

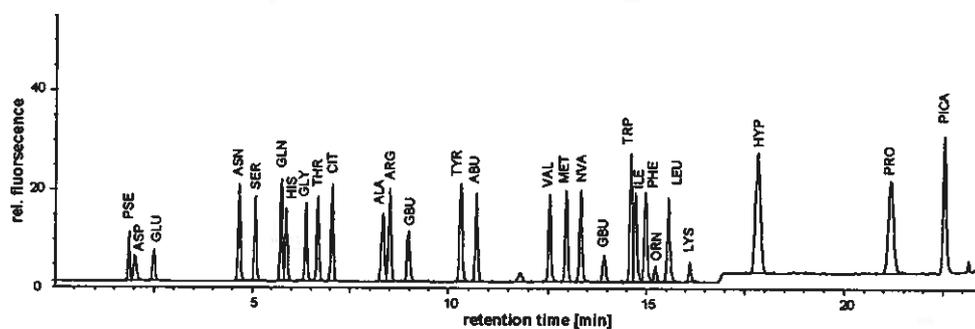


April 1995 / 300 P

Forschungsanstalt  
für Milchwirtschaft  
CH-3097 Liebefeld-Bern

## Über Veränderungen der freien Aminosäuren während der Lagerung von Joghurt

U. Bütikofer, P. Eberhard,  
Doris Fuchs und R. Sieber



Bestimmung der freien Aminosäuren in Milchprodukten



# Über Veränderungen der freien Aminosäuren während der Lagerung von Joghurt

U. BÜTIKOFER, P. EBERHARD, Doris FUCHS, R. SIEBER

Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, 3097 Liebefeld-Bern

Eingereicht am 9. Januar 1995

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Einfluss des Rohmilchalters sowie demjenigen drei verschiedener, in der Praxis eingesetzter Kulturen auf die Entwicklung freier Aminosäuren im Verlaufe der Lagerung von Joghurt. Das Alter der für die Joghurtherstellung verwendeten Rohmilch beeinflusst den Gehalt an freien Aminosäuren nur in geringem Masse. In aus dem Handel erhältlichen Joghurtproben zeigte sich ein unterschiedliches Muster an freien Aminosäuren, was auf die unterschiedliche proteolytische Aktivität der eingesetzten Starterkulturen zurückzuführen ist.

## Einleitung

Bei der Vergärung von Milch zu Joghurt vollziehen sich verschiedene biochemische Vorgänge. Neben der Milchsäuregärung wird durch die proteolytische Aktivität der Starterkulturen auch teilweise das Milchprotein verändert (4, 12, 14, 15, 17). Dabei ist neben dem Auftreten von Peptiden (9) auch vermehrt mit dem Vorhandensein von freien Aminosäuren zu rechnen, die bereits in der Milch in geringen Konzentrationen nachgewiesen werden können (7, 11). Über deren Auftreten während der Fermentation wurde bereits verschiedentlich berichtet (1, 9, 12, 13, 16, 18, 19, 21). Das Auftreten der freien Aminosäuren ist von der proteolytischen

Aktivität der eingesetzten Starterkulturen abhängig, womit die unterschiedlichen Aminosäurenkonzentrationen in Joghurt erklärt werden können. Die durch die Proteolyse gebildeten Substanzen tragen zur Textur und zum Aroma sowie zu ernährungsphysiologischen Eigenschaften der Produkte bei.

Im Verlaufe der Lagerung von Joghurt ist jedoch damit zu rechnen, dass die durch die Fermentation eingeleiteten Vorgänge, beruhend auf einer proteolytischen Aktivität der Starterkulturen, in vermindertem Masse weitergehen und zu einem weiteren Ansteigen an freien Aminosäuren führen können, was sich auch in einer fortschreitenden Proteolyse während der Lagerung von Joghurt und anderen Sauermilchprodukten zeigte (2, 9). Es kann auch erwartet werden, dass das Alter der eingesetzten Milch aufgrund seiner mikrobiologischen Beschaffenheit die Entwicklung der freien Aminosäuren beeinflussen kann. Zu diesem Zwecke wurde in der vorliegenden Arbeit der Einfluss des Alters der Rohmilch sowie von drei unterschiedlichen, in der Praxis eingesetzten Starterkulturen auf die Bildung der freien Aminosäuren im Verlaufe der Lagerung von Joghurt untersucht. Damit sollte unter anderem ermittelt werden, ob die freien Aminosäuren neben anderen Parametern (6) als Kriterium für die Haltbarkeit herbeigezogen werden können.

