Pak).

Mischmilch guter Qualität, welche gemäß den Angaben des Schweiz. Milchlieferungsregulativs (BLANC und GEHRIGER, 1971) produziert wird, wurde von der Molkereigenossenschaft Uettlingen bei Bern (Schweiz) während des ganzen Jahres 1976 einmal pro Monat und zuletzt im Januar 1977 geliefert. Versuche über den Einfluß der Lagerung werden im Laufe dieses Jahres durchgeführt und im kommenden Jahr abgeschlossen.

Folgende Faktoren sind systematisch und gleichzeitig in den Proben von Rohmilch und thermisch behandelter Milch bestimmt worden:

- Biophysikalische Faktoren: pH, Reduktionsvermögen, Milliosmolalität (Niederfrequenz) - Leitfähigkeit, Verteilung der Fettkügelchen, Denaturierung der Molkenproteine, Koagulationsverhalten (Lactodynamogramm), O_2 in % Sättigung
- Biochemische Faktoren: Spektrum der Total- und freien Aminosäuren, Verteilung der Kaseine, Verteilung der Molkenproteine. Enzyme: Peroxydase, Amylase, Xanthinoxydase, Lipase, alkalische Phosphatase, Lysozyme.
- Mikrobiologische und hygienische Faktoren: Gesamtkeimzahl am Anfang und nach 24stündiger Bebrütung bei 37°C, Wachstumskurven während der Bebrütung bei 37°C, Wachstumskurven von Propionibacterium shermanii, Latenzzeit vor Beginn des Wachstums von beimpften Mikroorganismen, Zellzahl.
- Chemische Faktoren: Stickstoffverteilung (NPN; Kasein/Albumin/Globulinstickstoff), Kalzium (total, dialysierbar), Fettkonzentration, Gesamt- und freie SH-Gruppen.

Beim Versuch "Einfluß der Lagerung" wurden gewisse der obenerwähnten Kriterien fallengelassen und andere zugesetzt. Das Programm umfaßt folgende Variablen:

Chemische und biochemische Faktoren:

Nicht-Kasein-Stickstoff

Nicht-Protein-Stickstoff (Bestimmung des Niederschlags

bei Verwendung von 4 und 12 % Trichloressigsäure)

Freie Sulfhydryl-Gruppen

Verteilung der Molkenproteine

Verteilung der Kasein-Fraktionen

Sedimentbildung (% Protein)

Freie Fettsäuren

Vitamine A und C, reduzierende Substanzen (PRS nach der abgeänderten AOAC-Methode)

Biophysikalische und rheologische Faktoren:

O_2-Sättigung in %

Homogenisierungseffekt

pH

Viskosität

Oberflächenspannung

Färbungsmerkmale (L : Lumineszenz; a: grün/rote Komponente und b: blau/gelbe Komponente)

Organoleptische Tests sind bereits organisiert und beanspruchen ein großes Kollektiv (über 100 Personen).

Beim Versuch "Einfluß der Lagerung" wurde die Milch bei $5^{o}C$ und $25^{o}C$ gelagert und die Analysen werden 1 Tag, 1,2, 4,8 und 16 Wochen nach der Erhitzung und aseptischen Abfüllung ausgeführt. Es ist vorgesehen, den Versuch bis zur 32. Woche fortzusetzen und zu wiederholen, um zu besser gesicherten Resultaten zu gelangen.

In der Absicht klarzustellen, ob die thermischen Behandlungen den qualitativen Ernährungswert der Milch verschlechtern, sah man sich genötigt, die verschiedenen chemischen, biochemischen, biophysikalischen, klinischen, hygienischen und bakteriologischen Analysemethoden durch Tierversuche zu ergänzen. Diese Versuche wurden mittels eines Fütterungsprogrammes bei 9 aufeinanderfolgenden Rattengenerationen durchgeführt. Dabei wurden 5 Gruppen zu je 16 Paaren (mit einer Ausnahme für die 7. Generation mit 12 Paaren) gebildet und die Tiere konventionell gehalten.

Es wurden folgende Parameter bestimmt: die Wachstumskurve, die Wurfgröße und das Gewicht der Jungtiere bei Geburt und Entwöhnung, das Gewicht der Muttertiere während der Laktationsperiode, das Gewicht verschiedener Organe, sowie histopathologische Analysen verschiedener Organe der männlichen Tiere der F_6- und F_9-Generationen.

Die ersten drei Gruppen wurden mit einer Diät ernährt, die zu 1/3 aus Saccharose, Zellulose, Reisstärke, Mineralstoffen und Vitaminen bestand, die restlichen 2/3 wurden in Form von Milchlyophilisat beigefügt, nämlich:

I: Rohmilch, II: bei 72°C pasteurisierte Milch, III: UHT-indirekt. Die Gruppe IV erhielt eine halbsynthetische und auf Kasein-Methionin basierende Diät, deren Zusammensetzung derjenigen der Milch enthaltenden Diät entsprach. Die Gruppe V erhielt ein Standard-Rattenfutter einer spezialisierten Firma (Nr. 850 der NAFAG in Gossau, Schweiz).

Eine ausführliche Beschreibung der zur Untersuchung des Einflusses der Behandlung und der Lagerung angewandten Methoden wird als eine von der Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft in Liebefeld-Bern veröffentlichte Monographie erscheinen.

Die erhaltenen Daten wurden mittels Elektronenrechner ausgewertet. Die analytischen und methodischen Abweichungen wurden in einer Reihe von Vorversuchen ermittelt.

Resultate

Da die Auswertung der Daten des Versuches "Einfluß der thermischen Behandlung auf die Eigenschaften der Milch" sehr weit fortgeschritten ist - außer derjenigen des Ratten-Fütterungsversuches - können die unten folgenden Teilresultate als praktisch definitiv gelten. Dies ist hingegen nicht der Fall für die Werte des Versuches über den "Einfluß der Lagerung auf die wichtigsten Eigenschaften der Milch", der noch nicht abgeschlossen ist und wiederholt werden soll.

A. Resultate des Versuches "Einfluß der thermischen Behandlung auf die Eigenschaften der Milch"

Den Veränderungen der Stickstoff- und Proteinfraktionen wurde eine ganz besondere Beachtung geschenkt. Die Variationen des Verhaltens der Stickstofffraktionen, die signifikante Abweichungen bei den verschiedenen Behandlungen

aufwiesen, sind in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.

Die Nicht-Kasein-Stickstoff-Gruppe, die den Stickstoff der Molkenproteine und den Nicht-Protein-Stickstoff umfaßt, weist (in Abbildung 2) je nach Behandlungsart verschiedene Beträge auf. Die Folge der auf die Vergleichsmilch bezogenen zunehmenden Veränderungen ist:

Rohmilch > bei 72°C pasteurisierte Milch > bei 92°C pasteurisierte Milch = UHT-direkt-Milch > UHT-indirekt-Milch

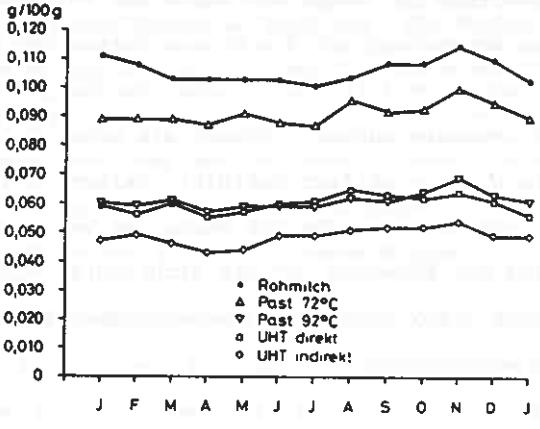


Abbildung 2: Monatliche Schwankung des Gehaltes an Nicht-Casein-Stickstoff (NCN) (Rohmilch und verschieden erhitzte Milch)

Diese Folge wiederholt sich noch ausgeprägter für die nach ASCHAFFENBURG und DREWRY (1959) ausgefällten Fraktionen des Proteinstickstoffes, nämlich für Total-Albuminstickstoff (Abbildung 3) und β-Laktoglobulinstickstoff

(Abbildung 4). Die jahreszeitlichen Konzentrationsvariationen verlaufen einigermaßen parallel und neigen dazu,

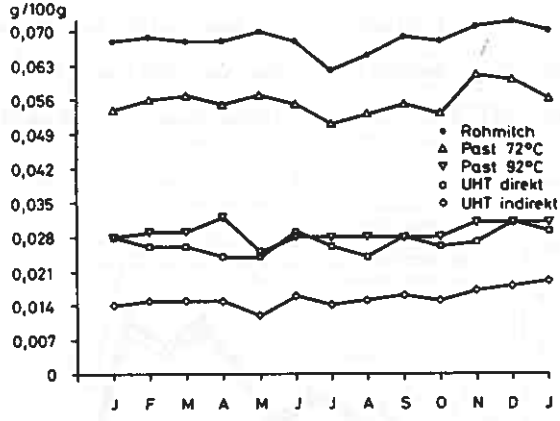


Abbildung 3: Monatliche Schwankung des Albumin-Stickstoffgehaltes (Rohmilch und erhitzte Milch)

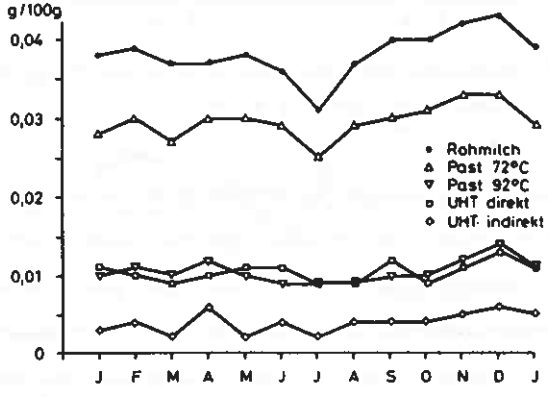


Abbildung 4: Monatliche Schwankung des Gehaltes an β-Lactoglobulin-Stickstoff (Rohmilch und erhitzte Milch)

im Sommer die tiefsten Werte aufzuweisen. Die Wetterverhältnisse während des besonders trockenen Sommers 1976

sind gewiß an der im Juli 1976 eingetretenen Konzentrationsabnahme nicht ganz unbeteiligt gewesen.

