



Lernwerkstatt
Schülerlabor
Chemie

Experimentiermappe zum Thema **Milch**



seit 1558

Fonds der
Chemischen
Industrie



Das Lebensmittel Milch

1	Milch als Emulsion	3
2	Inhaltsstoffe der Milch	4
3	Milchsorten und Behandlungsverfahren	9
4	Herstellung verschiedener Milchprodukte	10
5	Schadstoffe in der Milch	13
6	Krankheiten	14

Experimente zum Thema Milch

Bestimmung des Säuregrads von Milch nach Soxhlet-Henkel	15
Bestimmung des Säuregrads von Joghurt nach Soxhlet-Henkel	16
Untersuchung des Frischegrads von Milch mit Hilfe der Alkoholprobe	17
Untersuchung des Milchzuckers mit der Fehling-Probe	17
Milch als Emulsion: der Tyndall-Effekt	18
Vergleich einer O/W- und einer W/O-Emulsion	19
Homogenisieren von Milch	19
Auftrennung der Proteinfractionen	20
Proteinnachweise	21
Proteine und die Milchsäure	22
Nachweis von Mineralstoffen in der Sirte	23
Nachweis von Vitamin B ₂ in Molke oder Sirte	24
Herstellung verschiedener Milcherzeugnisse	24

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Lecithin (R ₁ , R ₂ Alkylreste)	4
Was steckt in der Milch?	5
Zusammensetzung der Proteinfraction der Kuhmilch	5
Modellhafte Darstellung der Casein Micelle und Submicelle	6
Aminosäure Prolin	7
Lactose	7
Gehalt einzelner Fettsäuren in 100 g Milchfett	8
Mengenelemente der Milch	8
Spurenelemente der Milch	9
Vitamingehalt der Milch	9
Zerkleinern der dickgelegten Milch mit Hilfe einer Käseharfe	11
Abfiltrieren des Käsebruchs	11
Pro-Kopf-Verbrauch (in kg) verschiedener Milchprodukte im Jahr 2001	13
Schritte der Käseherstellung	26

Das Lebensmittel Milch

Die Geschichte der Milch beginnt mit der Domestizierung von Tieren, die nachweislich vor 8000 Jahren in der Türkei begann¹. Kraft und Wildheit der Rinder ließ ihre Domestizierung erst etwa 2000 Jahre später - nach Ziege und Schaf - gelingen. Es wird die Meinung vertreten, dass Wildrinder zunächst zu kultischen Zwecken (als Opfertiere) gehalten wurden. Später war das Rind ein wichtiger Fleischlieferant und seine Fähigkeit große Lasten zu tragen und Pflüge zu ziehen, war für den Ackerbau sehr wichtig. Erst sehr viel später gewann die Milchproduktion an Bedeutung, als Rinder durch Zuchtwahl in immer längeren Perioden nach dem Kalben Milch gaben.

1 Milch als Emulsion

Emulsionen sind disperse Systeme zweier oder mehrerer ineinander unlöslicher Flüssigkeiten. Eine der flüssigen Phasen bildet dabei das Dispersionsmittel, in dem die anderen Phasen in Form feiner Tröpfchen verteilt sind.

Es kommen die beiden Emulsionstypen Öl in Wasser (O/W) und Wasser in Öl (W/O) vor. Beispiele aus dem Alltag für O/W-Emulsionen sind Milch, Mayonnaise oder Körperlotion, für W/O-Emulsionen Butter, Margarine oder Salben. Der Durchmesser der dispergierten Tröpfchen in Emulsionen liegt zwischen 10^{-2} und 10^{-6} cm, die meisten Emulsionen zeigen jedoch eine uneinheitliche Teilchengröße und sind damit polydispers. Je nach der Größe der dispergierten Teilchen sind Emulsionen milchig trüb (Makroemulsion) bis klar (Mikroemulsionen).

Die im Dispersionsmittel fein verteilten Tröpfchen des emulgierten Bestandteils sind um so beständiger, je geringer die Grenzflächenspannung zwischen den flüssigen Phasen ist und je kleiner die Tröpfchen sind. Deshalb vereinigen sich die emulgierten Teilchen in künstlich hergestellten Emulsionen unter dem Einfluss der Brownschen Molekularbewegung zu größeren Tropfen. Die Emulsion entmischt sich, es erfolgt eine Deemulgierung. Kommt es allerdings durch ober- bzw. grenzflächenaktive Stoffe (Emulgatoren) auf der Oberfläche der emulgierten Tröpfchen zu einer Filmbildung, welche die Grenzflächenspannung zwischen den Phasen herabsetzt, so entsteht eine stabilisierte Emulsion.

¹ <http://www.bgbm.fu-berlin.de/bgbm/museum/expo/2002/nutztier.htm>

Die Milch ist eine Emulsion von MilCHFettkügelchen im Milchplasma. Unter Milchplasma versteht man die vollkommen fettfreie Milchflüssigkeit, in der alle weiteren Bestandteile gelöst sind.

Die Fettkügelchen in der Milch sind von einer mehrschichtigen Hülle umgeben, durch die die Emulsion stabilisiert wird (haptogene Membran). Dem Fett liegt zunächst eine Schicht von Phospholipiden, dann eine Proteinschicht (Euglobuline) an².

Bei Phospholipiden handelt es sich um organische Di- bzw. Monoester der Phosphorsäure. Hauptkomponente in der Milch ist das Lecithin. In geringerem Maße sind Kephalin und Sphingomyelin vorhanden.

Phospholipide und Proteine sind wegen ihres Molekülbaus gute Emulgatoren: sie besitzen hydrophile und lipophile Molekülgruppen, die eine Affinität sowohl zu wässrigen, als auch öligen Phasen bedingen. Ihr lipophiler Molekülteil ist zum Fettkern, der hydrophile Teil zur Plasmaphase hin orientiert.

Bei Lecithin handelt es sich um keine Einzelverbindung, sondern um ein Gemisch unterschiedlich substituierter Verbindungen folgender Struktur:

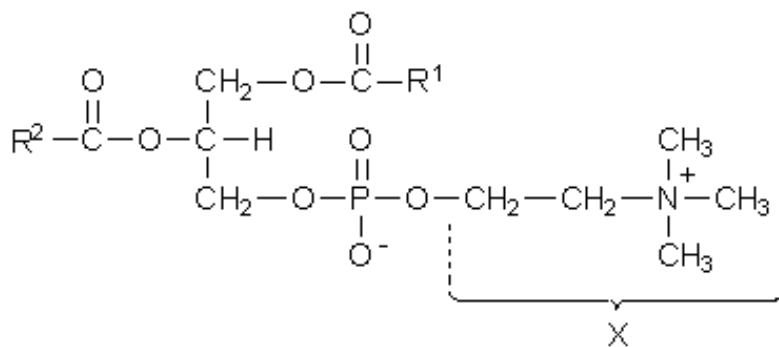


Abbildung: Lecithin (R^1 , R^2 Alkylreste)

2 Inhaltsstoffe der Milch

Hauptbestandteil der Milch ist Wasser. Weitere wichtige Bestandteile sind Proteine, Fette, Kohlenhydrate, Mineralstoffe und Vitamine.

