

Verhalten der Vitamine während der Lagerung von UHT-Milch

Vitamins during Storage of UHT-Milk

R. Sieber

Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld-Bern

Einleitung

Die eidg. Lebensmittelverordnung (1) schreibt in Artikel 73a Absatz 2 über die Lagerung von ultrahocherhitzter Milch folgendes vor:

«Ultrahocherhitzte Milch darf nur in Packungen in Verkehr gebracht werden, die keimfrei, keimdicht und für Licht und Gase undurchlässig sind. Sie kann ungekühlt während höchstens elf Wochen nach dem Tag der Ultrahocherhitzung im Detailhandel abgegeben werden.»

Umfassende Untersuchungen der Forschungsanstalt für Milchwirtschaft zur Lagerung von ultrahocherhitzter Milch bei 5 und 25 °C haben bei den verschiedenen untersuchten chemischen, physikalischen und sensorischen Parametern zum Teil recht bedeutsame Veränderungen im Verlaufe der Lagerungsdauer gezeigt (2–5). Als Schlussfolgerung ergab sich aus diesen Studien, dass UHT-Milch vor allem aus sensorischen Gründen nicht länger als 8 Wochen ungekühlt gelagert werden sollte (2).

Verschiedene Untersuchungen der letzten zehn Jahre werden hier zum Anlass genommen, die vorhandene Literatur über den Einfluss der Lagerung von UHT-Milch auf deren Vitamingehalt zusammenzufassen. Dabei soll abgeklärt werden, ob eventuelle Verluste während der Lagerung von UHT-Milch, vor allem bei Raumtemperatur, für die menschliche Ernährung relevant sind. Auch wird damit ein vertiefter Beitrag zur Beantwortung der in der Publikation «12 Fragen zum Problemkreis: Rohmilch und Milcherhitzung» (6) aufgeworfenen Fragen geleistet.

Studien über das Verhalten der Vitamine in gelagerter UHT-Milch

Die Ultrahocherhitzung wurde Anfang der fünfziger Jahre in der Schweiz entwickelt (7–9). In den ersten Studien (10–12) wurde bereits das Verhalten der Vit-

amine während der Ultrahocherhitzung, auf deren Einfluss in dieser Arbeit nicht eingegangen wird, studiert. Eine umfassende Darstellung über die in den fünfziger und sechziger Jahren durchgeführten Vitaminbestimmungen findet sich bei *Burton* (13).

Bei den verschiedenen, in den letzten drei Jahrzehnten durchgeführten Untersuchungen zur Lagerung von UHT-Milch wurde neben vielen anderen Parametern auch das Verhalten der Vitamine studiert. In einigen Arbeiten wurden nur ein einziges, in anderen aber auch mehrere Vitamine bei unterschiedlichen Lagerungsbedingungen beobachtet. Die Bestimmung der Vitamine, die vorwiegend mit chemischen und mikrobiologischen Methoden durchgeführt wurden, ist im allgemeinen recht schwierig und aufwendig. Unterschiede, die zwischen den verschiedenen Arbeiten in der gelagerten UHT-Milch festgestellt werden können, sind teilweise methodisch, dann aber auch technologisch, jahreszeitlich und lokal bedingt. Die Untersuchungen wurden bei Kühlschrank- wie auch bei Raumtemperaturen durchgeführt und erstreckten sich im Minimum auf 4 Wochen und maximal über 9 Monate (Tabelle 1). Die in dieser Tabelle aufgeführten Arbeiten beziehen sich alle auf Kuhmilch; *Lavigne* et al. (57) haben aber auch über Erhitzungs- und lagerungsbedingte Verluste bei den Vitaminen B₁, B₂ und C in ultrahocherhitzter Ziegenmilch berichtet.

Fettlösliche Vitamine

Die Milch ist für die menschliche Ernährung in bezug auf das fettlösliche Vitamin A eine reiche Quelle. Deshalb haben sich die Untersuchungen vor allem auf dieses Vitamin konzentriert und weniger auf die ebenfalls fettlöslichen Vitamine E, D und K. Über analytische Aspekte der fettlöslichen Vitamine in Milch wird auf *Kneifel* (30) verwiesen.

Vitamin A

Vitamin A bleibt während der Erhitzung der Milch stabil (21, 31). Es kann aber unter dem Einfluss von Licht zerstört werden. Dieser Abbau ist in Milch, der Vitamin A zugesetzt wurde, von der Art des Trägers (Butter oder Öle) abhängig (32, 33). Nach Bestrahlung mit weissen Fluoreszenzröhren (2200 lx) wurde das Vitamin A in Magermilch und in Milch mit 2% Fett, die mit diesem Vitamin angereichert wurden, nach 30 Stunden im ersten Falle praktisch vollständig und im zweiten Falle zu etwa drei Viertel zerstört, während in Vollmilch nach 48 Stunden noch bis zu 70% vorhanden waren (34). Nach *Thompson* und *Erdody* (35) waren in Milch, der Vitamin A in Form von Retinylpalmitat zugesetzt wurde und die in Glasbehältern oder Plastikbeuteln diffusem Sonnenlicht oder weissen Fluoreszenzröhren (15 W) Licht ausgesetzt war, viel stärkere Vitamin-A-Verluste festzustellen als in nichtangereicherter Milch. In pasteurisierter Milch, die in Po-

lyethylenflaschen bei 7 °C während 90 Stunden unter weissen Fluoreszenzröhren (4000 Lux) gehalten wurde, konnten Vitamin-A-Verluste von 15% festgestellt werden (36). UHT-Milch wird in laminierten Kartonpackungen abgepackt und ist somit dem Einfluss des Lichtes nicht ausgesetzt. Lichtinduzierte Verluste sind deshalb in gelagerter UHT-Milch vernachlässigbar.

Tabelle 1. Zusammenfassung der Untersuchungen über das Verhalten der Vitamine in gelagerter UHT-Milch: untersuchte Vitamine und Lagerungsbedingungen^a

Erstautor	UHT-Verf.	Untersuchte(s) Vitamin(e)	Lagerungsbedingungen		Bemerkungen
			°C	Tage	
Lhuissier (14)	d	A Ca B ₁ B ₂ B ₆	20	30	6 dir. + 1 indir. Verf. indir. mit Verdampf.- oder indir. Kühlung
Lembke (15)	d/i	A B ₁ B ₂ B ₆ B ₁₂	?	28	
Ford (16)	d/i	A Ca E B ₁ B ₂ B ₆ B ₁₂ C P Bi N F	15—19	90	
Ferretti (17)	d	B ₆ B ₁₂ C F A B ₁ B ₂ C		60	im Dunkeln diffuses Licht Einfluss des O ₂ -Gehaltes Licht, Dunkel, Verp.
			5/20/37	90	
Thomas (18)	i	B ₁ B ₂ B ₁₂ F C	20/37	90	
Luquet (19)		B ₂ F C	23	62	Milch mit 2% Fett
			20 ± 4	150	
Blanc (2)	d/i	A C	RT	120	
Görner (20)	d	B ₁ B ₂ B ₆ N P	5/25	224	
			6/	70	
LeMaguer (21)	d	A	20—25/37		
Blanc (5)	d	B ₂ C	20/35	196	
Fink (22)	d/i	B ₁ C	5/25	224	
Fink (23)	d/i	B ₁	4/20/	210	
Woollard (24)	i	A	35		+ Ret. acetat
			13—29	280	
McCarthy (25)	i	A	8—29	280	
Lau (26)	i	A	23 ± 2	105	+ Ret. palmitat Fettgehalt + Ret. acetat 4 versch. Milchpr.
Woollard (27)	i	A	26	21	
Kneifel (28)	i	B ₁ B ₂ B ₆ N P F C	20	262	
Oamen (29)	d	B ₁ B ₂ B ₆ N P F C	5/20	140	
Flückiger (3)	d/i	B ₂ B ₆ B ₁₂ F C	24 ± 1	140	
		A B ₁ B ₁₂ F C	5/25	224	

^a Abkürzungen: d = direktes; i = indirektes UHT-Verfahren
Bi = Biotin; Ca = Carotin; F = Folsäure;
N = Niacin; P = Pantothensäure