Im Falle der UHT-indirekt-Milch hebt sich der Ammoniakstickstoff (NH_3) deutlich ab von den Werten aller anderen Milchtypen, die ähnlich sind (Abbildung 5), aber die

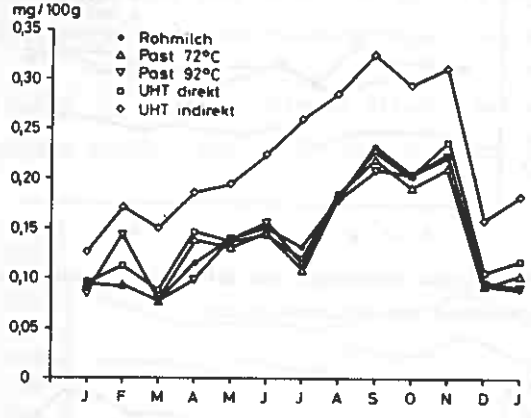


Abbildung 5: Monatliche Schwankung des Gehaltes an freiem NH_3 (Rohmilch und erhitzte Milch)

monatlichen Schwankungen verändern sich parallel dazu. Weder der Totalstickstoff noch der Total-Nicht-Proteinstickstoff wiesen Abweichungen auf, die auf die Behandlungen zurückzuführen sind. In der durch Ultrazentrifugation erhaltenen Molke (160.000 g während 240 Minuten bei 18°C) schwankte der Anteil des Nicht-Kasein-Stickstoffes (Abbildung 6) ähnlich wie in den Abbildungen 2 - 4. Der Anteil an Total-Stickstoff (Abbildung 7) hingegen verhielt sich anders; in dieser Beziehung wichen

Rohmilch und bei 72°C pasteurisierte Milch leicht ab von der Gruppe 92°C, UHT-direkt und indirekt.

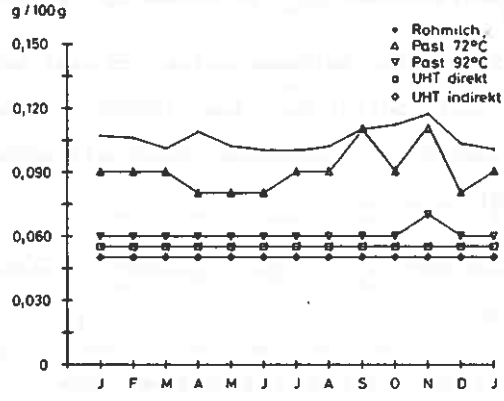


Abbildung 6: Monatliche Schwankung des Gehaltes an Nicht-Casein-Stickstoff (NCN) in ultrazentrifugierter Molke (Rohmilch und erhitzte Milch)

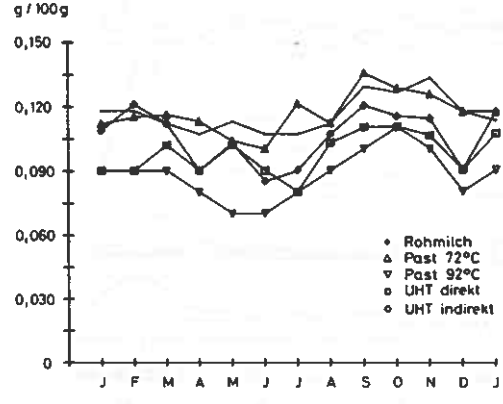


Abbildung 7: Monatliche Schwankung des Total-Stickstoffgehaltes in ultrazentrifugierter Molke (Rohmilch und erhitzte Milch)

Andere beigezogene und mit der Protein-Denaturierung zusammenhängende Kriterien zeigten signifikante Unterschiede der Behandlungsergebnisse auf. Es handelt sich dabei um:

- die Denaturierung der Molkenproteine und zwar aufgrund der bei der differential-kalorimetrischen Analyse ermittelten Flächen der endothermen Denaturierungspics (Abbildung 8),
- die Verteilung der α, β, γ und κ-Kasein-Fraktionen (Abbildung 9),
- die freien Sulfhydrylgruppen (Abbildung 10).

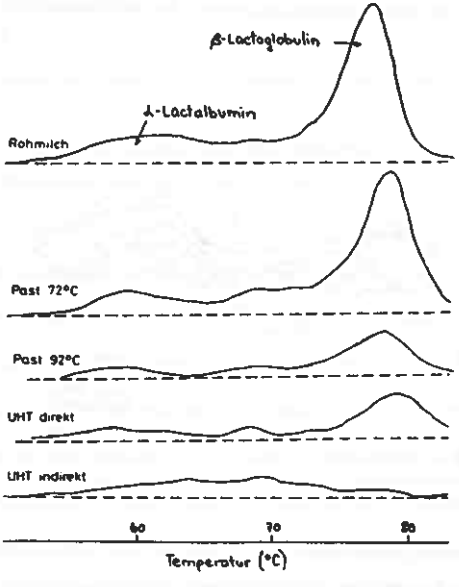


Abbildung 8: Hitzedenaturierung der Molkenproteine (Rohmilch und erhitzte Milch)

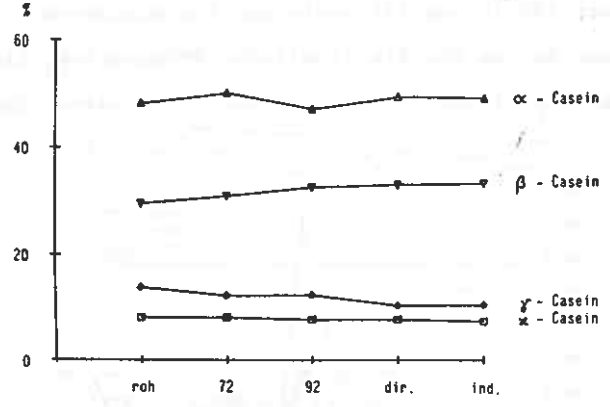


Abbildung 9: Verteilung der Caseinfraktionen bei verschieden erhitzten Milchen

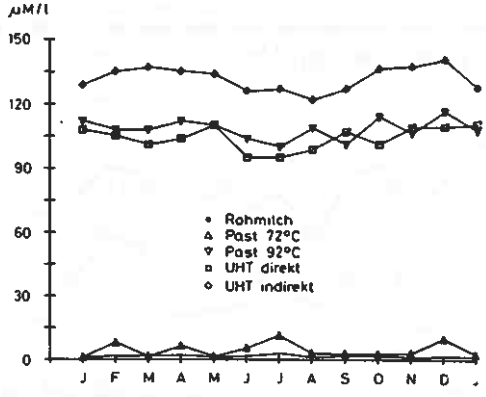


Abbildung 10: Monatliche Schwankung der Konzentration freier SH-Gruppen (Rohmilch und erhitzte Milch)

Außerdem wurde das Verhalten der Enzymproteine untersucht; es gibt Aufschluß über die relative Widerstandsfähigkeit

der Amylase (Abbildung 11) sowie der thermischen Labilität anderer Enzyme wie die alkalische Phosphatase, die Peroxydase (Abbildung 12) und die Xanthin-Oxydase (Abb.13).

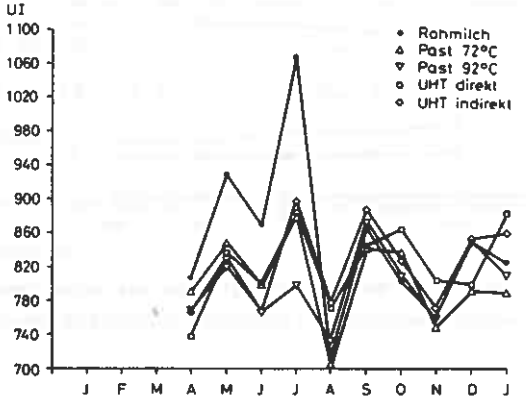


Abbildung 11: Monatliche Schwankung der Amylase-Aktivität (Rohmilch und erhitzte Milch)

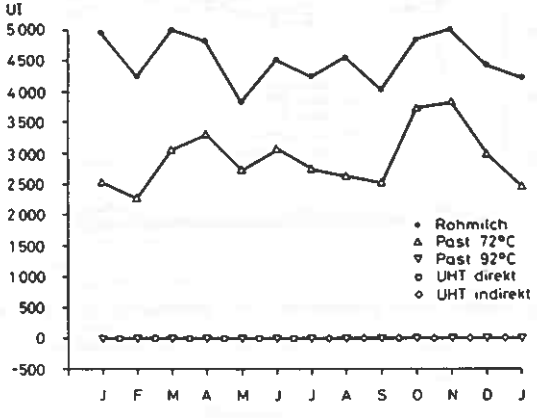


Abbildung 12: Monatliche Schwankung der Peroxydase-Aktivität (Rohmilch und erhitzte Milch)

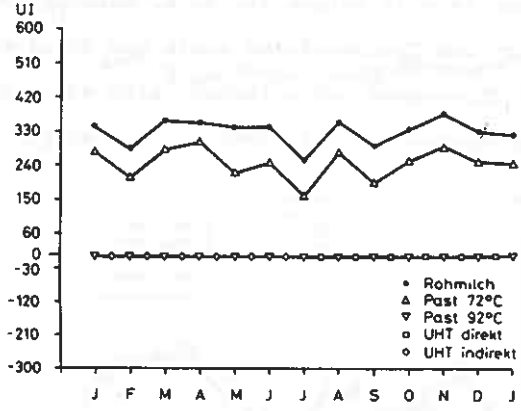


Abbildung 13: Monatliche Schwankung der Xanthin-Oxydase-Aktivität (Rohmilch und erhitzte Milch)

Besonders hervorzuheben ist die vollständige und rasche Zerstörung der Xanthin-Oxydase; es wäre somit falsch, dieses Milchenzym weiterhin zu beschuldigen, daß es an der Aetiologie des Atheroms beteiligt sei, zumal laut den neueren Arbeiten von HO und CLIFFORD (1977) auf eine fortgesetzte Verabfolgung von massiven Dosen keinerlei Bildung von atheromatosen Plaquen auf der Arterienwand zu bewirken vermag.

Die Analyse der Total-Aminosäuren zeigt, daß die in der Rohmilch ursprünglich vorhandenen Mengen bei allen Behandlungen über das ganze Jahr beständig bleiben. Die jahreszeitlichen Variationen verstärken sich und verlaufen gemäß der schon für andere der obenerwähnten Stickstoffraktionen geltenden Kurve.

Die Abbildungen 14 - 18 zeigen die Total-Aminosäuren, die Total-Glutamin- und Cysteinsäuren sowie das Total-Methionin und das Total-Tryptophan und erlauben, sich von der Richtigkeit der erwähnten Erscheinungen zu überzeugen.