Die Milch verschiedener Säugetiere unterscheidet sich deutlich in ihrer prozentualen Zusammensetzung. Kuhmilch hat einen etwa dreimal so hohen Proteingehalt und einen viermal höheren Mineralstoffgehalt als Muttermilch, wodurch sie für Säuglinge schwer zu verdauen ist (Durchfallerkrankungen und Austrocknung).

² CD Römpp Chemie Lexikon, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York

Milch	Wasser	Protein	Fett	Lactose	Mineralstoffe
Mensch	87,6	1,2	4,1	6,9	0,2
Kuh	87,5	3,1	3,8	4,8	0,8
Schaf	82,7	5,3	6,3	4,9	0,9
Ziege	86,6	3,6	4,2	4,8	0,8
Pferd	90,0	2,2	1,5	5,9	0,4
Rentier	63,0	10,3	22,5	2,5	keine Angabe

Tabelle: Was steckt in der Milch? (Angaben in %)³

Die Proteine der Milch teilen sich in Caseine (80 %) und in die hitzeempfindlicheren Molkeproteine auf (20 %).

Protein	Anteil (in %)
Caseine	80
α -Caseine	42
β -Caseine	25
χ - Caseine	9
γ - Caseine	4
Molkeproteine	20
β -Lactoglobuline	9
α -Lactalbumin	4
Proteose-Pepton	4
Serumalbumin	1
Immunoglobuline	2

Tabelle: Zusammensetzung der Proteinfraction der Kuhmilch

Funktion und Eigenschaften von Proteinen werden entscheidend von ihrer räumlichen Struktur beeinflusst. Proteine bilden dreidimensionale Strukturen aus, die über Wasserstoffbrückenbindungen und Sulfidbrücken stabilisiert werden. Bei Erwärmung werden diese schwachen Bindungen gelöst und das Protein denaturiert, wodurch es häufig wasserunlöslich wird und ausflockt. Molkeproteine denaturieren bereits bei einer Temperatur von 74°C, sie flocken jedoch nicht aus, da sie Komplexe mit den Caseinen bilden. Lediglich an der

³ KOOLMAN, J. (Hrsg.): Kaffee, Käse, Karies...: Biochemie im Alltag, Wiley-VCH, Weinheim, 1998

Oberfläche erhitzter Milch bildet sich durch das Verdampfen von Wasser eine Milchhaut, die zu 20-25 % aus Proteinen und 70 % aus Fetten besteht. Aufgrund der Denaturierung verlieren die Proteine ihre Eigenschaft, als Emulgatoren die Suspension zu stabilisieren. Die Fetttröpfchen vereinigen sich zu größeren Tropfen, bis sie sich schließlich aus der Suspension abscheiden und an die Oberfläche steigen.

Unter dieser Milchhaut kann sich aufsteigender Wasserdampf aufstauen und diese anheben, so dass es zum typischen Effekt des Überkochens der Milch kommt.

Die Caseine (Phosphorproteine) liegen in der Milch als Calciumsalze vor, die kolloidal in Form von Micellen gelöst sind. Sie sind relativ hitzebeständig, die Micellenstruktur wird jedoch durch Ansäuern bzw. durch das Enzym Lab zerstört.

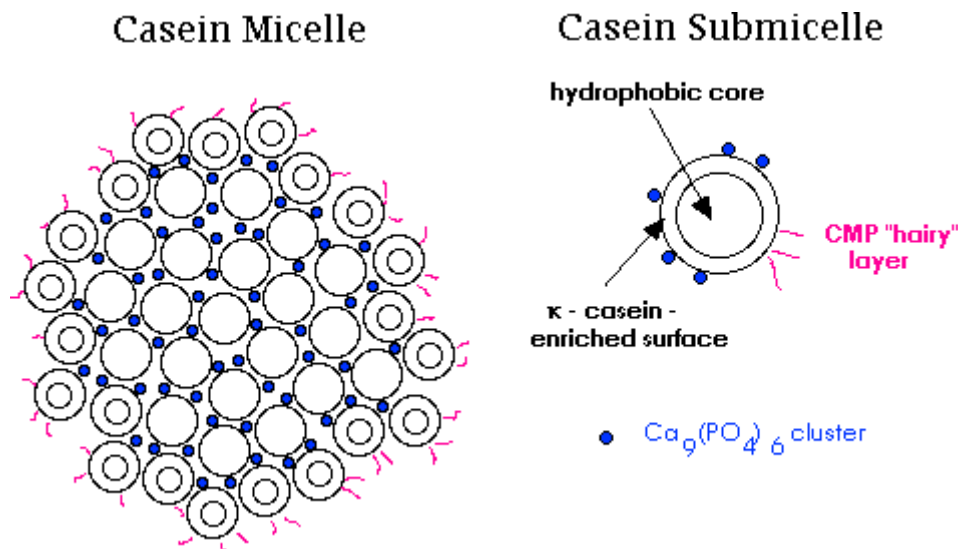


Abbildung: Modellhafte Darstellung der Casein Micelle und Submicelle⁴

Das vorgestellte Modell der Micellenbildung wird jedoch kontrovers diskutiert. So besteht Unklarheit über die genaue Anordnung der Calciumphosphate, die vermutlich wie eine Art „Zement“ die Submicellen zusammenhalten. Es stellt sich die Frage, warum Caseine wenig hitzeempfindlich sind, jedoch bei einer Änderung des pH-Wertes ausflocken. In Caseinen liegt eine große Zahl von Prolinresten vor, die die Ausbildung einer relativ starren Sekundärstruktur der Proteine verhindern. Man kann sich die Struktur der Caseinmoleküle bildlich als eine Kette mit vielen Gelenken vorstellen, so dass zugeführte Wärmeenergie durch Bewegung besonders gut auffangen werden kann.

⁴ <http://www.foodsci.uoguelph.ca/deicon/casein.gif>

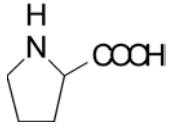


Abbildung: Aminosäure Prolin

Nach dem vorgestellten Modell ragen hydrophile Molekülreste aus den Caseinmicellen, die eine nach außen gerichtete negative Aufladung der Micellen zur Folge hat. Die kolloidal gelösten Caseinmicellen koagulieren aufgrund der Abstoßungskräfte nicht zu größeren Teilchenaggregaten. Durch Zusatz positiv geladener Elektrolyte (H_3O^+ , Metallionen) wird das Gleichgewicht gestört und die Caseine flocken aus.

Caseine werden in der Technik zur Herstellung von Caseinkunststoffen und Klebstoffen sowie als Bindemittel für Wandfarben verwendet.

Hauptkomponente der Kohlenhydratfraktion der Milch ist das Disaccharid Lactose (Milchzucker oder Lactobiose). Lactose kommt ausschließlich in Milch und Milchprodukten vor. In geringen Mengen enthält Milch auch Glucose.