In gelagerter UHT-Milch fanden verschiedene Autoren (3, 14, 16, 25) keine Verluste an Vitamin A, andere Arbeiten (2, 15, 17, 21, 24, 25, 27) haben aber solche nachgewiesen (Tabelle 2). Nach *Lembke* et al. (15) ging bei verschiedenen Er-

hitzungsverfahren nach einer Lagerung von 4 Wochen (Angaben über die Lagerungstemperatur fehlen) Vitamin A im Bereiche von 10 bis 20% verloren. *Blanc* et al. (2) stellten in zwei Lagerungsversuchen einen ungefähren Vitamin-A-Verlust von 20% fest, wobei zwischen den Behandlungsarten (direkt/indirekt) und den Lagerungstemperaturen der Milch (5 °C/25 °C) keine gesicherten Unterschiede gefunden wurden. *Woollard* und *Fairweather* (24) haben indirekt erhitzte UHT-Milch bei Raumtemperatur (13–29 °C im ersten Versuch und 8–29 °C im zweiten Versuch) wie auch bei 35 °C bis zu 40 Wochen gelagert. Im ersten Versuch wurden höhere Verluste an natürlich vorhandenem Vitamin A (= Retinylpalmitat) festgestellt als im zweiten Versuch (Abb. 1). In einer weiteren Untersuchung gingen nach 74 Tagen mehr als 50% des natürlichen Esters (all-trans-Retinylpalmitat) verloren (27). Aufgrund dieser Resultate muss nach einer elfwöchigen Lagerung bei Raumtemperatur der Verlust an natürlich vorhandenem Vitamin A in UHT-Milch mit ungefähr 35 bis 50% angegeben werden. *McCarthy* et al. (25) stellten bei einer UHT-Milchprobe keine Verluste fest; bei einer zweiten Probe mit einem höheren Vitamin-A-Gehalt sank hingegen der Retinylpalmitat-Gehalt kontinuierlich ab und erreichte nach 15 Wochen einen ungefähren Verlust von 62%. Dieser Vorgang lässt sich mit folgender Regressionsgleichung beschreiben:

$$y = 83,8 - 3,92 x \quad (r^2 = 0,784)$$
$$y = \mu\text{g}/100 \text{ ml}; x = \text{Wochen.}$$

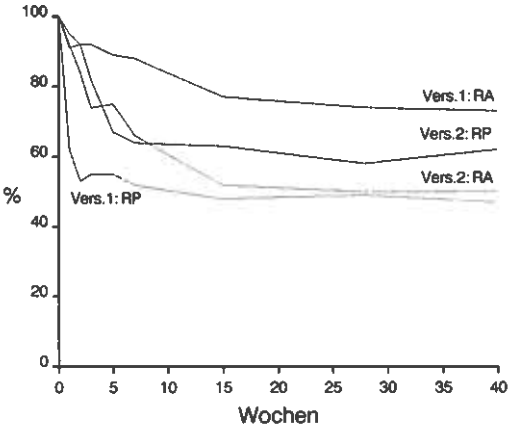


Abb. 1. Veränderungen des Vitamin-A-Gehaltes (RA = Retinylacetat, zugesetzt; RP = Retinylpalmitat) in indirekt erhitzter UHT-Milch während der Lagerung in Tetrapak bei 13–29 °C (24)

Nach den Untersuchungen von *Thompson* und *Erdody* (35) sowie *de Man* (34) ist das Verhalten des der Milch zugegebenem Vitamins A anders zu bewerten als das natürlich vorhandene. Es soll deshalb im folgenden noch auf Versuche eingegangen werden, bei denen der UHT-Milch Vitamin A zugesetzt wurde (Tabel-

le 2). *Le Maguer* und *Jackson* (21) haben in zwei Versuchen ultrahocherhitzte Milch und Schokolademilch mit Vitamin A (Retinylpalmitat) angereichert und bei 20 °C gelagert. In der Milch konnten nach 12 Wochen (= best before date) in den 250-ml-Kartonpackungen minimale Verluste (0 und 6,6%) nachgewiesen werden. In Ein-Liter-Kartonpackungen betrugen sie dagegen 7,5 und 26,2%, wo-

Tabelle 2. Prozentuale Vitamin-A-Verluste in gelagerter UHT-Milch

Autor	UHT-Verf.	Lagerungsdauer Tage	Lagerungstemperatur °C	Anfangskonzentr. µg/100 ml	Prozentuale Verluste
<i>nativer Vitamin-A-Gehalt</i>					
Lhuissier (14)		30	20	73 IE	0
Lembke (15)	d (direkt)	30	...	21,3–24,0	13–18
	i (indirekt)	30	...	20,3	10
Ford (16)	d	90	15–19	7,0 ^a	0
	i			10,0 ^a	0
Ferretti (17)	d	90	5 (dunkel)	15 IE	4
			20 (dunkel)		7
			(Licht)		9
			37 (dunkel)		7
			(Licht)		11
Blanc (5)	d/i ^b	224	5/25 ^b	19 IE	21
				18 IE	22
Woollard (24)	i	196	13–29	55,1 IE	51
		196	35		71
		196	8–29	52,7 IE	42
		196	35		60
McCarthy (25)	i	105	23 ± 2	27,5	0
		105	23 ± 2	86,1	62
Woollard (27)	i	128	20	41,4 IE	55
Flückiger (3)	d/i	224	5/25	100–150 IE	0
<i>zugesetztes Vitamin A</i>					
Woollard (24)	i	196	13–29	109,2 IE	26
		196	35		44
		196	8–29	142,7 IE	50
		196	35		62
McCarthy (25)	i	105	23 ± 2	91,6	73
		105		119	71
Woollard (27)	i	128	20	171 IE	41
<i>natives und zugesetztes Vitamin A</i>					
LeMaguer (21)	d	196	20	347/344 ^c	24/14
				279/343 ^d	37/39
		140	20/35	347 ^c	9/18

^a Angaben in µg/g Fett

^b keine Unterschiede zwischen Erhitzungsart und Lagerungstemperatur

^c 250-ml-Packung

^d Ein-Liter-Packung

Unter den wasserlöslichen Vitaminen wurde in gelagerter UHT-Milch vor allem das Vitamin C stark beachtet. Auch über das Verhalten der übrigen wasserlöslichen Vitamine während der Lagerung wurden Arbeiten durchgeführt.

Vitamin B₁

Thiamin gehört zu den hitzeempfindlichen Vitaminen und wird deshalb oft als Indikator von hitzeinduzierten Schädigungen in Lebensmitteln herangezogen. Fink (22) hat die lagerungsbedingten Veränderungen von UHT-Milch studiert und neben anderen Parametern auch das Thiamin untersucht. Bei 4 und 20 °C konnte nach 16 Wochen kein signifikanter Thiaminabbau gemessen werden, da die ermittelten Werte im Schwankungsbereich der verwendeten mikrobiologischen Bestimmungsmethode von 10% lagen. Dagegen sank die Thiaminkonzentration bei 35 und 50 °C mit zunehmender Lagerungsdauer deutlich ab. Aufgrund dieser Untersuchungen konnte die Reaktionskinetik der Thiaminverluste in gelagerter UHT-Milch ermittelt werden. Mit Hilfe der Arrhenius-Gleichung und dem Reaktionsgesetz 2. Ordnung lässt sich die Thiaminabnahme für den gesamten Temperatur/Zeit-Bereich von 4 bis 150 °C und einer Sekunde bis zu einem Jahr mit folgender Formel vorausberechnen (22, 23, 39):

$$\text{Thiaminverluste (\%)} = 100 - 100 \cdot \left(1 + k_0 \cdot t \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{R \cdot T}\right)\right)^{-1}$$

k = Geschwindigkeitskonstante für $\frac{1}{T} = 0$ in s

t = Zeit in Sekunden

$\exp$ = Exponent

E = Aktivierungsenergie J/mol

R = universelle Gaskonstante = 8,314 J/(mol K)

T = Temperatur in K

Aufgrund dieser Gleichung hat Fink (22) für jene Temperatur/Zeit-Bedingungen, für welche Görner und Uherova (20) Thiamin in gelagerter UHT-Milch gemessen haben, die Verluste berechnet (Tabelle 3); ergänzt wird diese Tabelle hier noch mit den geschätzten Verlusten aus der Arbeit von Kneifel und Sommer (28). Fink (22) stellte dabei fest, dass eine gute Übereinstimmung mit den Werten von Görner und Uherova (20) erkennbar ist; doch gilt dies nicht unbedingt für die Lagerung bei Raumtemperatur während 8 und 10 Wochen. Kneifel und Sommer (28) stellten etwas höhere Verluste fest, die nach 20 Wochen mehr als 60% betragen (Abb. 2).