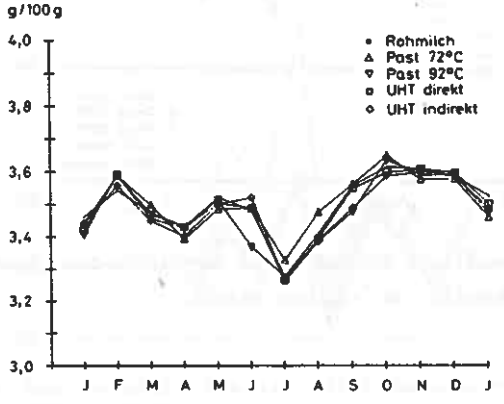


Abbildung 14: Monatliche Schwankung des Total-Aminosäuregehaltes (Rohmilch und erhitzte Milch)

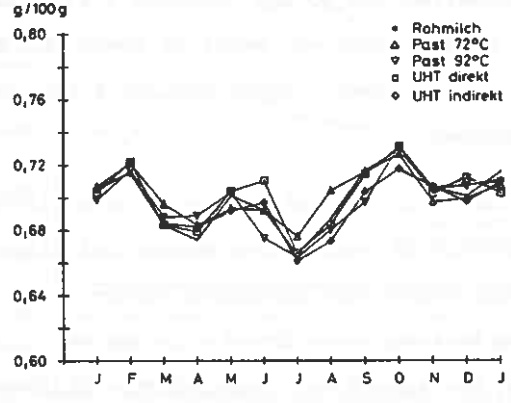


Abbildung 15: Monatliche Schwankung des Total-Glutaminsäuregehaltes (Rohmilch und erhitzte Milch)

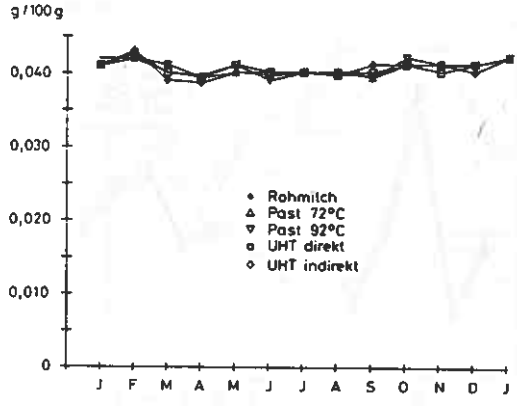


Abbildung 16: Monatliche Schwankung des Total-Cysteingehaltes (Rohmilch und erhitzte Milch)

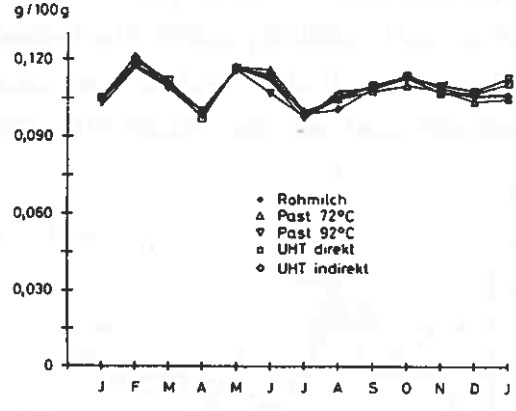


Abbildung 17: Monatliche Schwankung des Total-Methioningehaltes (Rohmilch und erhitzte Milch)

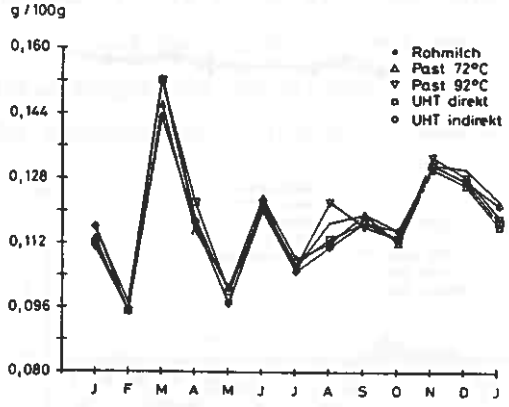


Abbildung 18: Monatliche Schwankung des Total-Tryptophangehaltes (Rohmilch und erhitzte Milch)

Obwohl - wie aus Abbildung 19 und 20 ersichtlich (totale freie Aminosäuren und freies Arginin) - die Schwankungen der freien Aminosäuren bei allen Behandlungen ausgeprägter sind, erreichen sie nicht ein statistisch signifikantes Ausmaß.

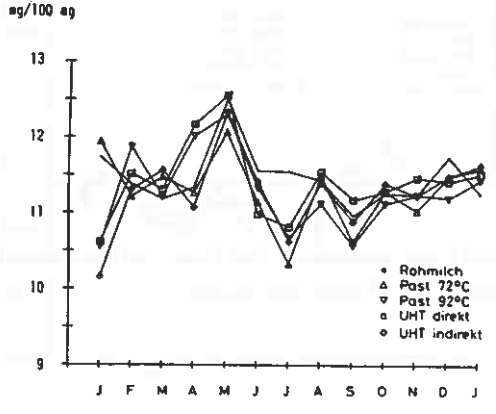


Abbildung 19: Monatliche Schwankung des Gehaltes an freien Aminosäuren (Rohmilch und erhitzte Milch)

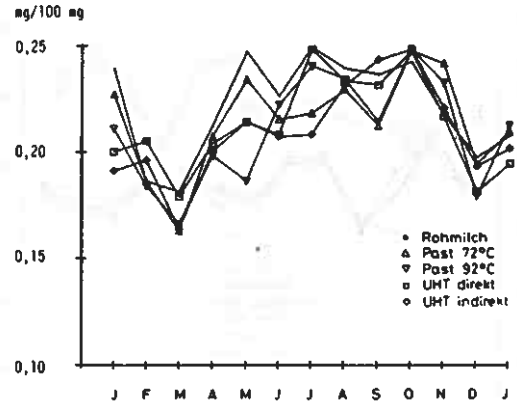


Abbildung 20: Monatliche Schwankung des Gehaltes an freiem Arginin (Rohmilch und erhitzte Milch)

Deshalb ist es eigentlich nicht verwunderlich, daß die Berechnung der verschiedenen Nährwerte der möglichen Proteine nicht erlaubt, einen Einfluß der diversen Behandlungen nachzuweisen. Die Abbildungen 18 - 20 zeigen die monatlichen Variationen folgender Indizes:

"Chemical score" nach MITCHELL, 1954 (Abbildung 21), der MEAA-Index: Modified essential amino acids (Abbildung 22), dem das Vollei als Vergleichsprotein (FAO) zugrunde gelegt ist und der RAO-Index (RAO et al., 1964) (Abbildung 23), der auf der Minimalzuteilung an Aminosäuren beruht, welche die Erhaltung des Stoffwechsels von Ratten erfordert.

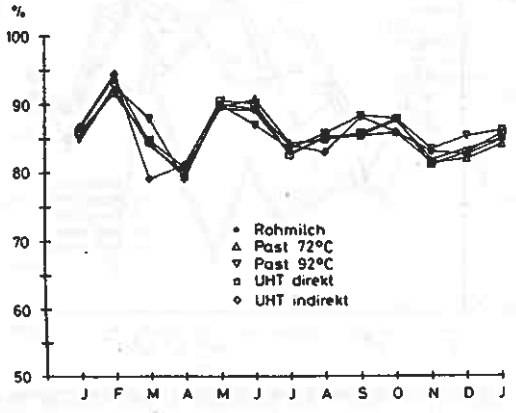


Abbildung 21: Monatliche Schwankung des "Chemical Score" (Rohmilch und erhitzte Milch)

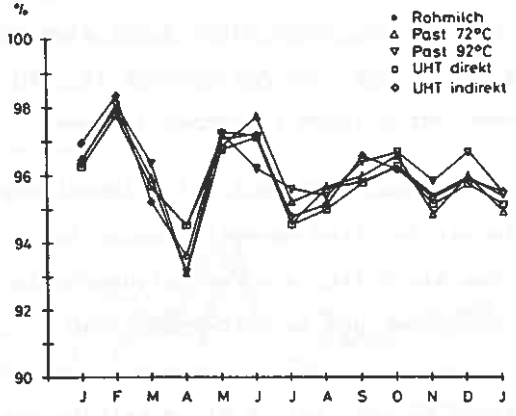


Abbildung 22: Monatliche Schwankung des Mitchell-Index (Rohmilch und erhitzte Milch)

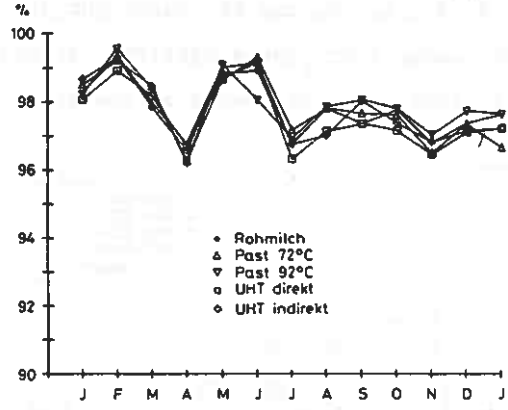


Abbildung 23: Monatliche Schwankung des "Rat Requirement Index" (Rohmilch und erhitzte Milch)

Wenn auch aufgrund dieser Indizes der Nährwert der Milchproteine von Rohmilch und von UHT-indirekt ähnlich sind, so weisen unsere Untersuchungen doch bedeutende jahreszeitliche Abweichungen auf.

Unter den Versuchsbedingungen, die während der Untersuchung der thermischen Behandlungen angewendet wurden und die denjenigen der milchwirtschaftlichen Praxis ähnlich sind, war es nicht möglich, Verbindungen nachzuweisen, die sich aus der Veränderung von Lysin-Verbindungen wie Furosin und Lysinoalanin ergeben.

Die Analyse der Vitamine ergab folgende Resultate, wie aus den Abbildungen 24 - 28 hervorgeht: Keinerlei Einfluß auch von stärksten thermischen Behandlungen, wie sie das UHT-indirekt-Verfahren darstellt, auf den Gehalt an

den Vitaminen A, B_1, B_2, B_6 und PP. Außer für die Vitamine B_6 und PP traten zwar jahreszeitliche Variationen auf, Vitamin A nimmt erwartungsgemäß im Sommer zu (Abb.24),

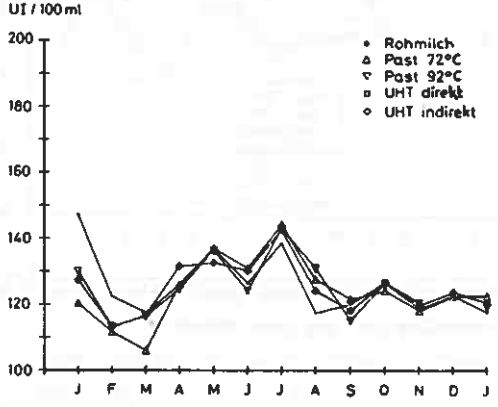


Abbildung 24: Monatliche Schwankung des Vitamin-A Gehaltes (Rohmilch und erhitzte Milch)

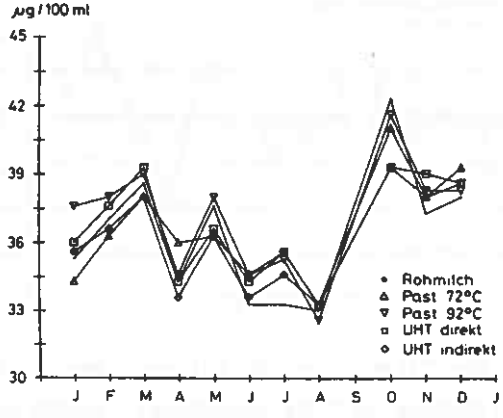


Abbildung 25: Monatliche Schwankung des Vitamin B_1 Gehaltes (Rohmilch und erhitzte Milch)

Vitamin B_1 erhöht sich im Oktober (Abbildung 25) und B_2 erreicht einen hohen Anteil von April bis November (Abbildung 26).