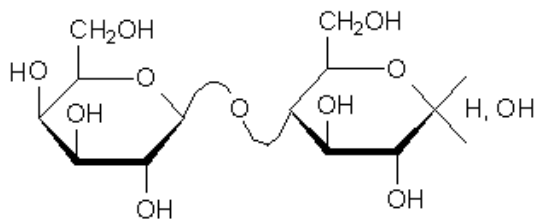


Abbildung: Lactose

In der Lactose sind D-Galactose und D-Glucose β -glycosidisch verknüpft. Aufgrund der freien OH-Gruppe reduziert Lactose Fehling-Lösung. In wässriger Lösung bilden sich α - und β -Lactose im Verhältnis 2:3 aus. Lactose wird bei der Herstellung vieler Sauermilchprodukte mikrobiell zu Milchsäure umgesetzt.

Fett liegt in der Milch in Form feiner Tröpfchen mit einem Durchmesser von 0,1 bis 10 μm vor. Sie sind damit um ein vielfaches größer als die Caseinmicellen ($\varnothing = 50\text{-}300\text{ nm}$)⁵. In einem Milliliter Kuhmilch befinden sich bis zu 4,6 Milliarden Fetttröpfchen⁶.

Das Milchfett zeichnet sich durch eine breite Verteilung an Fettsäuren aus. Das Spektrum der Fettsäuren reicht dabei von der Buttersäure bis zu langkettigen und auch mehrfach

⁵ DEIFEL, A.: Die Milchsäure im Joghurt, PdN.Chemie, 7 (1995) 44, S.22-28

⁶ CMA (Hrsg.): Richtig Ernähren und fit bleiben mit Milch-Butter-Käse (Broschüre), Bonn, 1993

ungesättigten Fettsäuren. Insgesamt wurden im MilCHFett mehr als 400 Fettsäuren gefunden. Dabei weisen aber nur etwa 15 einen Anteil von mehr als 1 g/100 g Fett auf⁷.

Fettsäure	Gehalt (in Gew%)
Buttersäure	2,79
Capronsäure	2,34
Caprylsäure	3,04
Caprinsäure	2,87
Laurinsäure	8,94
Myristinsäure	23,80
Stearinsäure	13,20
Ölsäure	25,50

Tabelle: Gehalt einzelner Fettsäuren in 100 g MilCHFett

Frisch gemolkene Milch enthält vor allem Citronensäure in einer Konzentration von ca. 1,8g pro Liter. Durch bakterielle Aktivität werden aus dem MilChzucker Milchsäure und auch Essigsäure gebildet. Milchsäure (2-Hydroxypropionsäure) wird unter anaeroben Bedingungen von Milchsäurebakterien, Enterobakterien, Pilzen und einigen Hefen gebildet. Die Synthese der beiden enantiomeren Formen ist dabei artspezifisch. Die rechtsdrehende L(+)-Milchsäure entspricht der Form, die auch der menschliche Körper produziert. Die D(-)-Milchsäure, die mit der Nahrung aufgenommen wird, wird langsamer abgebaut bzw. ausgeschieden.

Die Milch ist ein sehr wichtiger Calciumlieferant, der Gehalt von durchschnittlich 1,2 g/l übersteigt den der meisten anderen Lebensmittel. Milch ist ein wichtiger Lieferant von Vitamin A und Vitamin B₂.⁸

Mengenelement	Kalium	Calcium	Natrium	Magnesium	Phosphat	Chlorid	Sulfat
Gehalt (mg/l)	1500	1200	500	120	3000	1000	100

Tabelle: Mengenelemente der Milch

⁷ <http://www.schweizerbauer.ch/news/aktuell/artikel/10817/artikel.html>

⁸ VOLLMER, G.: Lebensmittelführer, Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1995

Spurenelemente	Zn	Al	Fe	Cu	Mo	Mn	Ni	Si	Br	B	F	J
Gehalt (µg/l)	4000	500	400	120	60	30	25	1500	1000	200	150	60

Tabelle: Spurenelemente der Milch

Vitamin	A	B	E	B ₁	B ₂	B ₆	B ₁₂	Niacin	Panthothensäure	Biotin	C	Folsäure
Gehalt (mg/l)	0,4	0,001	1,0	0,4	1,7	0,6	0,005	1,0	3,5	0,03	2,0	0,05

Tabelle: Vitamingehalt der Milch

3 Milchsorten und Behandlungsverfahren

Den Verbrauchern steht eine große Anzahl frischer und haltbarer Milchsorten zur Verfügung. Sie unterscheiden sich in ihrem Fettgehalt sowie der weiteren Bearbeitung durch Pasteurisierung und Homogenisierung.

Rohmilch wird weder erhitzt noch homogenisiert. Sie darf wegen möglicher krankheitserregender Keime nur in Ausnahmefällen direkt vom Erzeuger an den Verbraucher abgegeben werden.

Vorzugsmilch ist eine amtlich besonders überwachte Milchsorte, die in ihrer natürlichen Beschaffenheit mit unverändertem Fettgehalt und ohne Hitzebehandlung in den Verkehr gebracht wird. Deshalb sind die Anforderungen an die Gesundheit der Kühe, an Überprüfungen und Beschaffenheit der Milch, kurz an die "Milchhygiene" besonders streng. Im Gegensatz zur Rohmilch wird Vorzugsmilch im Handel angeboten.

Wärmebehandelte Konsummilch wurde in der Molkerei behandelt und nach einem der amtlich anerkannten Wärmebehandlungsverfahren pasteurisiert, ultrahocherhitzt oder sterilisiert.

Wärmebehandlungsverfahren

Milch gehört zu den leicht verderblichen Lebensmitteln. Selbst bei sauberster Milchgewinnung gelangen Keime in die Milch. Die Milch wird erhitzt, um sie haltbarer zu machen und um mögliche Krankheitserreger abzutöten. Man unterscheidet dabei verschiedene Verfahren:

Pasteurisieren ist die Erhitzung der Milch auf weniger als 100°C. Normalerweise wird die Milch sehr kurz (15-30 sec) auf 72-75°C erhitzt. Dabei werden nicht alle Mikroorganismen

abgetötet, so daß die pasteurisierte Milch im Kühlregal aufbewahrt werden muß. Die als Frischmilch bezeichnete Milch ist ca. 5 Tage haltbar.

Beim Ultrahocherhitzen wird die Milch für mindestens eine Sekunde auf Temperaturen zwischen 135-150°C gebracht. Sie wird dann als H-Milch (haltbare Milch) bezeichnet. Da sie unter sterilen Bedingungen abgefüllt und verpackt wird, enthält sie in der Regel keine Keime mehr. Sie ist bis zu 8 Wochen haltbar.