Keine Verluste nach einer Lagerung von einem Monat bei 20 °C hatten Lhuisier et al. (14) festgestellt. Nach Ford et al. (16) veränderte sich der Thiamingehalt nach 90 Tagen in indirekt erhitzter UHT-Milch nicht oder nur geringfügig, während in direkt erhitzter UHT-Milch Verluste von über 20% gegenüber Rohmilch festgestellt wurden. Lembke et al. (15) fanden nach 4 Wochen in direkt erhitzter UHT-Milch Verluste zwischen 7 und 15% und in indirekt erhitzter Milch solche

bei im Kopfraum dieser Packungen noch Sauerstoff vorgefunden wurde. In Schokolademilch wurden in der gleichen Zeitspanne nur geringe Verluste festgestellt (3,6 und 6,7% für die 250-ml-Packungen und 1,4% für die Ein-Liter-Packung). Wurden 250-ml-Packungen bei 35 °C gelagert, erhöhten sich die Verluste in der UHT-Milch von 6,6 auf 14,1%, in der Schokolademilch blieben sie unverändert. Woollard und Fairweather (24) haben in der oben erwähnten Untersuchung der UHT-Milch Retinylacetat zugesetzt. Im ersten Versuch waren die Verluste an diesem Isomere geringer als im zweiten (Abb. 1). In einer weiteren Untersuchung (27) gingen mehr als 40% des zugesetzten Retinylacetats verloren, während der Gehalt an den cis-Isomeren, die erst während der Ultraschallbehandlung entstehen, anstieg. McCarthy et al. (25) beobachteten in UHT-Milchproben, denen sie Retinylpalmitat vor der Erhitzung zusetzten, nach einer Lagerung von 12–13 Wochen bei 23 °C ein Absinken des Vitamin-A-Gehaltes: in der einen Probe traten nur in den ersten vier Wochen Verluste auf, während in der zweiten Probe eine deutliche Verminderung des Gehaltes festgestellt wurde. Diese Konzentrationsveränderungen können mit folgenden Regressionsgleichungen beschrieben werden:

$$\text{Probe 1: } y = 94,1 - 10,3 x_1 - 0,886 x_2 - 16,1 x_3 \quad (r^2 = 0,973)$$

$$x_1 = 0-4 \text{ Wochen; } x_2 = 4-15 \text{ Wochen;}$$

$$x_3 = \text{Koeffizient der vertikalen Distanz zwischen } x_1 \text{ und } x_2 \text{ bei 4 Wochen.}$$

$$\text{Probe 2: } y = 116 - 7,03 x \quad (r^2 = 0,82)$$

$$y = \mu\text{g}/100 \text{ ml; } x = \text{Wochen.}$$

Neben dem unterschiedlichen Verhalten des nativen und des zugesetzten Vitamins A scheint nach Lau et al. (26) auch der Fettgehalt der UHT-Milch die Stabilität dieses Vitamins zu beeinflussen. Nach drei Wochen bei 26 °C nahm der Vitamin-A-Gehalt in UHT-Milch mit 0,15% Fett um 90%, mit 2,92% Fett um 85%, mit 6,16% Fett um 70% und mit 9,7% Fett um 62% ab.

Vitamine E, D und K

Über das Verhalten von Vitamin E bei der Lagerung von UHT-Milch liegen nur Angaben von Ford et al. (16) vor. Nach 90 Tagen bei 15–19 °C war das Vitamin E in direkt und in indirekt erhitzter Milch praktisch nicht oder nur geringfügig verändert (16). Nach Machlin (37) dagegen sind die natürlichen Tocopherole nicht sehr stabil, weshalb oft signifikante Verluste bei der Verarbeitung und während der Lagerung von Lebensmitteln nachgewiesen werden können. Als Beispiel werden Kartoffelchips angeführt, bei denen nach einer zweiwöchigen Lagerung bei Raumtemperatur ein Verlust an Vitamin E von 48% verzeichnet wurde.

Über den Einfluss der Lagerung von UHT-Milch auf den Vitamin-D- und K-Gehalt sind keine Untersuchungen bekannt. Für das Vitamin K nimmt Suttie (38) an, dass es in Lebensmitteln relativ stabil ist.

Tabelle 3. Thiaminverluste in gelagerter, direkt erhitzter UHT-Milch:
Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Verlusten (in %)

Lagertemperatur °C (20) (22) (28)	Lagerdauer Wochen	Prozentuale Thiaminverluste gemessen		berechnet (22)
		(20)	(28)	
6 5 5	1	0		0,1
	2	0		0,1
	4	0	2	0,3
	6	0		0,4
	8	6	13	0,6
	10	10		0,7
	12		19	
	20		60	
20- 20 20 25	1	0		0,6- 1,1
	2	1	2-4	1,1- 2,2
	4	6	17	2,2- 4,3
	6	4		3,2- 6,2
	8	17	17	4,2- 8,2
	10	18		5,3-10,0
	12		19	
	20		64	
37 35	1	3		5,1
	2	8		9,7
	4	11		17,7
	6	17		24,3
	8	31	34,3	30,0
	10	40	25,7	34,9

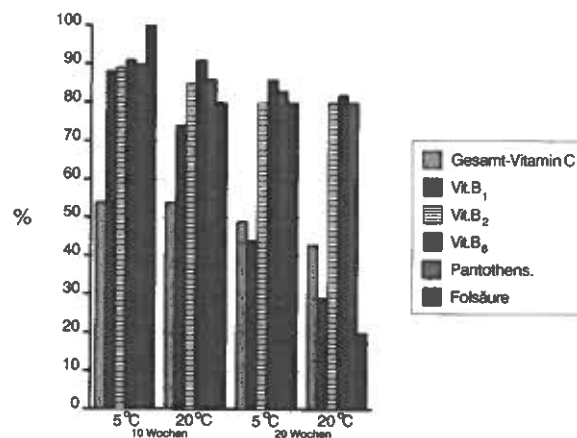


Abb. 2. Vorkommen verschiedener Vitamine in UHT-Milch nach einer zehn- und zwanzigwöchigen Lagerung bei 5 und 20 °C (24)

von 7%. Nach *Flückiger* et al. (3) liessen sich aufgrund der grossen Streuung der Einzelwerte keine eindeutigen Einflussfaktoren auf das Thiamin in gelagerter UHT-Milch feststellen.

In UHT-Milch mit hohem Sauerstoffgehalt (8,4 mg/kg) sank der Thiamingehalt nach 62 Tagen bei 23 °C um 7,5% ab, in Milch mit geringem Sauerstoffgehalt (1,0 mg/kg) waren praktisch keine Verluste nachweisbar (18). Dagegen stellte *Fink* (22) beim Vergleich des Thiamingehaltes von direkt erhitzter (entgaster) und indirekt erhitzter (nichtentgaster) UHT-Milch fest, dass der Sauerstoffgehalt der Milch die Abnahmegewindigkeit des Thiamins nicht beeinflusste. Wahrscheinlich konnte dabei ein geringer Einfluss des Sauerstoffs methodenbedingt nicht festgestellt werden (siehe auch 23).

Vitamin B₂

Riboflavin gehört zu den lichtempfindlichen Vitaminen (siehe die entsprechende Literatur in 40). In der Milch ist es vor allem Sonnenlicht gegenüber sehr labil, weniger diffusum Tageslicht gegenüber (41). Eine Fluoreszenzbeleuchtung von in Polyethylenflaschen abgepackter pasteurisierter Milch verursachte nach 4 Tagen bei 7 °C Verluste von bis zu 40% (36), bei einer solchen von pasteurisierter und ultrahocherhitzter Milch ohne Lichtschutz verschwand nach 2 Stunden mehr als die Hälfte dieses Vitamins (40). In Vollmilch ging nach einer 48stündigen Bestrahlung mit Fluoreszenzlicht (1614 Lux) bei 4 °C weniger Riboflavin verloren als in Milch mit 2% Fett oder in Magermilch (42). Dem Phänomen der Lichtempfindlichkeit wird bei der UHT-Milch durch die Vorschrift einer lichtundurchlässigen Packung Rechnung getragen. UHT-Milch, die in nichtgefärbten Plastikflaschen unter Lichteinfluss gelagert wurde, wies bereits nach einem Monat kein Vitamin B₂ mehr auf, während im Dunkeln wie bei alubeschichteten Kartonverpackungen praktisch keine Verluste auftraten (19).