## Material und Methoden

### Joghurtherstellung

#### Alter der Milch

Rohe Magermilch wurde frisch bzw. nach 6 Tagen Lagerung bei 4 °C auf ihren Gehalt an freien Aminosäuren untersucht. Der Einfluss der Qualität der verarbeiteten Magermilch auf die Joghurtqualität nach einer Woche sowie deren sensorische Beurteilung wurde bereits beschrieben (5).

#### Einfluss der Lagerungszeit

Die Verarbeitung der Milch zu stichfestem Natur-Joghurt erfolgte in einem Mehrzweckerhitzer in Chargen zu 20 kg. In die auf 40 °C erwärmte Magermilch wurde Magermilchpulver (20 g/L) eingerührt. Die anschliessende Erhitzung der Joghurtmilch erfolgte auf 93 °C mit einer Heisshaltezeit von 10 Minuten. Nach der Kühlung wurde die Betriebskultur (15 g/L, Wiesby V709) während 25 Minuten bei 45 °C eingerührt. Die Joghurts wurden in Polystyrolbecher (180 g) abgefüllt und bis zum Untersuchungszeitpunkt in einem Klimaraum bei 8 °C (ohne Licht) gelagert. Die freien Aminosäuren wurden zuerst in der Milch und dann im Joghurt nach 1 und 3 Wochen Lagerung bestimmt.

#### Einfluss von Starterkulturen

Für Haltbarkeitsversuche wurde stichfestester Nature-Joghurt aus der Normalfabri-

Tabelle 1. Herstellungsbedingungen und Zusammensetzung der von drei Molkereien bezogenen Joghurts (6).

		Hersteller 1	Hersteller 2	Hersteller 3
Erhöhung der Trockenmasse durch Pasteurisation	°C/min	Eindampfung 92 / 7	Magermilchpulver 90 / 11	Eindampfung 92 / 15
Homogenisation	°C/bar	72 / 190	80 / 180	70 / 160
Starterkultur		Wiesby MSK V2	Wiesby 709 + 4	Wiesby V16 + i
Art der Kultur		mildsäuernd	traditionell	mildsäuernd
Zusammensetzung der Starterkultur		<i>Sc. thermophilus</i> <i>Lb. bulgaricus</i> <i>Lb. acidophilus</i>	<i>Sc. thermophilus</i> <i>Lb. bulgaricus</i>	<i>Sc. thermophilus</i> <i>Lb. bulgaricus</i> <i>Lc. lactis</i> <i>Lc. cremoris</i>
Impftemperatur	°C	41.5	46	46.5
Bebrütungstemperatur	°C	41	41	41
Bebrütungszeit	h	3	3.5	4
Wasser	g/kg	867.8	866.5	865.5
Fett	g/kg	36.1	35.5	35.9
Protein	g/kg	34.7	34.4	33.6

kation von drei Molkereien bezogen, der mit unterschiedlichen Herstellungsbedingungen und Starterkulturen hergestellt wurde (Tabelle 1). Der Einfluss der Lagerung auf die Joghurtqualität dieser Produkte wurde bereits beschrieben (6). Die Lagerung der Produkte erfolgte wie oben beschrieben. Nach 6, 13, 20 und 27 Tagen wurden in diesen Proben die freien Aminosäuren bestimmt.