Milch wird in einem Autoklaven unter erhöhtem Druck sterilisiert (30 min bei 110-120°C). Sterilisierte Milch enthält keine lebenden Keime mehr, so dass sie mehrere Monate haltbar ist. Sinn und Zweck der Homogenisierung ist es, die Absetzgeschwindigkeit des Milchfettes zu verringern. Die Milch wird bei 50 bis 70°C unter Druck durch feine Drüsen gepresst. Dabei werden die Fettkügelchen in der Emulsion fein zerkleinert; die Emulsion wird stabiler.

4 Herstellung verschiedener Milchprodukte

Säuerungskulturen spielen eine wichtige Rolle bei der Herstellung vieler Milchprodukte. Sie erzeugen Milchsäure als Produkt ihres Stoffwechsels und bewirken so eine Säurefällung in der Milch. Je nach Art und Stamm der ausgewählten Bakterienkulturen entsteht das entsprechende Milchprodukt⁹.

Dickmilch, Quark und Käse sind eng verwandte Milchprodukte. Quark entsteht quasi aus Dickmilch und ist selbst ein Vorprodukt des Käses. Bei Dickmilch handelt es sich, wie der Name schon sagt, um dick gewordene Milch. Die Bakterienstämme, die für das Andicken der Milch verantwortlich sind, sind in der Rohmilch schon vorhanden. Bei der Quarkherstellung wird die Milch zunächst mittels Säuerungskulturen bei 28 bis 30°C dick gelegt. Wärmebehandelter Milch wird dafür ein Esslöffel eines Sauermilchproduktes (saure Sahne, Dickmilch, Quark) zugegeben. Zusätzlich wird der Milch Labferment zugefügt, welches eine zweite Fällung bewirkt.

Bei Labferment handelt es sich um ein Enzym, welches traditionell aus Kälbermägen gewonnen wird. Es wird im Labmagen während der Saugphase der Kälber gebildet und erleichtert die Milchverdauung, indem es Casein, Haupteiweißbestandteil der Milch, ausfällt. Labenzyme werden heutzutage zunehmend mit Hilfe gentechnisch veränderter Mikroorganismen hergestellt.

⁹ Pütz, J., Norten, E.: Joghurt, Quark & Käse (Hobbythek), Egmont vgs, Köln, 1998



Abbildung: Zerkleinern der dickgelegten Milch mit Hilfe einer Käseharfe¹⁰

Anders als bei der Dickmilch scheidet sich bei der Quark- und Käseherstellung Molke ab, die abfiltriert wird. Die Molke ist eine klare Lösung, die Milchzucker (Lactose) und Eiweiße (Lactalbumin und Lactoglobulin) sowie Vitamine und Spurenelemente enthält. In den letzten Jahren hat man die ernährungsphysiologische Bedeutung dieses Abfallprodukts der Käse- und Quarkherstellung erkannt und vermarktet es entsprechend.

Nach der Labfällung trennen sich die Wege von Quark und Käse. Damit der Käse fest wird, muss die Molke besonders gut abgetrennt werden. Dafür wird die eingedickte Milch - vom Fachmann auch Gallerte genannt - in Würfel zerkleinert. Je kleiner die Würfel geschnitten werden, desto härter wird der spätere Käse. Nach einer kurzen Wartezeit wird der Käsebruch von der Molke abfiltriert.



Abbildung: Abfiltrieren des Käsebruchs¹¹

Anschließend folgt der Reifeprozess, der je nach gewünschtem Produkt zwischen wenigen Tagen (Frischkäse) und einigen Wochen (Hartkäse) dauern kann. Der Käse wird während der

¹⁰ <http://www.chaes-rust.ch/images/andi2.jpg>

¹¹ <http://www.wertach.de/kaese.jpg>

Reifung regelmäßig gewendet und dann in eine Salzlake eingelegt. Gouda, Edamer und andere Hartkäse werden zusätzlich in Form gepresst. Geschmacksbildende Mikroorganismen spielen eine wichtige Rolle. So werden Camembert und Roquefort mit bestimmten Schimmelpilzkulturen beimpft, die das Wachstum eines weißen oberflächlichen Schimmelbelags bzw. des Blauschimmels bewirken. Bei der Käseherstellung im privaten Bereich gibt man einfach zusammen mit dem Lab feine Krümel einer Camembertrinde zu der Milch.

Joghurt wird industriell aus abgekochter Milch hergestellt. In der Regel wird die Milch homogenisiert; zur Erhöhung der Trockenmasse kann auch Magermilchpulver zugesetzt werden. Nach Zugabe der Joghurtkultur reift der Joghurt bei 42 bis 45°C für zwei bis drei Stunden. Anschließend wird die dickgelegte Milch auf 4 bis 6°C abgekühlt und gelagert, bis sich das typische säuerliche Aroma des Joghurts entwickelt. Als Joghurtkulturen findet ein Gemisch aus *Lactobacillus Bulgaricus* und *Streptococcus thermophilus* Verwendung, wobei *Lb. Bulgaricus* durch *Lb. acidophilus* ersetzt werden kann. Das Dicklegen des Joghurts erfolgt entweder in der Verpackung (Becher, stichfester Joghurt) oder in Tanks (Rührjoghurt).

Im Gegensatz zu anderen Sauermilcherzeugnissen enthält Kefir außer Milchsäurebakterien auch Hefen, so dass bei der Fermentation Milchsäuregärung und alkoholische Gärung nebeneinander ablaufen. Kefir ist ein sehr altes Sauermilchprodukt und ein traditionelles Getränk der Tartaren. Stellt man Kefir mit Kefirknöllchen her, entsteht eine große Menge Kohlendioxid, so dass das Produkt nicht in geschlossenen Behältern aufbewahrt werden kann.

Die Herstellung von Butter lässt sich bis in die vorchristliche Zeit verfolgen, allerdings diente sie zunächst als Heilmittel und Kosmetika.

Ausgangsprodukt für die Buttergewinnung ist der Rahm. Es gibt verschiedene Verfahren, um Butter herzustellen. In Deutschland wird überwiegend das Agglomerationsverfahren angewendet. Es ist das älteste bekannte Verfahren und beruht darauf, den Rahm in einem Gefäß solange zu schlagen, bis sich Butter abscheidet. Durch Drehung im Butterfaß werden die Fettkügelchen in der O/W-Emulsion angehäuft, zusammengedrängt und zusammengeballt. Der oberflächliche Emulgatorenfilm, der die Emulsion stabilisiert, wird dabei zerstört. Die Fettkügelchen kleben zusammen und Buttermilch scheidet sich ab. Die Butterkörner (1-2mm Durchmesser) werden abgetrennt, geknetet und ausgewaschen. Die ursprüngliche Emulsion „Fett in Wasser“ (Rahm) hat sich in eine Emulsion „Wasser in Fett“ (Butter) umgewandelt (Inversion).