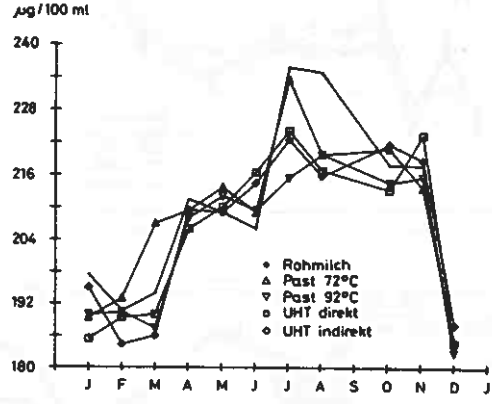


Abbildung 26: Monatliche Schwankung des Vitamin B_2 Gehaltes (Rohmilch und erhitzte Milch)

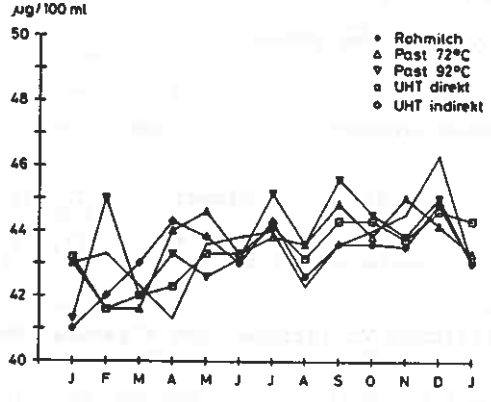


Abbildung 27: Monatliche Schwankung des Vitamin B_6 Gehaltes (Rohmilch und erhitzte Milch)

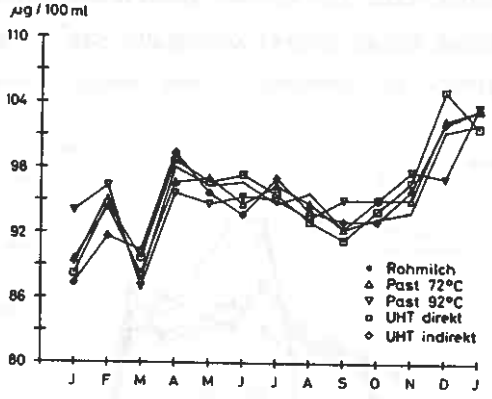


Abbildung 28: Monatliche Schwankung des Vitamin PP Gehaltes (Rohmilch und erhitzte Milch)

Von allen untersuchten Vitaminen erlitt nur Vitamin C infolge der Behandlungen schwache, aber immerhin signifikante Verluste: Wenn der Gehalt der ursprünglichen Rohmilch gleich 100 % gesetzt wird, vermindert sich dieser Wert in folgender Weise:

Pasteurisierung		UHT	
72°C	92°C	direkt	indirekt
95,6 %	95,3 %	94,7 %	87,6 %

Die jahreszeitlichen Variationen des VitaminsC der Milch sind gering.

Unter den bisher nicht erwähnten biophysikalischen und physikalisch-chemischen Faktoren wiesen nach den thermi-

schen Behandlungen einzig die Osmolalität und die Leitfähigkeit keinerlei signifikante, sondern nur jahreszeitliche Abweichungen auf.

Der pH von ungefähr 6,66 ist praktisch derselbe in der rohen und pasteurisierten Milch, signifikant höher in UHT-direkt (pH $\stackrel{\sim}{=}$ 6,72) und geringer in UHT-indirekt (pH $\stackrel{\sim}{=}$ 6,63) (Abbildung 29).

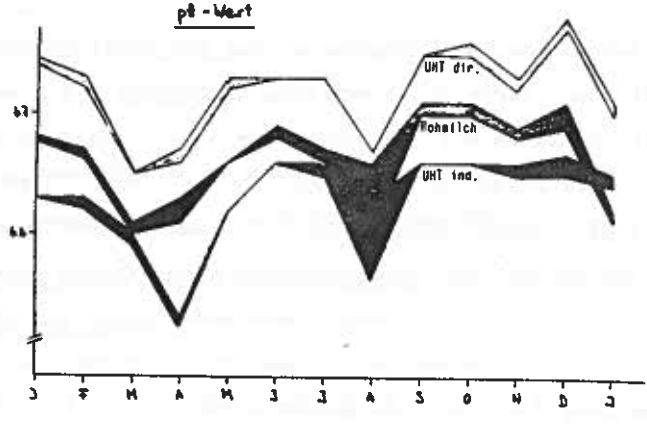
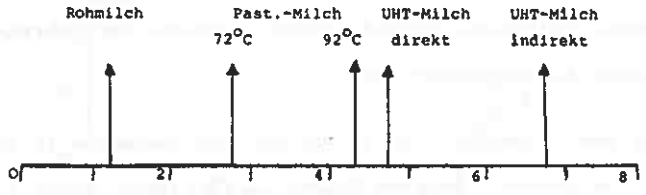


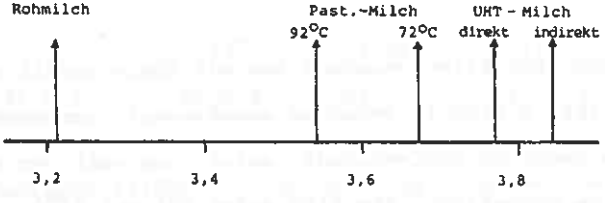
Abbildung 29: Monatliche Schwankung des pH-Wertes der Rohmilch und der daraus hergestellten UHT-Milch (direktes und indirektes Verfahren)

Das gesamte Reduktionsvermögen des mit Säure gefällten Kaseins (PRS = protein reducing substances), gemessen mit einer veränderten AOAC-Methode, zeigt innerhalb der Wertskala eine Verteilung, die sich außer für bei 92°C pasteurisierter und UHT-direkt-Milch als statistisch signifikant erwies.



Mittlere PRS-Werte (ermittelt nach der unter den Nummern 16047 - 16050 auf den Seiten 257-8 der 12. Auflage beschriebenen AOAC-Methode)

Um Veränderungen der Größenverteilung der Fettkügelchen zu bestimmen, wurde mit einem Coulter-Counter die Anzahl der Fettkügelchen bei den Durchmessern 1, 2 und 4 µm ermittelt. Die Anzahl der Fettkügelchen je Größenklasse wurde logarithmisch ausgedrückt. Für jede Größenklasse kamen den Behandlungen entsprechende signifikante Abweichungen zum Vorschein. Abschließend beschränken wir uns auf die Darstellung der Verteilung, die sich für die Größenklasse 1 - 2 µm Durchmesser ergab.



(Log. der Anzahl der Kügelchen mit Ø vom 1 - 2 µm)

Die thermischen Behandlungen beeinflussen das Kalzium nicht, und zwar weder dessen dialysierbare Form noch das Total-Kalzium.

Der bei 20°C in Sättigungsprozenten gemessene Sauerstoffgehalt betrug 88,87 (± 6,96) für die Rohmilch; 96,08 (± 4,13) für die bei 72°C pasteurisierte Milch und 95,13 (± 4,62) für die bei 92°C pasteurisierte Milch. UHT-direkt weist einen Wert auf, der sich demjenigen der Rohmilch annähert, nämlich 87,82 (± 7,54), während der Wert für UHT-indirekt aus technologischen Gründen auf 34,97 (± 7,98) herabgesetzt ist.

Unter den mikrobiologischen Untersuchungen sollen hier die Resultate von zwei Methoden angeführt werden:

- Wirksamkeitskontrolle der Behandlung mittels Auszählung der Gesamtkeime
- Nachweis des bakteriologischen Potentials der Milch, das heißt der lag-Phase der in die Milch geimpften Bakterien; die Generationsdauer.

Folgende Tabelle bezeugt die Wirksamkeit der angewandten Behandlung:

Gesamtkeime

Behandlungen	Keime / ml Milch
Rohmilch	20'180
Past.-Milch 72°C	1'381
Past.-Milch 92°C	3,8
UHT-direkt	3,0
UHT-indirekt	3,4

Außerdem wurden Wachstumskurven aufgenommen, nachdem die verschiedenen bei 38°C gehaltenen Milchtypen mit Escherichia coli vom Liebefeld-Stamm Nr. 1124 beimpft worden waren. Dies erlaubte, das bakteriostatische Vermögen der Rohmilch (von durchschnittlich 165 Minuten) zu ermitteln sowie auch dessen Teilzerstörung während allen thermischen Behandlungen (Abbildung 30). Es ist bekannt, daß das Milieu die Generationsdauer von Bakterien beeinflußt. Die Erhitzung der Milch hat in dieser gewisse Veränderungen zur Folge, dadurch wird der Erneuerungsrhythmus der Keime in erhitzter Milch beschleunigt.

Die Gerinnungsfähigkeit der Milch, die auch in der Käse- und Joghurtfabrikation sowie in der Ernährungsphysiologie eine Rolle spielt, kann mit Hilfe eines Laktodynamographen untersucht werden. Neben anderen Angaben erlaubt dieser Apparat vornehmlich zwei Werte zu messen:

- R drückt die Zeit in Minuten aus, die nach der Zugabe von Lab zur Milch, die bei 37°C bebrütet wird, bis zum Erscheinen der Koagulation verstrichen ist.

- A_{10} gibt die Amplitude in mm an, die mit der 10 Minuten nach Koagulationsbeginn eintretenden Verfestigung des Koagulates im Zusammenhang steht.

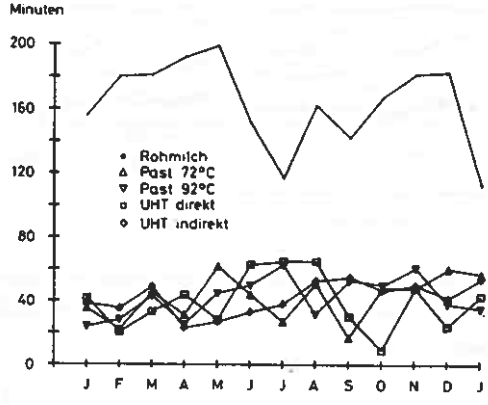


Abbildung 30: Monatliche Veränderung der Dauer der lag-Phase von E. Coli in Rohmilch und verschieden erhitzten Milchen

Abbildung 31 zeigt Variationen des R-Wertes. Im Vergleich zu praktisch gleichwertiger Roh- und bei 72°C pasteurisierter Milch, weist bei 92°C pasteurisierte Milch höhere Werte auf, die beim Übergang zu UHT-direkt und besonders zu UHT-indirekt noch anwachsen. Letztere Erhitzungsart weist außerdem z. B. im April/Mai und August/September zusätzliche jahreszeitliche Schwankungen auf, die in

Rohmilch kaum nachweisbar sind, jedoch im August im UHT-direkt. Die Koagulationszeit verlängert sich somit, je intensiver die thermische Behandlung ist.