#### Bestimmung der freien Aminosäuren

Die Joghurtproben wurden mit Hexan entfettet und anschliessend lyophilisiert. Ca. 1 g Joghurtlyophilisat wurde auf 1 mg genau in ein Reagenzglas eingewogen und mit 4.5 mL Lithiumverdünnungspuffer und 500 µL Norvalinlösung gemischt. 500 µL Sulfosalicylsäurelösung (500 g/kg) wurden zugesetzt und während 30 Sekunden auf dem Reagenzienmischer gehalten. Das Gemisch wurde 30 Minuten stehengelassen und anschliessend 15 Minuten bei 5000 U/Minuten zentrifugiert. Der Überstand wurde durch einen Einwegfilterhalter filtriert. Die chromatographische Auftrennung erfolgte anschliessend auf einem Aminosäureanaly-

Tabelle 2. Relative Standardabweichung bei der Bestimmung der freien Aminosäuren.

Aminosäure	Rel. sr (%)
Phosphoserin	3.3
Asparaginsäure	3.7
Threonin	2.8
Serin	3.6
Asparagin	4.5
Glutaminsäure	3.3
Glutamin	13.3
Prolin	4.0
Glycin	3.2
Alanin	3.4
Citrullin	4.8
Valin	5.8
Cystin	3.8
Methionin	3.3
Isoleucin	2.7
Leucin	3.7
Tyrosin	4.0
Phenylalanin	2.5
β-Alanin	5.8
γ-Aminobuttersäure	4.9
Ornithin	3.7
Lysin	3.5
Histidin	3.2
Tryptophan	4.2
Arginin	3.8

sator mit Kationenaustauschersäule. Die primären Aminosäuren wurden nach einer Ninhydrin-Reaktion bei 570 nm und die sekundären bei 440 nm detektiert (3). In Tabelle 2 sind die relativen Standardabweichungen der freien Aminosäuren aufgeführt.

## Resultate und Diskussion

Die Resultate der hier durchgeführten Untersuchungen sind in den Tabellen 3 und 4 zusammengefasst.

#### Einfluss der Lagerungszeit der Ausgangsmilch auf deren Konzentration an freien Aminosäuren

Rohmilch enthält bereits eine niedrige Konzentration an freien Aminosäuren. In

der 1 Tage alten Rohmilch sticht unter allen freien Aminosäuren mit etwa 50 % die Glutaminsäure hervor. Die anderen freien Aminosäuren machen jeweils weniger als 10 % aus (Tabelle 3, Kolonne 2). Diese Resultate stimmen teilweise mit den in der Literatur vorhandenen Angaben überein (1, 7, 16, 20).

In der Praxis wird oft Milch zu Joghurt verarbeitet, die während mehrerer Tage gelagert wurde. Die 6 Tage alte Milch unterschied sich gegenüber derjenigen des 1. Tages im wesentlichen in der Anzahl an aeroben mesophilen und psychrotrophen Keimen sowie in der Anzahl an Lipolyten (5). Hingegen blieb die Zusammensetzung der freien Aminosäuren praktisch unverändert (siehe Tabelle 3, Kolonnen 2 und 5). Einzig die Summe der essentiellen Aminosäuren war in 6 Tage alter Milch leicht erhöht, diejenige der Glutaminsäure erniedrigt.

Tabelle 3. Einfluss des Rohmilchalters auf die Veränderungen der freien Aminosäuren in gelagertem Joghurt im Vergleich zur Ausgangsmilch (mmol/kg) (Mittelwerte n=4) n.d. = unter der Nachweisgrenze ess. As. = essentielle Aminosäuren