Sahne wird durch Zentrifugieren von der Rohmilch abgetrennt. Handelsübliche Produkte enthalten 30 % Fett. Saure Sahne wird durch Zusatz von Milchsäurebakterien aus süßer Sahne hergestellt (10 % Fett). Wenn man Sahne mit einem Schneebesen oder einem Rührgerät

schlägt, so werden Luftblasen in der Flüssigkeit eingeschlossen. Aufgrund des hohen Fettgehaltes der Sahne bleibt die Schaumstruktur erhalten. Die Wände der Luftblasen werden durch Fettkügelchen und Proteine stabilisiert (Lamellensystem).

Bei Kondensmilch handelt es sich um konzentrierte Milch mit oder ohne Zusatz von Zucker, die in luftdicht verschlossenen Gefäßen sterilisiert wird. Die Konzentrierung der Milch erfolgt durch Eindampfen im Vakuum.

Milchprodukt	Verbrauch (in kg)
Konsummilch	63,0
Buttermilch	2,8 (1999)
Joghurt und Joghurtherzeugnisse	15,4
Sahne und Sahneerzeugnisse	7,8
Butter	6,6
Käse	21,8
Frischkäse und Quark	8,9
Kondensmilch	5,1 (1999)

Tabelle: Pro-Kopf-Verbrauch (in kg) verschiedener Milchprodukte im Jahr 2001¹²

5 Schadstoffe in der Milch

Milch kann Rückstände von Tierarzneimitteln enthalten. Zur Bekämpfung von Schmarotzern werden Kühe mit Antiparasitika behandelt. Es handelt sich dabei um Mittel gegen Leberegel, Würmer, Läuse oder Milben. Darüber hinaus können Kühe mit Antibiotika wie z.B. mit Tetracyclin-Präparaten oder Chloramphenicol (ein Breitband-Antibiotikum) behandelt werden. Zur Vorsorge gegen Euterentzündungen werden die Zitzen vielfach mit jodhaltigen Mitteln besprüht oder in diese eingetaucht (Präparate enthalten bis zu 5 g Jod pro kg). Ein Übergang in die Milch von bis zu 0,2 mg pro kg Milch wird geduldet, obwohl bei sachgemäßer Anwendung kein Übergang stattfinden sollte. Insbesondere hochchlorierte, organische Kohlenwasserstoffe reichern sich wegen ihrer Stabilität und guten Fettlöslichkeit in hohen Mengen im Fettgewebe an und gehen deshalb auch in die Milch über.

¹² <http://www.milch-markt.de>

Es besteht die Gefahr, dass Futtermittel aufgrund von Schimmelbildung Pilzgifte enthalten. Solche Pilzgifte werden zum Teil von der Kuh über die Milch ausgeschieden. Nach einem Änderungsvorschlag soll der zulässige Gehalt an Aflatoxin M1 in der Milch in der Aflatoxin-Verordnung zukünftig auf 50 ng/l beschränkt werden.

Da Blei, Cadmium und Quecksilber in der Umwelt überall vorhanden sind, nimmt die Milchkuh diese Schwermetalle mit der Nahrung auf. Zur Bewertung der Schadstoffbelastung in Milch hat das Bundesgesundheitsamt Richtwerte für Blei (0,03 mg/l), Cadmium (0,005 mg/l) und Quecksilber (0,01 mg/l) veröffentlicht.

6 Krankheiten¹³

Lactoseintoleranz ist eine häufige Ursache von Darmerkrankungen. Die Aktivität des milchzuckerspaltenden Enzyms Lactase ist dabei so stark vermindert, dass der Milchzucker erst in den unteren Darmabschnitten bakteriell abgebaut werden kann.

Aufgrund des osmotischen Effekts strömt Flüssigkeit in den Darm; es kommt zu Blähungen und einer erheblichen Anregung der Darmbewegungen mit Entleerung dünnflüssiger Stühle (sogenannte osmotische Durchfälle).

Den Patienten obliegt eine milchzuckerfreie Diät. Erfahrungsgemäß werden Sauermilchprodukte wie Joghurt, Dickmilch oder Quark gut vertragen, da der Milchzucker zum größten Teil zu Milchsäure abgebaut wurde.

Viele Völkergruppen verlieren nach dem Säuglingsalter die Fähigkeit das Enzym Lactase zu bilden (Asiaten, Afrikaner). Warum die Europäer, ihre amerikanischen und australischen Nachfahren Milch besser verdauen können, hat genetische Ursachen und erklärt sich aus der Bedeutung des Nahrungsmittels Milch in der Ernährung früherer Generationen.

¹³ Wörterbuch der Medizin, Thieme Verlag, Stuttgart, 1978

Versuch 1: Bestimmung des Säuregrads von Milch nach Soxhlet-Henkel^{14,15}

Was der Versuch soll:

Milch wird sauer, weil Milchzucker (Lactose) mikrobiell zu Milchsäure umgesetzt wird. Zur Beurteilung des Frischegrads, wird Milch deshalb mit Natronlauge titriert. Da auch frische Milch einen pH-Wert < 7 - aufgrund gelöster Salze (v.a. Hydrogenphosphate), gelösten Kohlendioxids und saurer Gruppen der Eiweiße (Caseine) - aufweist, wird auf die Angabe einer Milchsäurekonzentration verzichtet. Dafür wird eine Gesamtsäurekonzentration nach Soxhlet und Henkel bestimmt und mit Hilfe der SHZ (Soxhlet-Henkel-Zahl) beurteilt. Die SHZ gibt an, wie viele Milliliter Natronlauge ($c = 0,25 \text{ mol/l}$) zur Titration von 100 ml Milch unter Verwendung von 4 ml 2%-iger Phenolphthaleinlösung bis zum Erreichen einer bleibenden Rosafärbung verbraucht werden. Da der Endpunkt schwer zu erkennen ist, empfiehlt es sich eine Vergleichslösung herzustellen.

Produkt	frische Milch	ansaure Milch	saure Milch	hochsaure Milch
pH-Wert	6,4-6,8	6,0-6,3	4,2-4,5	3,0-4,0
SHZ	5-7,5	8-12	35-45	60-90

Geräte/Chemikalien:

Stativmaterial

Bürette

2 Weithalservolumenkolben

Magnetrührer und Rührfisch

Vollpipette (100 ml), Palleusball

Pasteurpipette

250 ml Milch

alkoholische Phenolphthaleinlösung ($w = 2 \%$)

Natronlauge ($c = 0,25 \text{ mol/l}$)

$\text{Co}(\text{NO}_3)_2$

Durchführung:

100 ml Milch werden mit 4 ml Phenolphthaleinlösung versetzt und mit Natronlauge bis zu einer schwachen Rotfärbung titriert. Die Titration wird einmal wiederholt.

Vergleichslösung zur einfacheren Erkennung des Umschlagpunktes: man löst 50 mg des rosarot gefärbten $\text{Co}(\text{II})$ -Salzes in 50 ml Milch.