In gelagerter UHT-Milch fanden verschiedene Autoren nach einem Monat (14), nach 90 (16) und 140 Tagen (29) keine Riboflavinverluste (Tabelle 4). Bei *Lembke* et al. (15) war die Abnahme der Riboflavinkonzentration nach 4 Wochen relativ klein. Nach *Görner* und *Uherova* (20) lag der Vitamin-B₂-Verlust nach einer 10wöchigen Lagerung bei 20–25 °C in der Grössenordnung von 10%, bei 37 °C gingen etwas mehr als 20% verloren. Diese Beobachtungen stimmten mit denjenigen von *Thomas* et al. (18) für UHT-Milch überein. Auch nach *Kneifel* und *Sommer* (28) sank der Riboflavingehalt langsam ab und erreichte bei den Lagerungstemperaturen von 5 und 20 °C nach 20 Wochen einen Verlust von 15–20% (Abb. 2).

Nikotinsäure

Die Resultate zu den lagerungsbedingten Verlusten der Nikotinsäure in UHT-Milch sind widersprüchlich. Nach *Görner* und *Uherova* (20) lagen die Verluste nach 10 Wochen zwischen 20 und 30% (Abb. 3). Diesen Befunden widersprechen

jedoch die Resultate von *Ford et al.* (16) sowie von *Kneifel und Sommer* (28); letztere fanden auch nach 20 Wochen praktisch keine Verluste.

Tabelle 4. Prozentuale Verluste an den Vitaminen B₂, B₆, B₁₂ und Folsäure in gelagerter UHT-Milch

Autor	UHT-Verf.	Temp. °C	Zeit Tage	Verluste in %			
				Vitamin B ₂	Vitamin B ₆	Fols.	Vitamin B ₁₂
Lhuissier (14)	d	15	30	0	15	—	—
Lembke (15)	d	?	28	3–5	4–11	—	4
	i		28	2	—	—	6–15
Ford (16)	i	15–19	60	—	—	0 ^a /100 ^b	—
			90	0	34–38	0 ^a	12 bzw. 38
			90	—	—	—	30
			90	—	—	—	—
Thomas (18)	i ^c	23	62	9	—	33	10
	i ^d	23	62	13	—	93	22
Luquet (19)	i ^c	RT	120	—	—	0	—
	i/d ^f	RT	120	—	—	35–50	—
Görner (20)	d	6	70	10	40	—	—
		20–25		10	45	—	—
		37		20	55	—	—
		37		20	55	—	—
Kneifel (28)	i	5	140	17	17	25	—
		20	140	17	20	85	—
Oamen (29)	d	24 ± 1	14/28	0/0	37/47	8/8	9/17
		24 ± 1	56/84	0/0	70/86	10/11	38/80
			140	0	96	32	100
Flückiger (3)	d	5	224	—	—	53–67	0–30
		25		—	—	72–86	44–87
		5	224	—	—	77–96	11–30
		25		—	—	93–100	54–87

^a Verdampfungskühlung ^b indirekte Kühlung
Sauerstoff: ^c 1,0 mg/kg ^d 8,4 mg/kg ^e abwesend ^f vorhanden

Pantothensäure

Bei der Pantothensäure (Abb. 3) wiesen *Görner und Uherova* (20) in gelagerter UHT-Milch nach 10 Wochen noch höhere Verluste als bei der Nikotinsäure nach. Nach *Kneifel und Sommer* (28) dagegen lagen nach 20 Wochen bei 5 und 20 °C die Verluste zwischen 15–20% (Abb. 2). *Ford et al.* (16) stellten bei diesem Vitamin nach 60 Tagen in der einen Milchprobe keine Verluste und in der anderen nur Verluste von etwas mehr als 10% fest.

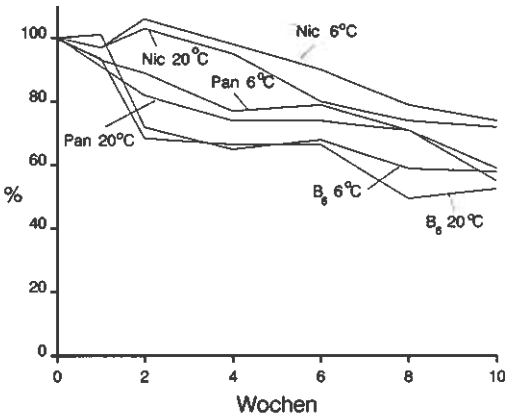


Abb. 3. Veränderungen des Gehaltes an Nikotinsäure, Pantothensäure und Vitamin B₆ der UHT-Milch während der Lagerung von 10 Wochen bei 6 sowie 20–25 °C (20)

Vitamin B₆

Auch der Vitamin-B₆-Gehalt der UHT-Milch nimmt mit zunehmender Lagerungsdauer ab (Tabelle 4). Die Werte von *Lhuissier et al.* (14) und von *Lembke et al.* (15) für die Lagerungsdauer von einem Monat sowie diejenigen von *Ford et al.* (16) und von *Görner und Uherova* (20) (Abb. 3) für die Lagerung von 2–3 Monaten stimmen in etwa überein. Nach 10 Wochen Lagerung bei Raumtemperatur ist mit einer Abnahme des Vitamins B₆ von gegen 50% zu rechnen. Wie beim Riboflavin und bei der Pantothensäure haben *Kneifel und Sommer* (28) auch beim Pyridoxin Verluste von 15–20% nach 20 Wochen festgestellt (Abb. 2). Verglichen mit diesen Arbeiten fanden dagegen *Oamen et al.* (29) höhere Vitamin-B₆-Verluste während der Lagerung (Tabelle 4).

Folsäure

Über das Verhalten der Folsäure in gelagerter UHT-Milch liegen verschiedene Untersuchungen vor (3, 16, 18, 19, 28, 29) (Tabelle 4). Das Verhalten der Folsäure während der Lagerung ist stark vom Sauerstoffgehalt der Milch abhängig. In einem ersten Versuch stellten *Ford et al.* (16) in einer indirekt erhitzten Milch, die nach dem Erhitzen einer Verdampfungskühlung unterworfen wurde, nach 60 Tagen nur einen Verlust von 6% fest. Kühlten sie aber die Milch indirekt, so war nach dieser Zeitspanne keine Folsäure mehr vorhanden. In direkt erhitzter UHT-Milch dagegen war nach 90 Tagen noch die gleiche Folsäuremenge vorhanden wie in Rohmilch. In einem zweiten Versuch, bei dem diese Autoren zusätzlich

noch den Sauerstoffgehalt verfolgten, liessen sich diese Befunde bei der direkt erhitzten Milch bestätigen, während die indirekt erhitzte Milch zum Teil bereits nach 14 Tagen keine Folsäure mehr enthielt (Tabelle 5). Auch nach *Thomas et al.* (18) ist die Anwesenheit des Sauerstoffs für den Folsäuregehalt von gelagerter UHT-Milch bedeutungsvoll. Bereits nach einer Lagerung von 13 Tagen bei 23 °C stellten sie in einer indirekt erhitzten Milchprobe mit einem hohen Sauerstoffgehalt (8,4 mg/kg) nur noch 20%, nach 28 Tagen sogar weniger als 7% der nach der UHT-Behandlung vorhandenen Folsäuremenge fest. In Milch mit einem geringen Sauerstoffgehalt (1,0 mg/kg) konnten dagegen in einem Falle (18) nach 62 Tagen und in einem anderen Falle nach 140 Tagen (29) noch zwei Drittel des Folsäuregehaltes nachgewiesen werden.