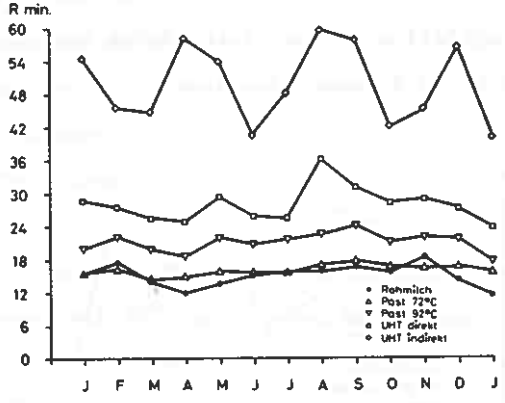


Abbildung 31: Monatliche Schwankung des aus Lactodynamogrammen ermittelten R-Wertes (Min) von Rohmilch und unterschiedlich erhitzten Milchen

Die A_{10}-Werte (Abbildung 32) weisen außer monatlichen Veränderungen, die nicht unbedingt mit den angewandten Behandlungen zusammenhängen, eine interessante Besonderheit auf: während das Koagulat einer bei 72°C pasteurisierten Milch fester ist als bei Rohmilch, ist dasjenige von bei 92°C pasteurisierter Milch weniger fest. Sowohl die UHT-direkt als auch die UHT-indirekt behandelte Milch verharrt nahe am Ausgangspunkt der Wertskala.

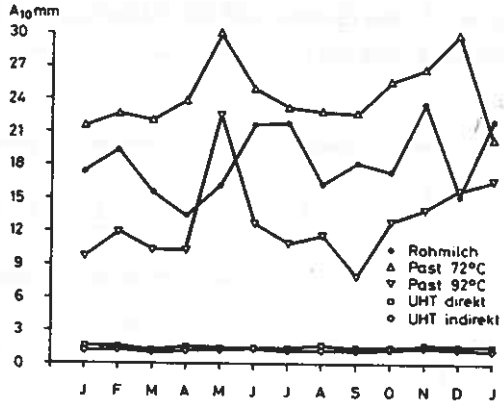


Abbildung 32: Monatliche Schwankung des aus Lactodynamogrammen ermittelten A-10-Wertes (Min) für Rohmilch und verschieden erhitzte Milch

Die langen und aufwendigen Tierversuche sind noch nicht vollständig ausgewertet worden (Histopathologie, Infektionsresistenz). Die Gewichtskurven der jungen Ratten, die während der Periode des stärksten Wachstums ermittelt wurden, sind nur tendenzmäßig durch Rohmilchfütterung verbessert worden und scheinen bei Bezugnahme auf die Behandlungen und den Generationswechsel nicht signifikant zu sein. Eine eingehendere Bewertung der Gewichtskurven wird noch stattfinden. Die nachfolgende Tabelle ist eine Zusammenstellung der Angaben über die Fruchtbarkeit der Muttertiere (in Prozent der verpaarten Weibchen), den Umfang des Wurfes (Anzahl der pro Muttertier geworfenen Tiere) und die Aufzuchtsrate (Prozentsatz der Jungratten, die die Laktationsperiode überlebten), und zwar für die Generationen P bis F_8.

Fruchtbarkeit, Wurfgröße und Aufzuchtsrate der Generationen P bis F_8

Fütterungs-gruppe	Roh	Past 92°C	UHT indir.	Kasein	Nafag
Fruchtbar-keit %	95,0	96,4	97,8	94,3	95,6
Wurfgröße	14,8	13,8	14,0	13,2	14,6
Aufzuchts-rate %	89,8	91,3	82,4	90,1	95,2

B. Resultate des Versuches "Einfluß der Lagerung auf die wichtigsten Eigenschaften der Milch"

Eine teilweise Darstellung der Resultate dieser noch zu wiederholenden Versuche kann bereits ein Bild geben über die Nährwertsveränderungen von in den Handel gebrachter UHT-Milch. So weit wie möglich soll die Darlegung der Kriterien in derselben Folge stattfinden, wie unter A, doch konnten in dieser ersten Versuchsreihe bereits gewisse Kriterien ausgeschieden werden, weil sie sich als nicht interessant genug erwiesen; andere Kriterien wurden zugesetzt.

Um die mit unserer Laboratoriumseinrichtung für thermische Behandlung während der A-Versuche erreichten Resultate mit denjenigen einer industriellen Versuchsanlage (Alpura-Koreco, Einheit für Milchwirtschaftsforschung der NESTEC AG in Konolfingen, Schweiz) vergleichen zu

können, sollen die Werte je nach der Herkunft ihrer Behandlungsorte entweder mit Liebefeld oder Koreco bezeichnet werden. Die Beiziehung der Koreco-Anlage erwies sich notwendig angesichts der erforderlichen Milchmenge, die sowohl den Anforderungen der Analyse als auch denjenigen eines großen Degustationsversuches genügen mußte, dessen Resultate noch nicht bekannt sind. Der Leser wird deshalb vorläufig auf die schon erwähnte Veröffentlichung von RENNER (1976) verwiesen. Die zwei gewählten Lagerungstemperaturen betrugen 5 und 25°C und die Zeiten 1 Tag, 1, 2, 4, 8, 16 und 32 Wochen.

Bei der Untersuchung der Stickstoff-Fraktionen muß dem Nicht-Protein-Stickstoff (NPN) keine besondere Bedeutung beigemessen werden, weil diese Werte für beide UHT-Milchtypen bis zur 16. Woche praktisch unverändert bleiben, sowohl bei beiden Fällungskonzentrationen (4 oder 12 % Trichloressigsäure) wie auch bei beiden Lagerungstemperaturen. Der Nicht-Casein-Stickstoff (NCN) hingegen, dessen Gehalt im Vergleich zur Rohmilch (Abbildung 33) sehr gering ist (0,105 g/100 ml), weist für beide UHT behandelte Milcharten nicht nur verschiedene Gehalte auf, sondern zeigt auch von der vierten Woche an erneut eine Tendenz zum Ansteigen, ausgenommen bei direkt UHT behandelter Milch, die bei 5°C gelagert wird.

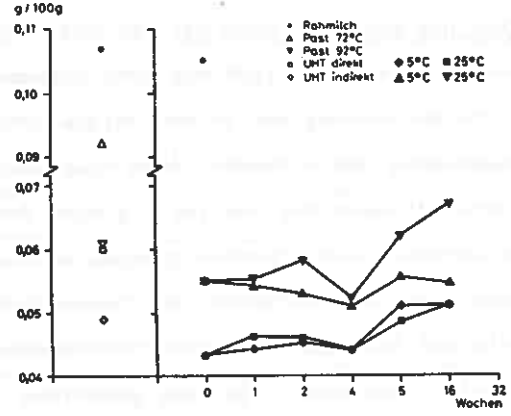


Abbildung 33: Gehalt an Nicht-Casein-Stickstoff in Abhängigkeit der Lagertemperatur u. Lagerungszeit (Jahresmittel u.monatl.Schwankungen)

Obwohl die Sedimentbildung (in % Proteinen) in der direkt behandelten UHT Milch anfangs höher ist, wird diese allmählich geringer, um sich in der 8. Lagerungswoche derjenigen der indirekt behandelten UHT Milch anzugleichen (Abbild.34).

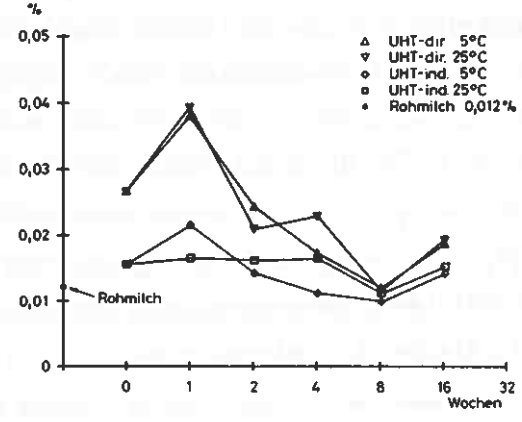


Abbildung 34: Veränderung des %-Gehaltes an Protein-Sediment in Rohmilch und verschieden erhitzten Milchen in Abhängigkeit der Lagerungsdauer und der Lagerungstemperatur

Da die Verteilung der Molkenproteine und der Casein-Fraktionen im Verlauf der ersten Versuche bedeutende Schwankungen aufweisen, ist es angezeigt, vorläufig auf eine Beschreibung der Resultate zu verzichten und deren Wiederholung abzuwarten.

Nach der thermischen Behandlung ist der Gehalt an freien Sulfhydryl-Gruppen im Gegensatz zur Rohmilch sehr hoch. Doch schon in der ersten Lagerungswoche sinkt dieser Gehalt stark, und zwar in zunehmendem Maße, wenn man von direkt behandelter, bei 5°C gelagerter UHT Milch zu bei 25°C gelagerter und von indirekt behandelter, bei 5°C gelagerter UHT Milch zu bei 25°C gelagerter übergeht. Bei letzterer erreicht der Gehalt nach einer Woche nur noch ein Viertel des am ersten Tag verzeichneten Wertes.

Im Verlaufe dieses Versuches, in dem eine vom unter A verwendeten Lactodynamogramm leicht verschiedene Methode nach RITTER und SCHILT (1965) zur Anwendung kam, erhielt man für die Rohmilch eine Zeitspanne von 510 Sekunden bis zum Beginn der Gerinnung, bei den direkt und indirekt behandelten UHT-Milchen war diese Zeitspanne jedoch 4 respektive 10mal länger. Während der Lagerung verkürzt sich diese Anfangszeit dann bei direkt behandelter UHT-Milch von 2000 auf ungefähr 1000 Sekunden und bei indirekt behandelter UHT-Milch von 5000 auf ungef. 3000 Sekunden.

Das gesamte Reduktionsvermögen des mit Säure gefällten Caseins, welches in indirekt behandelter UHT-Milch erhöht ist, bleibt während der Lagerung bei 25°C in der ersten

Woche erhalten, während es in bei 5°C gelagerten Proben leicht sinkt. In direkt behandelter UHT-Milch hingegen besteht bei beiden Lagerungstemperaturen eine Tendenz zum Ansteigen, sodaß nach einer Woche das Reduktionsvermögen demjenigen der indirekt behandelten, bei 5°C gelagerten UHT-Milch angeglichen wird.

Die Bestimmung der freien Fettsäuren ergab für die ersten 16 Wochen der Lagerung keine bemerkenswerten Veränderungen.