Aminosäure	Milch		Joghurt		Milch		Joghurt	
	1 Tag	1 W.	3 W.	6 Tage	1 W.	3 W.	6 Tage	3 W.
Alanin	0.04	0.20	0.24	0.03	0.17	0.20		
α-Aminobuttersäure	n.d.	n.d.	0.01	n.d.	0.01	0.01		
Arginin	0.03	0.12	0.14	0.02	0.10	0.11		
Asparagin	n.d.	0.06	0.05	n.d.	0.05	0.05		
Asparaginsäure	0.03	0.19	0.13	0.03	0.15	0.14		
γ-Aminobuttersäure	n.d.	0.22	0.14	n.d.	0.21	0.25		
Glutamin	0.01	0.12	0.11	n.d.	0.11	0.10		
Glutaminsäure	0.33	0.11	0.06	0.25	0.11	0.07		
Glycin	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.05		
Histidin	n.d.	0.10	0.11	n.d.	0.08	0.12		
Isoleucin	n.d.	0.07	0.04	n.d.	0.06	0.05		
Leucin	0.01	0.17	0.16	0.01	0.14	0.14		
Lysin	0.03	0.18	0.14	0.05	0.17	0.17		
Methionin	n.d.	0.01	0.01	n.d.	0.01	0.01		
Ornithin	0.01	0.01	0.01	0.01	n.d.	0.01		
Phenylalanin	n.d.	0.04	0.06	n.d.	0.04	0.05		
Phosphoserin	0.02	0.13	0.14	0.02	0.10	0.15		
Prolin	0.01	0.56	0.48	0.02	0.55	0.59		
Serin	0.01	0.24	0.15	0.02	0.16	0.16		
Threonin	0.02	0.13	0.20	0.05	0.16	0.16		
Tyrosin	n.d.	0.04	0.06	n.d.	0.05	0.04		
Valin	0.02	0.10	0.07	0.02	0.08	0.07		
Summe ess. As.	0.09	0.75	0.73	0.13	0.72	0.70		
Summe aller As.	0.64	2.86	2.56	0.60	2.59	2.70		

### Einfluss von unterschiedlich gelagerter Milch auf die Konzentration an freien Aminosäuren des Joghurts

Die Verarbeitung von Milch zu fermentierten Milchprodukten erhöhte den Gehalt praktisch aller freier Aminosäuren, unabhängig von der Lagerung der Milch (Tabelle 3, Kolonnen 2 und 3 resp. 5 und 6). Als einzige Ausnahme ist die Glutaminsäure zu erwähnen, die während der Fermentation deutlich abnahm. Diese Aminosäure wird zu  $\gamma$ -Aminobuttersäure abgebaut, was sich an deren erhöhten Gehalt manifestiert. Daneben blieben  $\alpha$ -Aminobuttersäure, Glycin, Methionin, Ornithin und Phenylalanin unverändert. Deutlich erhöht hat sich im Joghurt als freie Aminosäure das Prolin. Da der Gehalt an freien Aminosäuren erst eine Woche nach der Fabrikation ermittelt wurde, kann nichts darüber ausgesagt werden, welchen Einfluss die einwöchige Lagerung ausübt. Aus der Arbeit von Alm (1), die Milch sowie Joghurt, hergestellt mit einem im Handel erhältlichen Gemisch von *Lactobacillus bulgaricus* und *Streptococcus thermophilus*, am 1. und am 11. Tage untersuchte, ist abzuleiten, dass sich der Gehalt an den einzelnen freien Aminosäuren nicht mehr im gleichen Umfange erhöhte wie nach der Fermentation.

Tabelle 4. Freie Aminosäuren (mmol/kg) in Joghurtproben verschiedener Hersteller während der Lagerung (Mittelwerte aus je zwei bei 8°C gelagerten Proben). Abkürzungen siehe Tabelle 3.