Tabelle 5. Gehalt von Folsäure ($\mu\text{g/kg}$) und Sauerstoff (mg/l) in gelagerter UHT-Milch (16)

Erhitzungsart	Zeit Tage	1. Untersuchung	1. Folsäure		2. Untersuchung Produktionstag		3. Folsäure	
			O ₂		O ₂		O ₂	
indirekt/ Verdampfungs- kühlung	0	50	6,9	50	6,3	61	3,9	56
	2	43	5,6	52	5,2	50	2,3	54
	7	—	4,7	8,5	3,8	37	1,8	31
	14	41	4,1	1	3,5	7,6	1,0	10
	30	—	3,6	0	2,4	0	0,8	0
	60	47	3,4					
indirekt/ indirekte Kühlung	0	55	8,2	68	8,4	57	8,3	59
	2	—	6,2	64	5,6	59	6,7	57
	7	—	4,9	22	4,4	35	5,3	3,0
	14	19	4,2	0	4,2	5,8	4,3	5,8
	30	2,3	3,4	0	3,8	0	3,7	0
	60	0,6						
direkt/ Verdampfungs- kühlung	0	45 ^a	0,1	30				
	2	—	0,1	34,5				
	7	—	0,1	31				
	14	48	0,1	31,5				
	30	48	0,1	30,5				
	60	51	0,1	30,5				
	90	45		—				

^a Rohmilch

Nach *Luquet et al.* (19), die UHT-Milch in unterschiedlichen Verpackungen bei Licht oder im Dunkeln während 4 Monaten bei Raumtemperatur lagerten, ist

die Veränderung des Folsäuregehaltes nicht bedeutsam; Angaben über den Vitamingehalt in der UHT-Milch nach der Erhitzung fehlen und werden erst für den 5., 15., 23. oder 24. Tag mitgeteilt. Mit Ausnahme der Alu-Polyethylen-Kartonpackung (ohne Luft) wurden bei den übrigen Verpackungen nach vier Monaten Verluste von 35 bis zu 50% festgestellt; aufgrund der Untersuchungen von *Thomas et al.* (18) muss jedoch angenommen werden, dass die Verluste noch höher sein werden, da bereits in der Zeit zwischen der Herstellung und der ersten Untersuchung Folsäureverluste auftreten können. Auch in den Untersuchungen von *Kneifel und Sommer* (28) wiesen die Packungen mit Kopfraum bzw. mit der höchsten O₂-Konzentration von Anfang an die geringsten Folsäuregehalte auf. Die durchschnittliche Abnahme der Folsäure aller vier Proben ist in Abbildung 2 dargestellt.

Nach *Ford et al.* (43) stabilisiert eine Zugabe von 60 mg Ascorbinsäure/l den Folsäuregehalt von direkt erhitzter UHT-Milch während der Lagerung von 60 Tagen bei Raumtemperatur. Dies ist darauf zurückzuführen, dass durch die Anwesenheit der Ascorbinsäure der Sauerstoff, dessen Gehalt anfangs 7–8 mg/l betrug, nach sieben Tagen verschwunden war. Gleichzeitig traten aber Verluste des Vitamins B₁₂ auf.

Biotin

Während der Lagerung von UHT-Milch veränderte sich der Biotingehalt praktisch nicht (16).

Vitamin B₁₂

Vitamin B₁₂ ist während der Lagerung von UHT-Milch nicht stabil (3, 15, 16, 18, 29) und nach 140 Tagen bei 24 °C verschwunden (29). Nach *Thomas et al.* (18) verursachte ein hoher Sauerstoffgehalt im Vergleich zu einem tiefen in der UHT-Milch nach 62 Tagen etwas stärkere Verluste (Tabelle 4).

Vitamin C

Der Vitamin-C-Gehalt (Ascorbinsäure, Dehydroascorbinsäure) von gelagerter UHT-Milch wurde in verschiedenen Arbeiten untersucht (2, 3, 5, 16, 18, 22, 28, 29, 44–49). Dieses Vitamin wird dabei nicht in erster Linie aus ernährungsphysiologischen Überlegungen beachtet. Da sich die Ascorbinsäure und die Dehydroascorbinsäure in der gelagerten Milch leicht oxidieren lassen, können sie als Indikatoren für sensorische Veränderungen gelten. Dabei sind die Ascorbinsäure wie auch die Folsäure von der Konzentration des in der Milch gelösten Sauerstoffs bzw. dem Kopfraumvolumen in der Packung abhängig und damit auch vom verwendeten UHT-Verfahren sowie von der Lagerungstemperatur.

Bei einer Anfangsmenge von 8,9 mg Sauerstoff/kg Milch sank der Ascorbinsäuregehalt nach etwa 15 Tagen (18) und bei einer solchen von 6–7 mg/l in indi-

rekt erhitzter, nichtentgaster Milch bereits nach 12 Tagen (46) auf 0 ab. Bei einem mittleren Sauerstoffgehalt von 3,6 mg/kg waren nach einer Lagerung von 150 Tagen noch 46% der ursprünglichen Ascorbinsäuremenge vorhanden (18). In indirekt erhitzter und bei 25 °C gelagerter Milch war nach zwei Wochen der Wert unter 2 mg/kg (2). In direkt erhitzter Milch mit einem Kopfraumvolumen wurden etwa 50% der Ascorbinsäure nach ungefähr 12 Wochen bei 4 °C, nach ca. 7 Wochen bei 20 °C und bereits nach drei Wochen bei 35 °C oxidiert. Bei einer indirekt erhitzten (nichtentgasten) Milch kann die Ascorbinsäureoxidation über die folgende Gleichung berechnet werden (22, 48, 49):

$$L (\%) = t \cdot 2,26 \cdot 10^5 \cdot \exp \left(- \frac{6435}{T} \right)$$

L = Ascorbinsäureverlust

t = Zeit in Sekunden

T = Temperatur in K.

Aber auch wenn Sauerstoff in der Milch nur in geringen Mengen vorhanden ist, so ist ein Absinken der Ascorbinsäure während der Lagerung unvermeidlich. Bei einem Sauerstoffgehalt von 1,0 mg/kg waren nach einer Lagerung von 150 Tagen noch 70% der ursprünglichen Ascorbinsäuremenge vorhanden (18). In einer anderen Arbeit war der Ascorbinsäuregehalt in entgaster Milch bereits nach 40 Tagen um die Hälfte abgesunken (46). Zu ähnlichen Resultaten kamen auch *Renner et al.* (47) sowie *Berlage-Weinig* (44, 45). Nach *Fink* (22, 48, 49) bleibt die Ascorbinsäure in direkt erhitzter (entgaster) Milch ohne Kopfraumvolumen bei 4 und 20 °C auch nach 4 Monaten noch erhalten. In weiteren Versuchen an unserer Forschungsanstalt war das Vitamin C bei 5 °C teilweise nach 16 Wochen und bei 25 °C schon nach 8 Wochen oxidiert (5).

Kneifel und Sommer (28) haben den Gehalt an Gesamtvitamin C, L-Ascorbinsäure und L-Dehydroascorbinsäure bestimmt. In UHT-Milchproben, die Sauerstoff in Mengen von 3,5 oder 7,8 mg/kg enthielten, konnte die Ascorbinsäure nach 8 Wochen und die Dehydroascorbinsäure nach 20 Wochen bei 5 und 20 °C nicht mehr nachgewiesen werden. Das Anfangsverhältnis dieser beiden Säuren veränderte sich jedoch in Milchproben mit wenig (1,0 mg/l) oder keinem Sauerstoff bei einer Lagerung bei 5 °C praktisch nicht, bei 20 °C verschob sich das Verhältnis zugunsten der Dehydroascorbinsäure. Die durchschnittliche Abnahme der Gesamtvitamin-C-Konzentration in den Proben aller Produktionsbetriebe ist aus der Abbildung 2 ersichtlich. Dabei zeigte sich, dass das Gesamtvitamin C im Laufe der zwanzigwöchigen Lagerung bei 20 °C um die Hälfte verloren ging.

Mit welchen Vitaminverlusten ist bei der Lagerung von UHT-Milch zu rechnen?

Die vorhergehenden Ausführungen haben gezeigt, dass der Gehalt verschiedener Vitamine in gelagerter UHT-Milch mit zunehmender Dauer bei Raumtempe-

ratur, aber auch bei einer Lagerung bei tieferen Temperaturen vermindert wird. Aufgrund der hier diskutierten Resultate soll im folgenden versucht werden, die Verluste für die in der eidg. Lebensmittelverordnung erlaubte Frist von 11 Wochen ungekühlt zu schätzen und den Werten bei einer Lagertemperatur im Kühlschrank gegenüberzustellen (Tabelle 6). Die Lagerung bei tiefen Temperaturen verursacht nach den vorliegenden Resultaten geringere Vitaminverluste als eine solche bei Raumtemperatur. Beispielsweise ist die Ascorbinsäure in indirekt erhitzter (nichtentgaster) UHT-Milch bei einer Lagerung bei 20 °C bereits nach 15 Tagen verschwunden, im Kühlschrank gelagert braucht es dazu etwa 65 Tage (22).