Vitamin A wird durch die thermische Behandlung nicht beeinflußt (wie dies die Ergebnisse in Teil A gezeigt haben und wie es die linke Seite von Abbildung 35 bestätigt), doch steigt während den acht ersten Lagerungswochen sein Gehalt an, ausgenommen bei indirekt behandelter und bei 25°C gelagerter UHT-Milch, um sich dann in der 16. Lagerungswoche den Ausgangswerten anzugleichen (Abbildung 35).

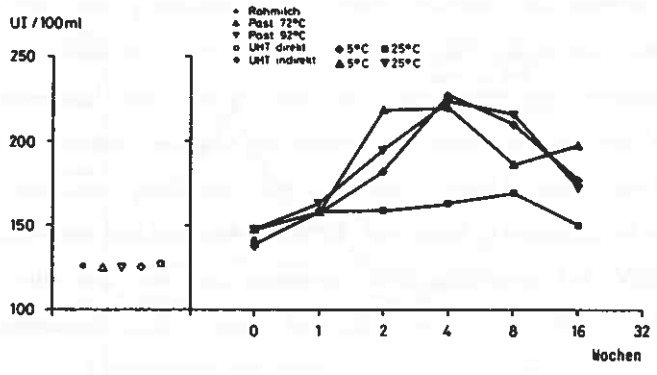


Abbildung 35: Veränderung des Vitamin A-Gehaltes von roher und erhitzter Milch in Abhängigkeit der Lagerungszeit und Lagerungstemperatur

Die Vitamine der Gruppe B konnten wegen Personal- und Budgeteinschränkungen nicht in die Untersuchungen eingezogen werden. Der Gehalt an Vitamin C beträgt in der Rohmilch 1,2 mg/100 ml und wird durch die indirekte UHT-Behandlung (Liebefeld und Koreco) leicht herabgesetzt, ist aber unmittelbar nach der direkten UHT-Behandlung etwas höher (Abbildung 36). Zu Beginn der Lagerung der UHT-direkt-Milch bei 5°C bleiben die nach der Behandlung ermittelten Werte konstant, während in allen anderen Fällen der Gehalt an Vitamin C abnimmt. Besonders starke Verluste treten bei der Lagerung von UHT-indirekt-Milch bei 25°C auf, betragen doch die Werte bereits nach einer Woche ungefähr 0,35 mg/100 ml. Man wird erst im weiteren Verlauf der Versuche feststellen können, in welchem Maße der Ascorbinsäure-Gehalt während der weiteren Lagerung abnimmt.

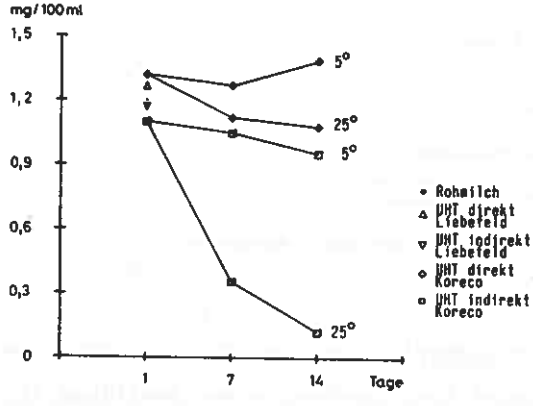


Abbildung 36: Veränderung des Vitamin C-Gehaltes von roher und erhitzter Milch in Abhängigkeit der Lagerungszeit und Lagerungstemperatur

In der folgenden Tabelle sind die Veränderungen der biophysikalischen und rheologischen Kriterien, die nach 16wöchiger Lagerung eingetreten sind, dargestellt:

Lagerung	UHT direkt		UHT indirekt	
	5°C	25°C	5°C	25°C
Kriterien				
pH	-	-	-	-
% O_2-Sättigung	++	++	++	++
Homogenisierungseffekt	=	=	=	=
Viskosität ×)	+	+	=	=
Oberflächenspannung	=	=	=	=
Komponenten der Farbe L = Luminiszenz	=	=	=	=

×) Siehe auch Abbildung 37

Zeichenerklärung:

- \- Abnahme
- \+ leichte Zunahme
- ++ deutliche Zunahme
- = keine wesentlichen Veränderungen

Daß sich die Viskosität auf verschiedene Weise verändert, scheint bereits festzustehen (siehe Abbildung 37); nachdem sie bis 4 Wochen in der bei 5°C gelagerten UHT-indirekt-Milch zugenommen hat, sinkt sie wieder statt

weiterhin zuzunehmen, wie in der bei 5°C gelagerten UHT-direkt-Milch. In derselben Milch steigt die Viskosität erst nach 8 Wochen, wenn sie einer Temperatur von 25°C ausgesetzt war. Dagegen hat bei 25°C bebrütete UHT-indirekt-Milch eine Tendenz zur Abnahme schon zu Beginn der Lagerung.

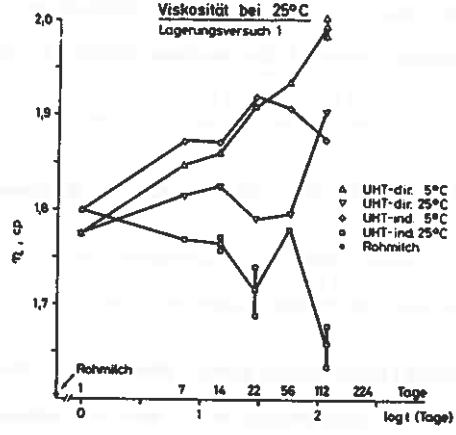


Abbildung 37: Veränderung der Viskosität von UHT-Milch im Verlaufe der Lagerung

Diskussion

Angesichts der zahlreichen Wechselbeziehungen, die zwischen dem Gesamtnährwert der Lebensmittel und deren Wert nach Einwirkung der verschiedenen technologischen Behandlungen bestehen, ist es üblich, sich vorerst mit denjenigen Nährstoffgruppen zu befassen, die lebensnotwendige Verbindungen enthalten. Im Falle der Milch handelt es sich gewöhnlich um zwei dieser Gruppen:

- die Proteine und Stickstofffraktionen unter Beachtung ihres Gehaltes an verfügbaren essentiellen Aminosäuren,
- die Vitamine, deren Labilität gegenüber Temperatur- und Strahlungseinflüssen vielfach überschätzt wird.

Hier werden noch folgende Punkte einbezogen, über deren Rolle indessen noch keine genaue Klarheit besteht:

- die Verfügbarkeit der Mineralstoffe und Spurenelemente
- der Wirkungsgrad der verschiedenen Enzyme
- die biophysikalischen Strukturen und Ultrastrukturen: Merkmale der Fettkügelchen und der Caseinmizellen
- die physikalisch-chemischen Faktoren, die den Vorgang der Verdauung und Resorption beeinflussen können.

Im Rahmen der unternommenen multidisziplinären Untersuchung wurde versucht, die simultanen Variationen nachzuweisen, denen zahlreiche Faktoren unterworfen sind, die mehr oder weniger direkt mit dem Nährwert der Milch sowie deren Verdauung zu tun haben, und zwar indem man Rohmilch mit pasteurisierter Milch und UHT-Milch verglich.

Trotz Einsatz aller verfügbaren Hilfsmittel gelang es nicht, sämtliche in diesem Fall mitwirkenden Faktoren zu berücksichtigen. Unseres Wissens dürfte es sich hier trotzdem um die umfassendste Gesamtuntersuchung über-

haupt zur Erfassung der Einflüsse thermischer Behandlungen auf die Eigenschaften der Milch handeln.

Bezüglich ihrer Rolle als Nährstoffe stehen die Proteine und Stickstofffraktionen an erster Stelle. Es bestehen beträchtliche Abweichungen zwischen Roh-, pasteurisierter- und UHT-Milch, was folgende Faktoren betrifft: Nicht-Casein-Stickstoff (Gesamtheit der Molkenproteine) und Nicht-Protein-Stickstoff der Milch (Abbildung 2) oder des Ultrazentrifugates (Abbildung 6), Total-Albumin-Stickstoff (Abbildung 3) und β-Laktoglobulin-Stickstoff (Abbildung 4), Total-Stickstoff des Ultrazentrifugates (Molkenproteine mit Caseinresten) (Abbildung 7), freies Ammoniak (Abbildung 5) und Denaturierungszustand der Molkenproteine (Abbildung 8), Verteilung der Caseinfraktionen (Abbildung 9) und der freien Sulfhydryl-Gruppen (Abbildung 10).

Auch wenn die während der Lagerung eintretenden Veränderungen sich auf den Nicht-Casein-Stickstoff positiv auswirken (Abbildung 33), können die ursprünglichen Werte der Rohmilch nicht wiederhergestellt werden.

Aber wie sind diese Veränderungen zu bewerten, wenn, trotz der offensichtlichen Protein-Denaturierung (Abbildung 8), die Analyse der totalen oder freien Aminosäuren (Abbildungen 14 und 19) keine Unterschiede zwischen thermisch behandelter und Rohmilch ergibt? Dies ist zum Beispiel der Fall für die essentiellen Aminosäuren wie Methionin

(Abbildung 17), Tryptophan (Abbildung 18) oder für semi-essentielle wie zum Beispiel Arginin (Abbildung 20).

Was die Verluste an Lysin betrifft, dieser essentiellen Aminosäure, die in den Milchproteinen - besonders den Molkenproteinen - relativ gut vertreten ist, und deren freie ε-NH_2-Gruppe leicht mit anderen Verbindungen reagieren kann (als Beispiel seien die Maillard-Verbindungen erwähnt), ist es angezeigt, diese kürzlich von zwei Forschergruppen ermittelten Werte miteinander zu vergleichen.

In der folgenden Tabelle sind die Lysinverluste in Prozenten angegeben, bezogen auf die in der Rohmilch ursprünglich vorhandenen Mengen. Dabei erhielten die Milch, die für die Pasteurisation und UHT-Erhitzung verwendet wurde, im Mittel 0,289 mg/ml Lysin und jene Milch, die für den einmaligen Siede- und Sterilisierungsversuch benutzt wurde, 0,297 mg/ml Lysin.

Lysinverluste (in % der Gehalte in Rohmilch) während den verschiedenen thermischen Behandlungen

Behandlung	Blanc, 1977	Renner, 1976
Pasteurisierung 72°C	0,7	1 - 2
Pasteurisierung 92°C	1,1	
UHT direkt	1,1	3 - 4
UHT indirekt	1,7	
Sieden (97,5°C)	4,7	5
Sieden, dreimal aufgewärmt	9,5	
Sterilisierung 120°C, 30'	6,2	6 - 10

Wichtige Bemerkung: Die im Verlauf unserer Versuche für die pasteurisierte und UHT-Milch verzeichneten Verluste von 0,7 bis 1,7 % können nur als Zeichen einer Abnahmetendenz aufgefaßt werden, weil die statistische Analyse keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschieden behandelten Milcharten ergab.