¹⁴ HAAS, P.: Arbeitsblätter Chemie im Alltag, Klett Verlag, Stuttgart, 2000

¹⁵ TÖPEL, A.: Chemie der Milch: eine Einführung in die milchwirtschaftliche Chemie und die milchwirtschaftlich-chemische Laborpraxis, Fachbuchverlag Leipzig, Leipzig 1991

Versuch 2: Bestimmung des Säuregrads von Joghurt nach Soxhlet-Henkel

Was der Versuch soll:

Bei der Joghurtherstellung wird Milchzucker durch Milchsäurebakterien zu Milchsäure umgesetzt. Durch Senkung des pH-Wertes fallen die Caseine gelartig aus. Der Säuregrad von Joghurt kann nach Soxhlet-Henkel bestimmt werden. Joghurt hat einen pH-Wert von 4,0-4,3.

Geräte/Chemikalien:

Stativmaterial

Bürette

2 Weithalserlenmeyerkolben

Magnetrührer und Fischchen

Pasteurpipette

100 ml Joghurt

alkoholische Phenolphthaleinlösung (w = 2 %)

Natronlauge (c = 0,25 mol/l)

$\text{Co}(\text{NO}_3)_2$

Durchführung:

50 ml Joghurt werden mit 4 ml Phenolphthaleinlösung und 100 ml Wasser versetzt und mit Natronlauge bis zur schwachen Rotfärbung titriert. Die Titration wird einmal wiederholt. Die Ergebnisse der Doppelbestimmung werden für die Bestimmung der SHZ addiert.

Vergleichslösung: Man löst 50 mg des rosarot gefärbten $\text{Co}(\text{II})$ -Salzes in 50 ml Milch.

Versuch 3: Untersuchung des Frischegrads von Milch mit Hilfe der Alkoholprobe¹⁶

Was der Versuch soll:

Ansaure und saure Milch erkennt man auch daran, dass sie auch bei der Zugabe von Alkohol gerinnt.

Geräte/Chemikalien:

Reagenzgläser

Pipette

Meßzylinder

FrISChe und ältere Milch (je 5 ml)

Ethanol (70 %, unvergällt)

Durchführung:

5 ml Milch werden in einem Reagenzglas mit 10 ml 70 %-igem Alkohol versetzt. Es wird untersucht, ob die Milch gerinnt.

Versuch 4: Untersuchung des Milchzuckers mit der Fehling-Probe

Was der Versuch soll:

Im Milchzucker Lactose sind D-Galactose und D-Glucose β -glycosidisch verknüpft. Aufgrund der freien OH-Gruppe reduziert Lactose Fehling Lösung.

Geräte/Chemikalien:

Reagenzglas

Reagenzglasklammer

Bunsenbrenner

Messzylinder

5 ml Milch

Fehling-Lösung I und II (je 1 ml)

Durchführung:

5 ml frISChe Milch werden im Reagenzglas mit je 1 ml Fehling Lösung I und II versetzt. Die Lösung wird vorsichtig in der Bunsenbrennerflamme erhitzt.

¹⁶ WÖHRMANN, H.: Milch auf dem Prüfstand, NiU-Chemie, 7 (1996) 33, S.11-17

Versuch 5: Milch als Emulsion: der Tyndall-Effekt

Was der Versuch soll:

Milch ist eine Emulsion von Fetttröpfchen im Milchplasma.

Da der Durchmesser der Fetttröpfchen im Bereich der Wellenlängen des sichtbaren Lichtes liegt, streuen sie einfallendes Licht (Tyndall-Effekt). Ein Lichtstrahl der durch eine Lösung von wenigen Tropfen Milch in Wasser fällt, ist als Kegel zu erkennen.

Geräte/Chemikalien:

Becherglas, hohe Form (250 ml)

Pasteurpipette

Taschenlampe

Schwarzes Tonpapier

Schere

Klebstreifen

Milch

Wasser



Durchführung:

Das Becherglas wird bis unter den Rand mit Wasser gefüllt und mit wenigen Tropfen Milch versetzt. Das schwarze Papier wird trichterförmig gerollt, so dass eine Öffnung von 1 cm Durchmesser entsteht, und mit einem Klebestreifen befestigt. Der Raum wird verdunkelt (Licht aus!). Das Licht der Taschenlampe wird durch die Trichteröffnung auf das Becherglas geleitet. Der Strahlengang wird als Kegel sichtbar.

Versuch 6: Vergleich einer O/W- und einer W/O-Emulsion¹⁷

Was der Versuch soll:

Milch und Butter sind beides Emulsionen. Sie unterscheiden sich jedoch durch den Emulsionstyp. Ist wie bei der Milch Wasser das Dispersionsmittel, indem Fetttröpfchen gelöst sind, so spricht man von einer O/W-Emulsion (Öl in Wasser), bei Butter handelt es sich um eine W/O-Emulsion. Beide Emulsionstypen können einfach mit Hilfe von etwas Wasser und Wasserfarbe unterschieden werden.

Geräte/Chemikalien:

2 Petrischalen, Reagenzglas, Spatel
Pasteurpipette, Pinsel
Wasserfarbe
Butter, Milch, Wasser

Durchführung:

Man gibt in die eine Petrischale einige Tropfen Milch. In die zweite Schale legt man ein kleines Stück Butter. Man löst etwas Wasserfarbe in 10 ml Wasser und gibt einige Tropfen der gefärbten Lösung in die beiden Petrischalen. Nun rührt man kräftig durch. Liegt eine O/W-Emulsion vor, so mischt sie sich gut mit dem gefärbten Wasser und färbt sich an. Liegt jedoch eine W/O-Emulsion vor, so lässt sie sich weder mit dem Wasser mischen noch anfärben.

Versuch 7: Homogenisieren von Milch

Was der Versuch soll:

Milch wird homogenisiert, um die Absetzgeschwindigkeit der Fetttröpfchen zu verringern. Die Milch wird dafür durch feine Düsen gepresst, wodurch die Größe der Fetttröpfchen deutlich verringert und die Emulsion stabilisiert wird. Die Homogenisierung kann in der Schule einfach mit Hilfe eines Pflanzensprenger veranschaulicht werden¹⁸.

Geräte/Chemikalien:

Pflanzensprenger
2 Schraubdeckelgläser
Messzylinder
Salatöl
Wasser



Durchführung:

In zwei Schraubdeckelgläsern werden jeweils 8 ml Salatöl mit 200 ml Wasser versetzt. Nach dem Verschließen werden beide Gefäße gleich stark geschüttelt. Der Inhalt des einen Gefäßes wird dann rasch in den Pflanzensprenger überführt und durch die Sprengerdüsen zurück in das Schraubglas gesprüht. Beide Emulsionen werden nun optisch untersucht; die Absetzgeschwindigkeit der Fetttröpfchen in beiden Emulsionen wird verglichen.