Tabelle 6. Schätzung der prozentualen Vitaminverluste in UHT-Milch, die bei Raumtemperatur (RT) oder bei 5 °C während 10 Wochen gelagert wurde

Vitamin	Lagerung bei RT		bei 5 °C	Referenz
	O ₂ abw.	O ₂ vorh.		
A		40	4	(24, 17)
B ₁		10	1	(22)
		20	10	(20)
	0	10	—	(18)
B ₂		25	10	(29)
		15	10	(20)
	10	15	—	(18)
Niacin		15	10	(28)
		0	—	(29)
		30	30	(20)
Pantothensäure		0	0	(29)
		40	40	(20)
		15	10	(28)
B ₆		50	40	(20)
		10	10	(28)
		75	—	(29)
B ₁₂	10	25	—	(18)
Biotin		60	—	(29)
		0	—	(16)
	35	100	—	(18)
Folsäure		25	0	(28)
		10	—	(29)
		45	—	(22)
		55	45	(28)
		—	—	(29)
Ascorbinsäure		100	—	(22)
		—	—	(28)
		—	—	(29)

Bedeutung der Vitaminverluste für die menschliche Ernährung

Die folgende Diskussion soll darlegen, wie die Vitaminverluste in gelagerter UHT-Milch für die menschliche Ernährung zu bewerten sind. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass ein Durchschnittsverbraucher in der Schweiz seine tägliche Milchmenge, die im Jahre 1987 etwa 310 ml betrug (50), ausschliesslich in Form von UHT-Milch konsumiert, die ungekühlt während 10 Wochen gelagert wurde.

Nach dem Zweiten Schweizerischen Ernährungsbericht (51) liegt die Bedeutung der Milch in bezug auf die Vitaminversorgung besonders bei den Vitaminen A, B₂ und B₁₂. Dies lässt sich auch deutlich in einem Nährwertprofil für eine Frau von 19–35 Jahren darstellen, wobei die Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr der *Deutschen Gesellschaft für Ernährung* (52) verwendet wurden (Abb. 4). Im Vergleich zur Energie, zu der die Milch etwa 9% beiträgt, sind neben den bereits erwähnten Vitaminen noch die Pantothersäure und die Folsäure hervorzuheben. Aufgrund des geringen Beitrages werden dagegen die beiden Vitamine E und Niacin in den folgenden Überlegungen nicht mehr weiter beachtet.

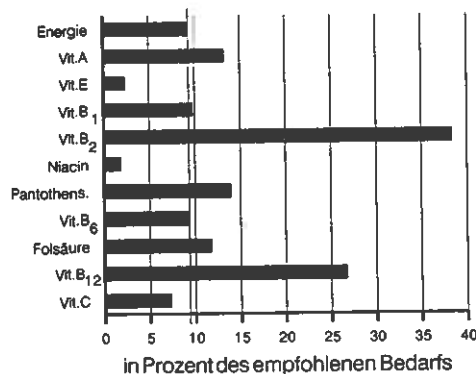


Abb. 4. Nährwertprofil für eine Menge von 310 ml Milch für eine weibliche Person von 19–35 Jahren

Wenn die in Tabelle 6 aufgeführten minimalen und maximalen Verluste bei der prozentualen Zufuhr des empfohlenen Bedarfs (Abb. 4) berücksichtigt werden, so ergeben sich für eine ungekühlte Lagerung der UHT-Milch während 10 Wochen die in Abbildung 5 dargestellten Werte; dabei wird mit Schwankungsbreite die lagerungsbedingten Verluste angegeben. Im weiteren wurden auch die Verluste berücksichtigt, die bei den Vitaminen B₁, B₆, B₁₂, C und Folsäure durch die Ultraschallbehandlung verursacht werden. Renner (53) gibt dafür folgende Werte an:

Vitamin B₁ 0–20%
Vitamin B₆ 10%

Vitamin B₁₂ 5–10%
Folsäure 5–20%
Vitamin C 5–30%.

Für die Abbildung 5 wurde bei diesen Vitaminen der obere Wert verwendet.

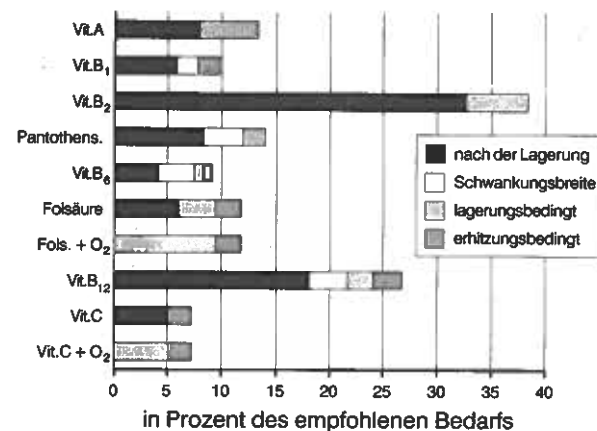


Abb. 5. Auswirkung der erhitzen- und lagerungsbedingten Vitaminverluste von UHT-Milch auf das in Abbildung 4 dargestellte Nährwertprofil (Schwankungsbreite bezieht sich auf lagerungsbedingte Verluste)

Bei ausschliesslichem Verzehr von 310 ml UHT-Milch, die bei Raumtemperatur über einen Zeitraum von 10 Wochen gelagert wurde, vermindert sich beim Durchschnittsverbraucher unter Einbezug der lagerungsbedingten Schwankungsbreite die tägliche Zufuhr bei diesen Vitaminen bis zu 6%. Ist jedoch Sauerstoff in der UHT-Milch vorhanden, ist bei der Folsäure und der Ascorbinsäure mit einem totalen Verlust zu rechnen.

Der Bezug auf den Durchschnittsverbraucher vermittelt aber ein falsches Bild. Denn nach Ritzel et al. (54) trinken bis zu 40% der Erwachsenen keine Milch. Deshalb liegt die durchschnittliche Menge der Milchtrinker bedeutend höher. Damit wirken sich bei diesen Personen unter den obigen Bedingungen auch die lagerungsbedingten Verluste der UHT-Milch bedeutend stärker aus.

Wie sind diese Vitaminverluste in gelagerter UHT-Milch zu beurteilen? Dazu können folgende Überlegungen angestellt werden:

- Konsumierte Menge: In der Schweiz wurden 1987 etwas mehr als ein Viertel der Konsummilch in Form von UHT-Milch verkauft (50); in der BRD werden dagegen knapp die Hälfte des Milchverbrauchs als UHT-Milch konsumiert (55).
- Lagerungsdauer: Es ist anzunehmen, dass die UHT-Milch nicht so lange ungekühlt im Haushalt gelagert wird, wie dies in Artikel 73a der eidg. Lebensmittelverordnung (1) erlaubt ist. Börmann (55) hat für die BRD festgestellt,

dass nur 17% der Haushalte, die UHT-Milch verwenden, diese Milchsorte länger als eine Woche lagern. In den Haushalten, welche die UHT-Milch auf Vorrat einkaufen, wird sie zu 69% im Vorratsraum bzw. Vorratskeller aufbewahrt.

- Natürliche Schwankung des Vitamingehaltes der Milch: Nach Souci et al. (56) kann der Vitamingehalt der Vollmilch recht erheblich schwanken; als Beispiele können angeführt werden:

	Bereich	Durchschnitt	
Vitamin B ₁	30 – 55	37	µg/100 ml
Vitamin B ₂	140 – 220	180	µg/100 ml
Vitamin B ₁₂	0,30–0,76	0,42	µg/100 ml
Vitamin C	1,0 – 2,0	1,7	mg/100 ml.

Unter den heutigen Bedingungen kann die Bedeutung der lagerungsbedingten Vitaminverluste in der UHT-Milch als gering beurteilt werden. Bei solchen Personen jedoch, die ausschliesslich UHT-Milch trinken und diese zuerst noch ungekühlt über mehrere Wochen lagern, kann es zu einer teilweise verminderten Vitaminversorgung kommen, die beispielsweise bei der Folsäure im ungünstigsten Falle die Milch als Quelle für dieses Vitamin wertlos machen.