Die Übereinstimmung der Werte der beiden Untersuchungen ist bemerkenswert gut (die Temperatur- und Zielwerte betreffen unsere Daten) und die erhaltenen Zahlen belegen den geringen Lysinverlust, den die handelsüblichen thermischen Behandlungen nach sich ziehen. Lysin wurde als Muster für andere essentielle Aminosäuren gewählt.

Als weiteren Hinweis für die geringe Beeinträchtigung der Milch durch Pasteurisation und UHT-Erhitzung ist beizufügen, daß keinerlei Denaturierungsprodukte wie zum Beispiel Lysinoalanin und Furosin nachgewiesen werden konnten. Der negative Furosin-Nachweis ist ein Beweis, daß in keiner der behandelten Milchgruppen eine Beeinträchtigung der Lysinverfügbarkeit aufgetaucht ist.

Die verschiedenen aufgrund der Gehalte an essentiellen Aminosäuren berechneten Indizes, die bekanntlich übereinstimmen mit den biologischen Versuchen über die Verfügbarkeit der essentiellen Aminosäuren, sind ähnlich für Rohmilch und thermisch behandelte Milch, wie dies der "Chemical score" (Abbildung 21), der MEAA-Index (Abbildung 22) und der Index von RAO (Abbildung 23) zeigen.

Zudem, und in Übereinstimmung mit den Indizes, jedoch trotz der oben erwähnten Abweichungen (Abbildungen 2 - 10), führen während zahlreichen Generationen fortgesetzte Tierversuche zum Beispiel zu keinerlei schwerwiegenden Abweichungen in der Gewichtszunahme und der Fruchtbarkeit.

Soll das bedeuten, daß die Denaturierung, der die Milchproteine - und besonders die Molkenproteine - während der Behandlung unterworfen werden, sich nicht unbedingt negativ auf den Nährwert auswirken, und daß Erhitzung sowie andere technologische Verfahren der Milchindustrie den Nährwert der ursprünglichen Proteine der Rohmilch verbessern? Die Denaturierung kommt nicht einer Proteolyse gleich, bewirkt aber oft eine Neuordnung der Proteine im Raum, und zwar unter Bildung von Polypeptidketten. Vor allem die Molkenproteine erfahren infolge einer thermischen Behandlung eine mehr oder weniger weitgehende Denaturierung, aber die Struktur des relativ thermostabilen Caseins zerfällt auch etwas, wie dies elektronenmikroskopische Bilder der Caseinteilchen von UHT-Milch gezeigt haben.

Eine schonende Denaturierung der Milchproteine vermag ihre Verdaulichkeit zu erhöhen. Möglicherweise liegt die Erklärung darin, daß die eintretende Strukturveränderung den Verdauungsenzymen bessere Angriffsmöglichkeiten verschafft. Zudem erfahren die Proteine von erhitzter Milch eine feinere Ausflockung im sauren Milieu des Verdauungstraktes, was die Tätigkeit der Enzyme ebenfalls fördert. Diese Verbesserung der Verdauung wurde durch noch nicht veröffent-

lichte Versuche bestätigt, nach denen die Proteine von erhitzter Milch unter Einfluß der enzymatischen Verdauung die NH_2-Gruppen rascher und vollständiger freigaben. Es ist auch zu berücksichtigen, daß ein für Rohmilch aktiver Hemmer des Trypsins durch Erhitzung inaktiviert wird. In manchen Fällen kann, wie RENNER (1976) hervorhebt, eine verbesserte Verdauung von Vorteil sein, und zwar besonders bei der Ernährung von Neugeborenen und für die Diät von Magen- oder Leberkranken.

Aufgrund dieser biologischen Versuche scheint auch die Verfügbarkeit der Vitamine überhaupt nicht oder nicht in einem Maß reduziert worden zu sein, das physiologische Störungen nach sich ziehen würde. Bei teilweisem Ausschluß von Vitamin C vermögen thermische Behandlungen dem Vitamin A (Abbildung 24), dem Thiamin (Abbildung 25), dem Riboflavin (Abbildung 26), dem Vitamin B_6 (Abbildung 27) und dem Nicotinamid (Abbildung 28) nichts anzuhaben.

Wenn auch gewisse Enzyme durch den UHT-Prozeß nicht, wie zum Beispiel die Ribonuclease (ALAIS, 1977) oder nur teilweise, wie die Amylase (Abbildung 11) inaktiviert werden, so werden doch die meisten enzymatischen Aktivitäten, die die Pasteurisierung bei 72°C in allerdings abgeschwächter Form überstehen, durch alle anderen untersuchten Erhitzungsverfahren zerstört (Abbildungen 12 und 13). In diesem Zusammenhang muß erwähnt werden, daß die gewöhnlich angewendeten thermischen Verfahren die Aktivität der Xanthinoxydase zerstören. Auch konnte keine Renaturierung beob-

achtet werden. Dies widerlegt die Theorie von OSTER (1972), nach der die Aufnahme von homogenisierter Milch einen zusätzlichen Risikofaktor für Koronarerkrankungen darstellen soll. Dabei soll die in solcher Milch vorhandene Xanthinoxydase im Verdauungstrakt resorbiert werden und sich an den Wänden der arteriellen Gefäße festsetzen. Diese Theorie steht nicht in Übereinstimmung mit den folgenden Tatsachen: die Xanthinoxydase wird durch den im Magen vorhandenen pH inaktiviert (MANGINO und BRUNNER, 1976), sie wird praktisch nicht resorbiert (HO und CLIFFORD, 1976) und sogar intravenöse Injektionen dieses Kuhmilch-Enzyms in Kaninchen verursachen keinerlei Beläge im Herzen, in der Aorta, in der Leber oder in den Nieren (HO und CLIFFORD, 1977).

Könnte nicht etwa die Erhaltung der enzymatischen Aktivitäten in Nahrungsmitteln, auch wenn sich diese ungünstig auf die Haltbarkeit der Produkte auswirken würde, im Verdauungskanal eine Rolle spielen?

Weniger mutmaßlich sind die Ideen, wonach die Veränderungen von physiko-chemischen Faktoren wie der PRS, der Gerinnbarkeit (Abbildung 31) und der Festigkeit des Koagulats (Abbildung 32) oder auch während der Lagerung auftretende Veränderungen der Sauerstoff-Sättigung und der Viskosität den Werdegang der Nahrungsmittel im Verdauungstrakt beeinflussen könnten.

Die erhöhte Anzahl von kleineren Fettkügelchen in den industriell hergestellten Milcharten, die alle mehr als

diejenigen der Rohmilch einem gewissen Homogenisationseffekt unterworfen sind, wäre hinsichtlich einer besseren intestinalen Verwertung des Milchfettes sicher nur als günstig einzuschätzen (vorausgesetzt daß dieser Effekt nicht zu stark ist und besonders die Fette nicht durch Licht- und UV-Bestrahlung oxydativen Veränderungen unterworfen werden). Übrigens sind die Größenverhältnisse der Fettkügelchen der Muttermilch mit denjenigen der homogenisierten Milch vergleichbar.

Die lichtmikroskopische Überprüfung der Fettkügelchen zeigt, daß die UHT-Behandlungen im Vergleich zur pasteurisierten Milch, obwohl das gleiche Verfahren der Homogenisierung angewendet wurde, eine zusätzliche Homogenisierung ausüben (Abbildung 38); um das mögliche Auftreten von Caseinagglomeraten auszuschalten, wurden die Fettkügelchen mit Nilblausulfat, einem für die Fluoreszenz von Lipiden spezifischen Färbemittel, angefärbt und fluoreszenzmikroskopisch untersucht. Dabei konnte bestätigt werden, daß die vorhandenen Teilchen als Fettkügelchen anzusehen sind (Abbildung 39).

Auch die Caseinmizellen werden in ihrer Struktur durch die Wirkung der Homogenisierung verändert, wie dies elektronenmikroskopisch gezeigt werden konnte (Abbildung 40). Vergleicht man rohe und bei 72°C pasteurisierte Milch, so stellt man fest, daß in der pasteurisierten Milch einerseits mehr Submizellen entstehen und anderseits eine Tendenz zur Bildung von Agglomeraten vorhanden ist. Man

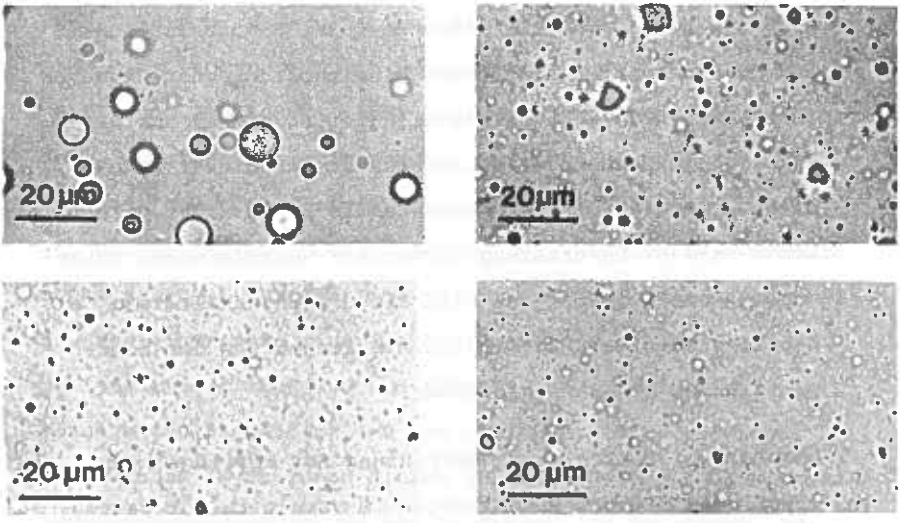


Abbildung 38: Fettkügelchen in Rohmilch, Past., UHT-ditekt, UHT-indirekt

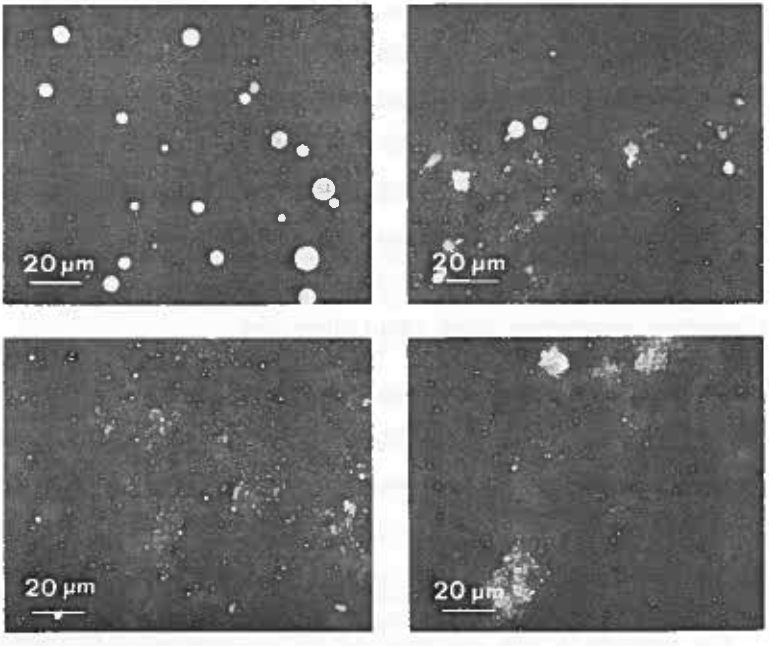


Abbildung 39: Fettkügelchen im Fluoreszenzmikroskop, Rohmilch, Past., UHT-direkt, UHT-indirekt

muß sich vorstellen, daß die Mizellen in einem dynamischen Zustand stehen und man könnte eine nachträgliche Ansammlung von Mizellen als eine gewisse Denaturierung von Membranproteinen verstehen.