Aminosäure	Hersteller 1				Hersteller 2				Hersteller 3				
	Tage	6	13	20	27	6	13	20	27	6	13	20	27
Alanin	0.38	0.35	0.37	0.40	0.23	0.22	0.19	0.20	0.11	0.08	0.08	0.09	
Arginin	0.10	0.11	0.11	0.12	0.08	0.10	0.09	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02	
Asparagin	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.01	Spur	Spur	0.01	
Asparaginsäure	0.21	0.21	0.18	0.20	0.15	0.16	0.15	0.17	0.01	0.01	0.01	0.01	
$\beta$ -Alanin	0.01	0.03	0.03	0.04	n.d.	0.01	0.01	0.01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
$\gamma$ -Aminobuttersäure	Spur	Spur	n.d.	n.d.	0.43	0.49	0.62	0.87	0.13	0.20	0.19	0.20	
Glutamin	0.21	0.16	0.14	0.15	0.13	0.12	0.09	0.09	Spur	Spur	Spur	Spur	
Glutaminsäure	0.61	0.48	0.42	0.43	0.09	0.09	0.08	0.07	0.08	0.04	0.03	0.04	
Glycin	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10	0.12	0.02	0.02	0.03	0.03	
Histidin	0.13	0.12	0.11	0.11	0.08	0.09	0.08	0.09	0.02	0.02	0.02	0.02	
Isoleucin	0.09	0.06	0.05	0.04	0.07	0.08	0.07	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	
Leucin	0.18	0.17	0.20	0.22	0.11	0.14	0.12	0.15	0.02	0.03	0.03	0.03	
Lysin	0.20	0.19	0.16	0.18	0.18	0.18	0.14	0.17	0.04	0.05	0.04	0.05	
Methionin	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Phenylalanin	0.06	0.06	0.06	0.07	0.04	0.05	0.04	0.04	0.02	0.01	0.01	0.02	
Phosphoserin	0.14	0.19	0.23	0.23	0.18	0.20	0.22	0.23	0.09	0.09	0.10	0.10	
Phosphoethanolamin	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	
Prolin	0.54	0.49	0.70	0.76	0.42	0.43	0.52	0.77	0.19	0.18	0.21	0.22	
Serin	0.27	0.22	0.23	0.23	0.17	0.19	0.18	0.19	0.01	0.01	0.01	0.01	
Taurin	0.22	0.26	0.25	0.26	0.23	0.24	0.22	0.25	0.24	0.23	0.20	0.24	
Threonin	0.08	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	
Tyrosin	0.05	0.05	0.07	0.07	0.04	0.04	0.04	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	
Valin	0.16	0.13	0.13	0.13	0.08	0.10	0.09	0.09	0.03	0.03	0.02	0.03	
Summe ess. As.	0.84	0.74	0.75	0.79	0.58	0.66	0.57	0.63	0.18	0.19	0.17	0.20	
Summe aller As.	3.93	3.62	3.76	3.97	3.02	3.27	3.27	3.94	1.22	1.20	1.17	1.30	

Abkürzungen siehe Tabelle 3

Dass die Fermentation den Gehalt an freien Aminosäuren stark verändert, wurde bereits verschiedentlich nachgewiesen (1, 9, 12, 13, 16, 18, 19, 21). So konnten beispielsweise in Buttermilch, Joghurt, Kefir, Acidophilus-, Bifidusmilch und anderen fermentierten Milchprodukten unterschiedliche Gehalte an freien Aminosäuren gefunden werden (1, 9, 13).

### Einfluss der Lagerung des Joghurts auf die Konzentration an freien Aminosäuren

Das Alter der Ausgangsmilch (1 Tag bzw. 6 Tage alt) beeinflusste trotz einer erhöhten Anzahl an Keimen den Gehalt an freien Aminosäuren im gelagerten Joghurt nur bei wenigen Aminosäuren (Tabelle 3, Kolonnen 3 und 4 resp. 6 und 7). So nahmen beim Joghurt aus 1 Tage alter Milch Asparaginsäure,  $\gamma$ -Aminobuttersäure, Prolin, Serin und die Summe aller freien Aminosäuren zwischen der 1. und 3. Woche ab und Threonin zu, während sie beim Produkt aus der 6 Tage alten Milch praktisch unverändert, d.h. innerhalb der Fehlergrenze von 0.05 mmol/kg, blieben (Tabelle 3). In der Literatur sind unseres Wissens keine Angaben zum Einfluss des Rohmilchalters auf den Gehalt an freien Aminosäuren vorhanden.

### Veränderungen der freien Aminosäuren im Verlaufe der Lagerung von Joghurtproben, die mit drei verschiedenen Starterkulturen hergestellt wurden

Die Gehalte an freien Aminosäuren in Joghurtproben, die von drei verschiedenen schweizerischen Herstellern bezogen und während vier Wochen bei 8 °C gelagert wurden, veränderten sich nicht allzu stark (Tabelle 4). Deutlich nahm beim Produkt 1 die Konzentration der Glutaminsäure und des Glutamins ab und diejenige des Prolins sowie des Phosphoserins zu. Beim Produkt 2 und 3 erhöhte sich der Gehalt der  $\gamma$ -Aminobuttersäure und beim Produkt 2 ebenfalls derjenige des Prolins. Zwischen dem 6. und 13. Tage veränderten sich beim Produkt 1 Glutamin, Serin und beim Produkt 3  $\gamma$ -Aminobuttersäure und Glutaminsäure.