Schlussfolgerung

Die vorhergehenden Ausführungen haben gezeigt, dass während der Lagerung von UHT-Milch in Abhängigkeit der angewendeten Lagerungstemperatur mit Vitaminverlusten zu rechnen ist. Diese sind zwar für sich betrachtet und unter den heute vorherrschenden Konsumgewohnheiten, wie sie aufgrund der Untersuchung von Börmann (55) für die BRD und wahrscheinlich auch für die Schweiz Gültigkeit haben, als gering zu bezeichnen. Sie können jedoch bei einer ungekühlten Lagerung während 11 Wochen nicht negiert werden, da sich die Vitamingehalte von UHT-Milch, die im Kühlschrank oder bei Raumtemperatur gelagert wird, unterscheiden (Tabelle 6). Beim Vitamin A erhöhen sich dabei die Verluste von 4 auf 40% (17, 24) und bei der Folsäure von 0 auf 25% (28). Bezogen auf den täglichen Bedarf können diese Verluste, die durch die Lagerung bei Raumtemperatur gegenüber einer solchen bei 5 °C bedingt sind, zu einer Minderzufuhr dieser beiden Vitamine von etwa 5% führen (Abb. 5). Aufgrund dieser Feststellung drängt sich eine Änderung des Artikels 73a Absatz 2 der eidg. Lebensmittelverordnung (1) jedoch nicht unbedingt auf. Einzig die Frage, ob nicht der Satz «Sie kann ungekühlt während höchstens elf Wochen nach dem Tag der Ultraschallbehandlung im Detailhandel abgegeben werden» abgeändert und mit der Empfehlung «ungekühlt – aber vorteilhaft bei tieferen Temperaturen zu lagern – während höchstens elf Wochen . . .» versehen werden müsste, wäre nach diesen Ausführungen einer Diskussion wert.

Bei einer umfassenden Informationsvermittlung über die UHT-Milch sollte dem Konsumenten indes empfohlen werden, diese Milchsorte nicht allzu lange

zu lagern; auch ist eine längerdauernde Aufbewahrung bei kühlen Temperaturen einer solchen bei Raumtemperatur durchaus vorzuziehen.

Dank

Für die kritische Durchsicht dieser Arbeit bedanke ich mich bei meinen Kollegen Drs. P. Gallmann und M. Rüegg sowie bei meiner Frau Margrit Sieber.

Zusammenfassung

Ultraschallbehandelte Milch kann über längere Zeit gelagert werden. Während der Lagerung vollziehen sich in der UHT-Milch unterschiedliche Veränderungen. In diesem Bericht wird das Verhalten der verschiedenen Vitamine während der Lagerung von UHT-Milch anhand der Resultate, die in der Literatur vorgestellt wurden, untersucht und die Konsequenzen für die menschliche Ernährung beurteilt. Eingehend werden die Verhältnisse bei den Vitaminen A, B₁, B₂, Folsäure und C besprochen. Die Vitaminverluste, die während der Lagerung von UHT-Milch auftreten, sind unter den heutigen Konsumgewohnheiten als gering zu bezeichnen. Eine Ausnahme stellt die Folsäure in UHT-Milch dar, in der Sauerstoff vorhanden ist. Die eidg. Lebensmittelverordnung erlaubt eine ungekühlte Lagerung während höchstens elf Wochen. Unter solchen Umständen können die Verluste an einigen Vitaminen etwas höher ausfallen, weshalb diskutiert wurde, ob diese Vorschrift durch einen Zusatz ergänzt werden sollte.

Résumé

Le lait traité à ultra-haute température peut être entreposé pendant une période déterminée. Au cours du stockage, le lait UHT subit des changements. Ce travail a pour objet d'étudier, à l'aide de résultats recueillis dans la littérature, le comportement des vitamines dans du lait UHT entreposé et d'en évaluer les conséquences pour l'alimentation humaine. Les vitamines A, C, B₁ et B₂ ainsi que l'acide folique sont discutés en détail. Etant donné les habitudes alimentaires modernes, les pertes de vitamines dans le lait UHT entreposé peuvent être considérées comme insignifiantes. Seul d'échantillon de lait UHT contenant de l'oxygène présentait une diminution plus importante d'acide folique. L'Ordonnance sur les denrées alimentaires admet un entreposage non refroidi pendant onze semaines au plus. Dans de telles conditions, les pertes de vitamines peuvent augmenter. Il est discuté si cette prescription devrait être complétée par un article additionnel.

Summary

Milk treated at ultra-high temperature can be stored for a certain period of time. During storage milk undergoes different changes. This paper deals with the behaviour of vitamins in stored UHT milk. It reviews the results found in the literature and evaluates the consequences for human nutrition. Vitamin A, C, B₁ and B₂ as well as folic acid are discussed in

detail. Considering modern eating habits, it appears that the loss of vitamins in stored UHT milk is irrelevant. Only folic acid showed a greater decrease in UHT milk sample containing oxygen. The Swiss Food Ordinance permits uncooled storage for eleven weeks at the most. This brings about higher vitamin losses. It has been therefore discussed whether this prescription should be completed by an additional paragraph.

Literatur

1. Bundeskanzlei: Verordnung über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (Lebensmittelverordnung). Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1988.
2. Blanc, B., Flückiger, E., Rüegg, M. und Steiger, G.: Veränderungen biochemischer, physikalischer, technologischer und sensorischer Merkmale von UHT-Milch im Verlaufe der Lagerung. *Alimenta-Sonderausgabe* 27–46 (1980).
3. Flückiger, E., Rüegg, M., Steiger, G., Lavanchy, P., Blanc, B. und Cerf, O.: Einfluss von Rohmilchqualität, Erhitzungsverfahren und Lagerungsbedingungen auf Qualitätsmerkmale von UHT-Milch und in Flaschen nachsterilisierter Milch. *Schweiz. Milchwirt. Forsch.* 18, 3–12 (1989).
4. Bosset, J. O. und Rüegg, M.: Einfluss der thermischen Behandlung, der Entgasung und der Lagerung auf den Gefrierpunkt und die Dichte der Milch. *Alimenta* 23, 163–170 (1984).
5. Blanc, B., Flückiger, E., Rüegg, M. und Steiger, G.: Einfluss der Kühlagerung der Rohmilch mit und ohne Anreicherung psychrotropher Keime auf die Qualität von UHT-Milch. *Alimenta* 23, 53–60, 71–79 (1984).
6. Sieber, R., Flückiger, E. und Schällibaum, M.: 12 Fragen zum Problemkreis: Rohmilch und Milcherhitzung. *Schweiz. Milchztg.* 111, 129, 139, 149, 160 (1985).
7. Haerry, P.: Die Sterilisation der Milch durch Uperisation. *Chem. Rdsch.* 5, (1952) (22).
8. Mohler, H.: Uperisation der Milch. *Chimia* 6, 212–217 (1952).
9. Zollhofer, E.: Uperisation, ein neues Verfahren zur Sterilisation der Milch. *Neue Zürcher Ztg* Nr. 2387 (1952).
10. Bernhard, K., Gschaedler, L. und Sarasin, A.: Die biologische Wertigkeit der uperisierten (= ultrapasteurisierten) Milch. *Bull. Schweiz. Akad. med. Wiss.* 9, 312–324 (1953).
11. Chapman, H. R., Ford, J. E., Kon, S. K., Thompson, S. Y., Rowland, S. J., Crossley, E. L. und Rothwell, J.: Further studies of the effect of processing on some vitamins of the B complex in milk. *J. Dairy Res.* 24, 191–197 (1957).
12. Ford, J. E., Kon, S. K. und Thompson, S. Y.: Effects of processing on vitamins of the B-complex in milk. *XV Int. Dairy Congr.* 1, 429–434 (1959).
13. Burton, H.: Ultra-high-temperature processed milk. *Dairy Sci. Abstr.* 31, 287–297 (1969).
14. Lhuissier, M., Hugot, D. et Biette, E.: Etude vitaminologique du lait «uperisé» conditionné aseptiquement en récipients Tetra Pak: Influence de la conservation. *Ind. Lait.* 319–320 (194) (1962).
15. Lembke, A., Frahm, H. und Wegener, K. H.: Ernährungsphysiologische Untersuchungen zur Ultrahocherhitzung der Milch. *Kieler Milchwirt. Forschungsber.* 20, 331–342 (1968).
16. Ford, J. E., Porter, J. W. G., Thompson, S. Y., Toothill, J. und Edwards-Webb, J.: Effects of ultra-high-temperature (UHT) processing and of subsequent storage on the vitamin content of milk. *J. Dairy Res.* 36, 447–454 (1969).