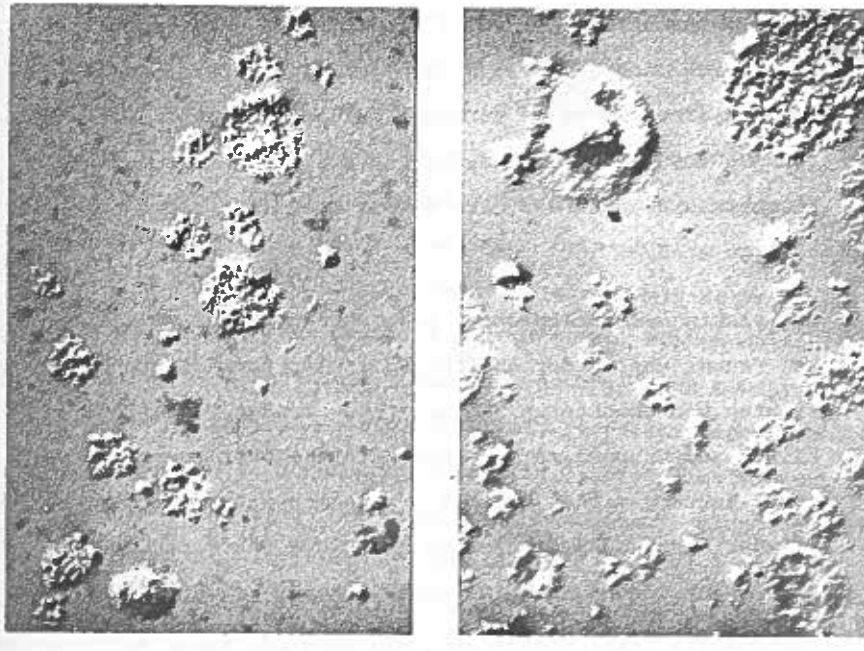


Abbildung 40: Vergleich der Caseinmizellenstruktur in entrahmter Rohmilch und pasteurisierter Milch 72°C. Vergr. 80.000 x (Gefrierätzung)

Es wurde bereits erwähnt, daß die untersuchten Erhitzungsverfahren die Verteilung des gebundenen oder dialysierbaren Kalziums nicht beeinflussen. Ob dies auch für alle anderen Mineralstoffe oder Spurenelemente zutrifft?

Worin könnte außerdem die Rolle der Leukozyten bestehen, die unversehrt mit der rohen Milch in den Verdauungskanal des Kindes oder des Erwachsenen gelangen? Diese Leukozyten sind in einer nicht zu vernachlässigenden Anzahl (mindestens 300.000 je ml) vorhanden und stellen Vektoren zahlreicher Substanzen dar, die an der Immunität nicht unbeteiligt sind.

Angesichts der zahlreichen, noch unbeantwortet gebliebenen Fragen und in der Absicht, die klar formulierten Ansichten von geachteten und ernstzunehmenden Persönlichkeiten und Gruppen zu beachten, die die Überlegenheit roher Nahrungsmittel bejahen, habe ich nicht gezögert, mit der chemisch-biologischen Abteilung des Forschungslabors des Goetheanums (Dornach, Schweiz) wegen der Anwendung der $CuCl_2$-Kristallisationsmethode nach PFEIFFER (SELAWRY und SELAWRY, 1957) und mit dem Institut Cultura (Dornach, Schweiz) wegen der Einbeziehung des Tropfbildverfahrens in die Untersuchungen in Kontakt zu treten.

Es wäre noch verfrüht, auf die Einzelheiten gewisser Beziehungen zwischen den herkömmlichen wissenschaftlichen Methoden und den Ganzheitsmethoden der anthroposophischen Labors eintreten zu wollen. Aber obwohl diese letzteren

Methoden in mehrerer Hinsicht von Interesse sind, wäre es doch zu hoffen, daß sie eines Tages dank einer Weiterentwicklung und Verfeingerung der analytischen Methodik widerspruchslos angewendet werden können.

Nicht nur die Variationen der essentiellen Verbindungen (Aminosäuren, Vitamine), ihre Verfügbarkeit, wie auch diejenige der Spurenelemente und Mineralstoffe können bei der physiologischen Gesamtwirkung eines rohen oder eines technologisch behandelten Nahrungsmittels eine Rolle spielen, auch Moleküle mit bekannten Funktionen (sicher sind aber noch nicht alle Funktionen bekannt) wie die Enzyme (Lysozym und Lactoperoxydase) sowie weitere Ernährungsfaktoren der Immunität (Leukozyten) können daran beteiligt sein. Außerdem mögen die verschiedenen biophysikalischen Merkmale (Redoxpotential, Verteilung der Fettkügelchen, Zustand der Caseinmizellen, gelöste Gase, Proteine im nativen oder denaturierten Zustand) einen besonderen Einfluß auf den Vorgang der Verdauung und Resorption ausüben und darüber hinaus auf die Wechselbeziehungen zwischen Organismus und den aufgenommenen Nahrungsmitteln.

So vermochte KOUCHAKOFF (1937) eine wichtige Veränderung der postprandialen Leucocytose beim Verzehr von identischen Früchten oder Gemüsen im rohen oder gekochten Zustand nachzuweisen. Ähnliche Unterschiede mögen auch für die Milch bestehen und Vorversuche unter Mitwirkung von Studenten als Versuchspersonen erlaubten, die Methodologie zu verbessern. Es war leider nicht möglich, die Arbeiten

fortzusetzen, aber ihre Wiederaufnahme wäre wünschenswert. Auch wenn Versuche an gesunden Tieren zu keinen beträchtlichen Unterschieden geführt haben, ist nicht auszuschliessen, daß der Einschluß einer gewissen Menge an roher Nahrung zur Diät in gewissen Stress-Situationen, wie Wachstum, Schwangerschaft, postoperativen Zuständen oder in Situationen, die mit einer chronischen Abwehr des Organismus zusammenhängen (Infektionen oder Formen der Krebsausbreitung) von großem Nutzen sein könnten.

Angesichts der Notwendigkeit, den gesamten Bedarf einer weiterhin zunehmenden städtischen Bevölkerung sicherzustellen, ist es vorauszusehen, daß pasteurisierte und UHT-Milcharten in Zukunft im Handel eine umso größere Rolle spielen werden als die in den letzten Jahren erreichten technologischen Verbesserungen es erlaubt haben, nicht nur eine mikrobiologisch vollkommen einwandfreie Milch zu produzieren, sondern auch die Eigenschaften der Rohmilch in bemerkenswertem Grade zu bewahren.

Literatur:

1. Alais C.: Communication Personnelle, 1977

2. Aschaffenburg R., J. Drewry: New procedure for the routine determination of the various non-casein proteins of milk, XV. Intern. Dairy Congress, London, 1959, p. 1631 - 1637

3. Schweizerische Milchkommission (Blanc B. und Gehriger G.), Schweizerisches Milchlieferungsregulativ, 1971

4. Ho C. Y., J. Clifford: Digestion and absorption of bovine milk xanthine oxidase and its role as an aldehyde oxidase, J. Nutr. 106, 1600 - 1609 (1976)

5. Ho C. Y., J. Clifford: Bovine milk xanthine oxidase, blood lipids and coronary plaques in rabbits, J. Nutr. 107, 758 - 766 (1977)

6. Kouchakoff P.: Nouvelles lois de l'alimentation humaine basées sur la leucocytose digestive, Mémoires de la Société vaudoise des sciences naturelles, 5 (8), No 39, 319 - 348 (1937)

7. Mangino M. E., J. R. Brunner: Homogenized Milk: Is it really the culprit in dietary-induced atherosclerosis? J. Dairy Sci., 59, p. 1511 (1976)

8. Mitchell H. H.: in "Symposium on methods for the evaluation of nutritional adequacy and status (H. Spector, M. S. Peterson and T. E. Friedmann eds.) National Research Council, Washington D. C., p. 13 (1954)

9. Oster K. A.: A new culprit in atherosclerotic disease. Enzyme may affect the arterial wall. Med. World News, 13 : 68 (1972)

10. Rao Rama P. B., Ph. W. Norton, Johnson B. Connor: The amino acid composition and nutritive value of proteins, V, Amino acid requirements ASA pattern for protein evaluation, J. Nutr. 82, 88 - 92 (1964)

11. Renner E.: Ernährungsphysiologische Veränderungen der Milch durch Be- und Verarbeitung, Deutsche Milchwirtschaft 33, 1021 - 1031 (1976)

12. Ritter W., P. Schilt: Untersuchungen über einige wichtige Einflußfaktoren bei der Bestimmung der Labstärke, Schweiz. Milchztg. 91, Wiss. Beil. Nr. 107 (1965)

13. Selawry A., O. Selawry: Die Kupferchloridkristallisation, G. Fischer Verlag, Stuttgart, 1957

Probleme der Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaft

5

Probleme um neue Lebensmittel

Berichte vorgelegt auf der IV. Gemeinsamen Arbeitstagung
der Österreichischen Gesellschaft für Ernährungsforschung,
der Deutschen Gesellschaft für Ernährung und
der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährungsforschung
in Wien, 22.—23. September 1977

Herausgegeben von

**R. HARMER (WIEN), W. AUERSWALD (WIEN),
N. ZÖLLNER (MÜNCHEN), B. BLANC (BERN) UND
B. BRANDSTETTER (WIEN)**

mit Beiträgen von

**W. BARFUSS, H. J. BIELIG, B. BLANC, H. FRIEDRICH, A. FRICKER,
K. F. GANDER, B. GUBLER, M. HODLER, F. KIEFFER, H. KLÄUI,
H. KLAUSHOFER, D. KNORR, A. KRAFT, TH. MARTHALER, J. MAURON,
A. L. PRABUCKI, O. PRÄNDL, G. SCHLIERF, A. SCHÜRCH,
K. SMOLKA, J. C. SOMOGYI, H. STACHELBERGER,
P. VAN STRATUM, G. VOGEL, R. WENGER UND G. WOLFRAM**

1978

**WILHELM MAUDRICH VERLAG
WIEN — MÜNCHEN — BERN**