¹⁷ JUST, E.; WOEST, V.: Alltagsorientierter Chemieunterricht, Zentralbuchdruckerei der Universität Bremen, Bremen, 1996

¹⁸ APEL, J.; WÖHRMANN, H.: rund um die Milch, NiU-Chemie, 7 (1996) 33, S.18-25

Versuch 8: Auftrennung der Proteinfractionen¹⁹

Was der Versuch soll:

Die Milchproteine teilen sich in 80 % Caseine und 20 % Molkeproteine (Albumine und Globuline) auf. Diese beiden Proteinfractionen unterscheiden sich in ihren Eigenschaften. Während die Caseine bei einer Senkung des pH-Wertes schnell ausflocken, koagulieren die Molkeproteine bei einer Erhöhung der Temperatur. Dieser Fakt kann für eine Auftrennung genutzt werden. (Die Fraktionen aus V9 werden für weitere Nachweise aufbewahrt).

Geräte/Durchführung:

3 Bechergläser (250 ml)
Glasstab
Pasteurpipette
Trichter und Filterpapier
Spatel
pH-Meter
Heizplatte
Milch
dest. Wasser
Essigsäure (10 %)
Natriumcarbonat



Durchführung:

50 ml Vollmilch werden mit 50 ml dest. Wasser versetzt und im Wasserbad auf 40°C erhitzt. Unter Rühren gibt man dann tropfenweise 10 %-ige Essigsäure zu, bis ein pH-Wert von 4,6 erreicht ist. Die Milch gerinnt. Man lässt das Gemisch einige Minuten stehen und filtriert dann den Niederschlag ab. Der Niederschlag besteht aus Caseinen und etwas Milcfett, welches bei dem Verfahren mitausgefällt wird. Bei dem klaren Filtrat handelt es sich um die Molke. Sie ist schwach sauer, enthält Milchzucker und Molkeproteine.

Das Filtrat wird mit einigen Spatelspitzen Natriumcarbonat auf einen pH-Wert ≈ 6 eingestellt. Die Lösung wird dann auf der Heizplatte vorsichtig aufgeköcht. Sie schäumt auf und die Molkeproteine flocken aus. Die Molkeproteine werden über einen Faltenfilter abfiltriert. Das klare Filtrat ist die Sirte. Sie ist proteinfrei.

¹⁹ STÜBS, R.: Experimentelle Untersuchung von Lebensmitteln, Chem. Sch., 44 (1997) 1, S.6-14

Versuch 9: Proteinnachweise

Was der Versuch soll:

Mit Hilfe der Biuret-Reaktion können Proteine in Milcherzeugnissen und in den verschiedenen Fraktionen aus V9 nachgewiesen werden.

Mit Hilfe der Xanthoprotein-Reaktion können aromatische Aminosäuren in der Proteinkette nachgewiesen werden. Die Gelbfärbung geht auf eine Nitrierung der aromatischen Ring-systeme zurück, die auch bei unsauberem Arbeiten mit Salpetersäure auf der Haut beobachtet werden kann.

Geräte/Chemikalien:

Milch, Milcherzeugnisse, Fraktionen aus V8

Biuret-Reaktion:

Messzylinder

Reagenzgläser

Pasteurpipetten

PH-Papier

NaOH (10 %)

CuSO₄-Lösung (7 %)

Xanthoprotein-Reaktion:

Reagenzglas

Reagenzglasklammer

Messzylinder

HNO₃ konz.

Durchführung:

Biuret-Reaktion: 3 ml Probe werden in einem Reagenzglas mit 3 ml Natronlauge versetzt. 4 Tropfen Kupfersulfat-Lösung werden dann zugegeben. Der Reagenzglas wird kräftig geschüttelt und ggf. etwas erwärmt. Eiweiße werden durch die Bildung einer violett gefärbten Komplexverbindung nachgewiesen, die in überschüssiger Natronlauge gelöst ist.

Xanthoprotein-Reaktion: in einem Reagenzglas werden 4 ml Probe vorsichtig mit 3 ml konzentrierter Salpetersäure versetzt und unter dem Wasserhahn mit heißem Wasser erwärmt. Das Absetzen gelber Flocken gilt als Nachweis aromatischer Aminosäuren.

Versuch 10: Proteine und die Milchhaut

Was der Versuch soll:

Wenn man Milch erhitzt, so bildet sich bekanntlich eine Milchhaut, die von manchen Leuten gehasst wird, für andere dagegen als Leckerbissen gilt. Die Milchhaut besteht zu etwa 25 % aus Proteinen und zu 70 % aus Milchfett. Ursache für die Bildung der Milchhaut ist vor allem die Hitzeempfindlichkeit der Proteine. Sie flocken oberflächlich aus und bilden eine Haut (siehe „Proteine und die Hautbildung auf der Milch“, Kap. 3.1). Proteine können in der Milchhaut mit Hilfe verschiedenerer Verfahren (V10) nachgewiesen werden.

Geräte/Chemikalien:

Becherglas (250 ml)
Bunsenbrenner
Dreibein und Drahtnetz
Spatel
Reagenzglas mit seitlichem Ansatz und Stopfen
Waage
Messzylinder
pH-Papier
Milch
KOH-Lösung (30 %)

Durchführung:

100 ml Milch werden in ein Becherglas gefüllt und über dem Bunsenbrenner vorsichtig erwärmt, bis sich eine Milchhaut gebildet hat. Die Milchhaut wird mit Hilfe eines Spatels abgenommen. Mit der Milchhaut werden Biuret- und Xanthoprotein-Reaktion zum Protein-nachweis durchgeführt (V10).

Darüber hinaus kann man mit der Milchhaut einen weiteren Eiweißnachweis durchführen, der sich für viele Lebensmittel (z.B. Schokolade, Leberwurst) eignet.

Die Milchhaut wird in dem Reagenzglas mit seitlichem Ansatz mit 2 ml KOH-Lösung versetzt und mit dem Stopfen verschlossen. Die Probe wird dann in der Bunsenbrennerflamme vorsichtig erhitzt, um einen Siedeverzug zu vermeiden. Die Eiweiße werden dadurch zersetzt, Ammoniakgas wird frei. Mit Hilfe der Geruchsprobe ist Ammoniak nur schwer zu erkennen, da der Geruch nach verbrannter Milch stärker ist. Der Nachweis mit Hilfe feuchten Indikatorpapiers, das man an die seitliche Öffnung des Reagenzglases hält, gelingt aber gut.

Versuch 11: Nachweis von Mineralstoffen in der Sirte

Was der Versuch soll:

Milch enthält Mineralstoffe. Die Konzentration an Calcium, Kalium, Chlorid und Phosphat liegen im Bereich von 1 bis 3 g/l.

Diese Ionen können einfach nachgewiesen werden. Eiweiße in der Probe können die Nachweise jedoch stören, da sie beim Zusatz von Säure, Ionen (Aussalzen, Fällung), und bei einer Erhöhung der Temperatur ausflocken bzw. durch Zugabe konzentrierter Salpetersäure nitriert werden (Xanthoprotein-Reaktion). Deshalb empfiehlt es sich, mit der eiweißfreien Sirte zu arbeiten.