17. Ferretti, L., Lelli, M. E., Minuccio, C. e Ragni, C.: Variazione quantitative di alcune vitamine nel latte U. H. T. durante la conservazione. *Quad. Nutr.* 30, 124–133 (1970).
18. Thomas, E. L., Burton, H., Ford, J. E. and Perkin, A. G.: The effect of oxygen content on flavour and chemical changes during aseptic storage of whole milk after ultra-high-temperature processing. *J. Dairy Res.* 42, 285–295 (1975).
19. Luquet, F. M., Goussault, B., Gouerec, J. et Gagnepain, M. F.: Contribution à l'étude de l'influence de l'emballage sur la qualité du lait U. H. T. *Revue lait, franç.* 141–148 (351) (1977).
20. Görner, F. und Uherova, R.: Vitaminveränderungen der H-Milch während der Lagerung. *Nahrung* 24, 373–379 (1980).
21. LeMaguer, I. and Jackson, H.: Stability of vitamin A in pasteurized and ultra-high temperature processed milks. *J. Dairy Sci.* 66, 2452–2458 (1983).
22. Fink, R.: Über lagerungsbedingte Veränderungen von UHT-Milch und deren reaktionskinetische Beschreibung. Dissertation Technische Universität München, 1984.
23. Fink, R. and Kessler, H. G.: Reaction kinetics study of thiamine losses in stored UHT milk. *Milchwissenschaft* 40, 709–712 (1985).
24. Woollard, D. C. and Fairweather, J. P.: The storage stability of vitamin A in fortified ultra-high temperature processed milk. *J. Micronutr. Anal.* 1, 13–21 (1985).
25. McCarthy, D. A., Kakuda, Y. and Arnott, D. R.: Vitamin A stability in ultra-high temperature processed milk. *J. Dairy Sci.* 69, 2045–2051 (1986).
26. Lau, B. L. T., Kakuda, Y. and Arnott, D. R.: Effect of milk fat on the stability of vitamin A in ultra-high temperature milk. *J. Dairy Sci.* 69, 2052–2059 (1986).
27. Woollard, D. C. and Indyk, H.: The HPLC analysis of vitamin A isomers in dairy products and their significance in biopotency estimations. *J. Micronutr. Anal.* 2, 125–146 (1986).
28. Kneifel, W. und Sommer, R.: Zum lagerungsbedingten Abbau einiger wasserlöslicher Vitamine in Haltbarmilch. *Oest. Milchw.* 41, 79–87 (Wiss. Beilage 10) (1986).
29. Oamen, E. E., Hansen, A. P. and Swartzel, K. R.: Effect of ultra-high temperature steam injection processing and aseptic storage on labile water-soluble vitamins in milk. *J. Dairy Sci.* 72, 614–619 (1989).
30. Bilic, N. und Sieber, R.: Bestimmung von Retinol und α -Tocopherol in roher, pasteurisierter und gekochter Milch mit Hilfe der HPLC. *Schweiz. Milchwirt. Forsch.* 17, 117 (1988).
31. Kneifel, W.: Analytik und Gehalt fettlöslicher Vitamine in Milch und Milchprodukten – eine Übersicht. *Oest. Milchwirt.* 42, 37–54 (Wiss. Beilage 6) (1987).
32. Zahar, M., Smith, D. E. and Warthesen, J. J.: Effect of carrier type and amount on vitamin A light degradation in fortified lowfat and skim milks. *J. Dairy Sci.* 69, 2038–2044 (1986).
33. Zahar, M., Smith, D. E. and Warthesen, J. J.: Factors related to the light stability of vitamin A in various carrier. *J. Dairy Sci.* 70, 13–19 (1987).
34. de Man, J. M.: Light-induced destruction of vitamin A in milk. *J. Dairy Sci.* 64, 2031–2032 (1981).
35. Thompson, J. N. and Erdody, P.: Destruction by light of vitamin A added to milk. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 7, 157–158 (1974).
36. Schröder, M. J. A., Scott, K. J., Bland, M. A. and Bishop, D. R.: Flavour and vitamin stability in pasteurized milk in polyethylene-coated cartons and in polyethylene bottles. *J. Soc. Dairy Technol.* 38, 48–52 (1985).
37. Machlin, L. J.: Vitamin E. In: Machlin, L. J., *Handbook of vitamins*, p. 99–145. M. Dekker, New York–Basel 1984.

38. *Suttie, J. W.*: Vitamin K. In: Machlin, L. J.; Handbook of vitamins, p. 147–198. M. Dekker, New York-Basel 1984.
39. *Kessler, H.-G. and Fink, R.*: Changes in heated and stored milk with an interpretation by reaction kinetics. *J. Food Sci.* **51**, 1105–1111 (1986).
40. *Desarzens, C., Bosset, J. O. et Blanc, B.*: La photodégradation du lait et de quelques produits laitiers. Partie I: Altérations de la couleur, du goût et de la teneur en quelques vitamines. *Lebensm. Wiss. Technol.* **17**, 241–247 (1983).
41. *Kiermeier, F. und Waiblinger, W.*: Einfluss des Lichtes, insbesondere von Leuchtstoffröhren, auf Vitamin C- und B₂-Gehalt von in Polyäthylen verpackter Milch. *Z. Lebensm. Unters. -Forsch.* **141**, 320–331 (1969).
42. *Gaylord, A. M., Warthesen, J. J. and Smith, D. E.*: Influence of milk fat, milk solids, and light intensity on the light stability of vitamin A and riboflavin in lowfat milk. *J. Dairy Sci.* **69**, 2779–2784 (1986).
43. *Ford, J. E., Porter, J. W. G. and Thompson, S. Y.*: Der Einfluss einer Ascorbinsäurezugabe auf die Stabilität von Folsäure und Vitamin B₁₂ in Milch während der UHT-Sterilisierung und nachfolgender Lagerung. XIX. Int. Milchwirt. Kongr. **ID**, 617–619 (1974).
44. *Berlage-Weinig, L.*: Untersuchungen zur sensorischen Qualität und zur Vitaminwertigkeit von UHT-Milch und pasteurisierter Milch. Dissertation Universität Giessen, 1983.
45. *Berlage-Weinig, L.*: Untersuchungen über Qualitätskriterien von UHT-Milch und pasteurisierter Milch. *Deut. Molk. Ztg.* **104**, 1330–1334 (1983).
46. *Lechner, E.*: Über den Gehalt der H-Milch an Sauerstoff und dadurch bedingte Veränderungen während der Lagerung. *Deut. Milchwirt.* **28**, 123–126 (1977).
47. *Renner, E., Kess, U. und Lübken, A.*: Untersuchungen zum Qualitätsstatus der H-Milch in der Bundesrepublik Deutschland. *Deut. Milchwirt.* **27**, 523–529 (1976).
48. *Fink, R. and Kessler, H. G.*: Reaction kinetics evaluation of the oxidative changes in stored UHT milk. *Milchwissenschaft* **41**, 90–94 (1986).
49. *Fink, R. and Kessler, H. G.*: The effect of head space volume on the quality of stored degassed UHT milk. *Milchwissenschaft* **41**, 152–155 (1986).
50. Schweiz. Bauernsekretariat: Milchstatistik der Schweiz 1987. Statistische Schriften des Schweiz. Bauernsekretariates Nr. 154, Brugg 1988.
51. *Brubacher, G. B.*: Verbrauch an Vitaminen. In: Aebi, H., Blumenthal, A., Bohren-Hoerni, M., Brubacher, G., Frey, U., Müller, H.-U., Ritzel, G. und Stransky, M., Zweiter Schweizerischer Ernährungsbericht S. 89–95. Verlag H. Huber, Bern, Stuttgart, Wien 1984.
52. Deutsche Gesellschaft für Ernährung: Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr. Umschau Verlag, Frankfurt 1985.
53. *Renner, E.*: Milch und Milchprodukte in der Ernährung des Menschen. Volkswirtschaftlicher Verlag, München 1982.
54. *Ritzel, G., Stähelin, H. B., Gutzwiller, F., Schucan, C. und Wüthrich, P.*: Ernährungsverhalten, Verzehrsgewohnheiten und Massenindex in vier Schweizer Städten. *Schweiz. med. Wschr.* **111**, 32 (Suppl. 12) (1981).
55. *Börmann, W.*: Erhebungen zur Entwicklung der Verbrauchermeinung und des Verbraucherverhaltens bei Konsummilch in der Bundesrepublik Deutschland. Dissertation Universität Giessen, 1986.
56. *Souci, S. W., Fachmann, W. und Kraut, H.*: Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwert-Tabellen 1986/87. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1986.

57. *Lavigne, C., Zee, J. A., Simard, R. E. and Béliveau, B.*: Effect of processing and storage conditions on the fate of vitamins B₁, B₂ and C and on the shelf-life of goat's milk. *J. Food Sci.* **54**, 30–34 (1989).

Dr. R. Sieber
Eidg. Forschungsanstalt für
Milchwirtschaft
CH-3097 Liebefeld-Bern