Werden aber die drei Produkte miteinander verglichen, unterscheidet sich das Produkt des dritten Herstellers deutlich von den beiden anderen, was durch die eingesetzten Starterkulturen, aber weniger durch die unterschiedlichen Herstellungsbedingungen zu erklären ist (Tabelle 1). Es enthielt nur 30 bis 40 % der Summe der freien Aminosäuren der beiden Vergleichsprodukte. Diese beiden unterschieden sich am Anfang mit etwa 20 % und glichen sich im Verlaufe der Lagerung an. Im weiteren wurden bei den einzelnen Aminosäuren Asparagin, Asparaginsäure, Glutamin und Methionin praktisch ausschliesslich in Joghurt 1 und 2 gefunden, während beispielsweise  $\gamma$ -Aminobuttersäure in Produkt 1 nicht vorkommt. Diese Aminosäure ist dagegen in den Produkten 2 und 3 deutlich erhöht, was durch deren gleichzeitig tiefen Gehalt an Glutaminsäure, die zu  $\gamma$ -Aminobuttersäure abgebaut werden kann, zu erklären ist.

Die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigen, dass das Spektrum der freien Aminosäuren der verschiedenen fermentierten Milchprodukte auf die unterschiedlichen proteolytischen Aktivitäten der eingesetzten Starterkulturen zurückzuführen sind (10). So werden im Joghurt vor allem durch die proteolytische Wirkung von *Lactobacillus bulgaricus* und in anderen fermentierten Sauermilchprodukten durch diejenige von *Lactobacillus acidophilus* sowie *Bifidobacterium bifidus* freie Aminosäuren angereichert, während die Streptokokken wie *Streptococcus thermophilus* den Gehalt an diesen Aminosäuren vermindern, weil diese auf ein Angebot an freien Aminosäuren angewiesen sind. Dies wurde in früheren Untersuchungen mit *Streptococcus cremoris* gezeigt (1, 8, 12, 16). Auch in dieser Arbeit konnte anhand der im Handel erhältlichen Joghurtproben ein unterschiedlicher Einfluss der eingesetzten Starterkulturen ge-

zeigt werden (Tabelle 4). Die freien Aminosäuren eignen sich nicht als Kriterium für die Haltbarkeit, dafür ist in mikrobiologisch einwandfreien Produkten vielmehr die sensorische Beurteilung herbeizuziehen (6).

## Schlussfolgerung

Diese Lagerungsstudien haben deutlich gezeigt, dass sich im Joghurt die Konzentration an freien Aminosäuren zwischen der ersten und dritten Woche nur bei wenigen Aminosäuren veränderte. Auch das Rohmilchalter beeinflusste deren Konzentration praktisch nicht. Dagegen waren aber die herstellerspezifischen Unterschiede, bedingt durch die Wahl der Starterkulturen, wesentlich ausgeprägter als die lagerungsbedingten. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Veränderungen der freien Aminosäuren zwischen der ersten und der vierten Lagerungswoche nicht mit den Haltbarkeitskriterien korrelieren werden.

## Dank

Den drei Milchverarbeitungsbetrieben danken wir für die zur Verfügung gestellten Joghurtproben.