Geräte/Chemikalien:

Reagenzgläser und Reagenzglasständer
Messzylinder
Pasteurpipetten
Bunsenbrenner
Magnesiastäbchen
Cobaltglas
Sirte (aus V10)
Salpetersäure (5 %)
AgNO₃-Lösung (c = 0,1 mol/l)
Ammoniumoxalat-Lösung (5 %)
Ammoniummolybdat-Lösung (5 %)

Durchführung:

Chlorid-Nachweis: 5 ml Sirte werden mit wenig Salpetersäure angesäuert und dann mit einigen Tropfen Silbernitrat-Lösung versetzt. Es bildet sich ein weißer Niederschlag von AgCl.

Calcium-Nachweis: 5 ml Sirte werden mit 20 Tropfen 5 %-iger Ammoniumoxalat-Lösung versetzt. Es bildet sich ein feiner weißer Niederschlag von Calciumoxalat.

Nachweis von Phosphat-Ionen: 5 ml Sirte werden mit 2 ml verdünnter Salpetersäure und 10 Tropfen 5 %-iger Ammoniummolybdat-Lösung versetzt. Nach kurzer Erwärmung bildet sich ein gelber Niederschlag von $(\text{NH}_4)_3[\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4]\text{aq}$.

Kalium-Ionen können mit Hilfe ihrer violetten Flammenfärbung untersucht werden (Vorprobe in der qual. Analyse). Dabei ist ein Cobaltglas zu verwenden, da bereits geringe Mengen an Natrium-Ionen die Kaliumflamme überdecken.

Versuch 12: Nachweis von Vitamin B₂ in Molke oder Sirte

Was der Versuch soll:

Die Milch ist ein wichtiger Lieferant von Vitamin B₂ (Riboflavin). Das Vitamin kann in der Molke oder Sirte einfach durch seine gelbgrüne Fluoreszenz im UV-Licht nachgewiesen werden.

Geräte/Chemikalien:

Petrischale
Pasteurpipette
UV-Lampe

Durchführung:

Man gibt etwas Molke oder Sirte in eine Petrischale und betrachtet dann die Fluoreszenz unter der Bestrahlung einer UV-Lampe im abgedunkelten Raum.

Herstellung verschiedener Milcherzeugnisse

Herstellung von Sahne

Im Reformhaus oder beim Bauern erhält man Milch, die nicht homogenisiert wurde. Wenn man sie einige Stunden stehen lässt, setzt sich der Rahm ab. Er kann abgeschöpft werden.

Hat man eine Zentrifuge zur Verfügung, so kann man Milch und Sahne innerhalb weniger Sekunden trennen. Der Fettgehalt der abgetrennten Milch ist verringert (fettarme Milch).

Herstellung von Butter

Viele Schüler haben unbeabsichtigt schon einmal Butter hergestellt, wenn sie Sahne mit dem Rührgerät zu lange geschlagen haben. Die Butterklümpchen können abgetrennt werden.

Herstellung von Butterschmalz

Butterschmalz (Schmelzbutter) wird als Brat- und Backfett verwendet. Es handelt sich dabei um 99,3%iges Butterfett, das höchstens 0,5% Wasser enthält und sich deshalb besonders gut für das Braten eignet. Es wird durch Ausschmelzen der Butter und Abtrennen der wässrigen Phase durch Erhitzen auf 100–105° hergestellt.

Butter wird in der Pfanne vorsichtig erhitzt, so dass sie nicht bräunt. Solange noch Wasser verdampft, bilden sich Blasen. Nach Beendigung der Blasenbildung lässt man das so gewonnene Butterschmalz erkalten. Diese Methode wird auch zur Bestimmung des Fettgehaltes von Butter eingesetzt²⁰.

²⁰ HERRMANN, R.(Hrsg.): Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik, Band 6, Neumann, Radebeul, 1950

Herstellung von Joghurt

1 L Vollmilch wird in einem Topf auf 40-42°C erhitzt. 1 Becher (125 g) Joghurt mit lebenden Joghurtkulturen wird untergerührt. Das Ganze wird in eine Thermoskanne gefüllt, wo es über 6-8 Stunden bei konstanter Temperatur reifen kann. Anschließend stellt man das Joghurt für weitere 2 Stunden in den Kühlschrank, damit es fest wird. Selbstgemachtes Joghurt ist etwas flüssiger als käufliches Joghurt. Mitunter wirkt seine Konsistenz etwas schleimig, es schmeckt aber lecker.

Herstellung eines Frischkäses

1 L Vollmilch und 1 Becher saure Sahne (Säuerungskultur) werden vermischt und in einem Topf auf 32°C erhitzt. Dann gibt man eine Labtablette zu, die man in wenig kaltem Wasser gelöst hat. Man rührt vorsichtig um und lässt den geschlossenen Topf dann bei konstanter Temperatur (vor der Heizung) 40 min stehen. Durch Druck mit einem Finger kann man überprüfen, ob die Masse fest geworden ist. Man zerschneidet den Käsebruch mit Hilfe eines Messers in 3 x 3 cm große Stücke und lässt den Topf weitere 10 min abgedeckt stehen. Die Molke beginnt auszutreten. Je kleiner die Stücke sind, desto härter wird der spätere Käse. Nun filtriert man den Käsebruch über ein großes Sieb von der Molke ab. Nach etwa 4 Stunden wendet man den Käse ein erstes Mal (mit Hilfe zweier Teller). Am nächsten Tag wiederholt man das Wenden zweimal (morgens und abends). Am zweiten Tag wird der Käse mit einigen Prisen Salz gesalzen, nach 6 Stunden gewendet und auch von der anderen Seite großzügig gesalzen. Nach weiteren 6 Stunden kann der streichfähige Käse verzehrt werden. Er kann im Kühlschrank einige Tage gelagert werden.

Bei der Käseherstellung ist auf Sauberkeit zu achten. Alle Geräte sind vor Verwendung mit heißem Wasser abzuspuhlen.

Schritte der Käseherstellung:



Werkzeug für die Käseherstellung:

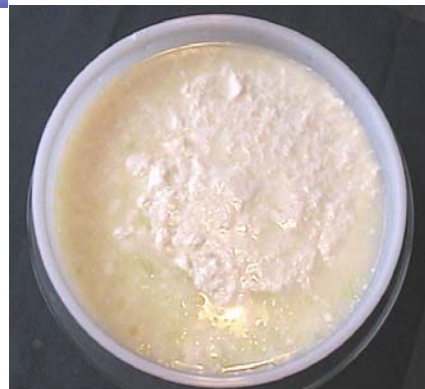
Topf, Kelle, Sieb, Schüssel,
Messer, Thermometer
Weiterhin braucht man:
Milch, saure Sahne, Lab

Eine Labtablette wird
zunächst in etwas kaltem
Wasser zerkleinert und
dann der 32°C warmen
Milch zugegeben.



Nach 50 min. wird der
zerkleinerte Käsebruch mit
einer Kelle abgeschöpft.

Die Molke wird abfiltriert.



Nach einigen Tagen
Reifung und Salzen erhält
man einen streichfesten
Friskäse, den man mit
Zwiebeln, Pfeffer oder
anderen Gewürzen
verfeinern kann.