## Literatur

- ALM, L.: The effect of fermentation on proteins of Swedish fermented milk products. *J. Dairy Sci.* 65, 1696-1704 (1982)
- BOSSET, J.O., DAGET, N., DESARZENS, C., DIEFFENBACHER, A., FLÜCKIGER, E., LAVANCHY, P., NICK, B., PAUCHARD, J.-P., TAGLIAFERRI, E.: The influence of light transmittance and gas permeability of various packing materials on the quality of whole natural yoghurt during storage. In Mathlouthi M. ed. *Food packaging and preservation. Theory and practice.* Elsevier Appl. Sci. Publ. London, New York, 235-270 (1986)
- BÜTIKOFER, U., FUCHS, D., BOSSET, J.O., GMÜR, W.: Automated HPLC-amino acid determination of protein hydrolysates by precolumn derivatization with OPA and FMOC and comparison with classical ion exchange chromatography. *Chromatographia* 31, 441-447 (1991)
- CASTBERG, H.B., MORRIS, H.A.: Degradation of milk proteins by enzymes from lactic acid bacteria used in cheese making. A review. *Milchwissenschaft* 31, 85-90 (1976)
- EBERHARD, P., STRAHM, W.: Nur frische Milch gibt frischen Joghurt. *Schweiz. Milchztg.* 119, 7 (42) (1993)
- EBERHARD, P., STRAHM, W., GALLMANN, P.U.: Haltbarkeit von Nature-Joghurt. *Landwirtschaft Schweiz* 6, 307-312 (1993)
- HENDRICKX, H., MOOR, H.de, HUYGHEBAERT, A.: Het gehalte aan vrije aminozuren in rauwe volle melk. *Neth. Milk Dairy J.* 20, 123-139 (1966)
- HUGENHOLTZ, J., DIJKSTRA, M., VELDKAMP, H.: Amino acid limited growth of starter cultures in milk. *FEMS Microbiol. Ecol.* 45, 191-198 (1987)
- KAHALA, M., PAHKALA, E., PIHLANTO-LEPPÄLÄ, A.: Peptides in fermented Finnish milk products. *Agric. Sci. Finl.* 2, 379-386 (1993)
- LAW B., KOLSTAD J.: Proteolytic systems in lactic acid bacteria. *Antonie Leeuwenhoek* 49, 225-245 (1983)
- LINDQVIST, B.: Seasonal variations in free and proteinbound amino acids in milk. Dissertation, University Stockholm (1968)
- MILLER, I., KANDLER, O.: Untersuchung über den Eiweissabbau in Sauermilchen. I. Mitteilung: Die freien Aminosäuren in Joghurt, Bioghurt und Acidophilusmilch. *Medizin Ernährung* 5, 100-108 (1964)
- MILLER, I., KANDLER, O.: Die freien Aminosäuren in Sauermilchen. *Int. Milchw. Kongr. EF.* 625-635 (1966)
- MILLER, I., KANDLER, O.: Eiweissabbau und Anreicherung freier Aminosäuren durch Milchsäurebakterien in Milch. II. Die Anreicherung freier Aminosäuren durch Thermobakterien. *Milchwissenschaft* 22, 469-480 (1967)
- MILLER, I., KANDLER, O.: Eiweissabbau und Anreicherung freier Aminosäuren durch Milchsäurebakterien in Milch. III. Die Anreicherung von freien Aminosäuren durch Streptobakterien und Streptokokken. *Milchwissenschaft* 22, 608-615 (1967)
- MILLER, I., MARTIN, H., KANDLER, O.: Das Aminosäurespektrum von Joghurt. *Milchwissenschaft* 19, 18-25 (1964)
- PÜRSCHEL, M., POLLACK, C.: Proteolytischer Abbau der Milcheiweissstoffe durch Bakterien. 2. Mitteilung. Die Wirkung von psychrophilen und milchsäurebildenden Bakterien auf die Eiweissstoffe in der Milch. *Nahrung* 16, 451 (1972)
- RASIC, L., STOJSAVLJEVIC, T., CURCIC, R.: A study on the amino acids of yoghurt. II. Amino acids content and biological value of the proteins of different kinds of yoghurt. *Milchwissenschaft* 26, 219-224 (1971)
- STEVANOVA-KONDRATENKO, M., GORANOVA, L., KONDAREVA, S., GJOSCHEVA, B.: Zahl, Art und Menge der freien Aminosäuren in bulgarischer Sauermilch und deren Säureweckern. *Dt. Molck.-Ztg.* 97, 649-653 (1976)
- STOJSAVLJEVIC, T., RASIC, J., CURCIC, R.: A study on the amino acids of yoghurt I. Amino acids content and biological value of the proteins of the different kinds of milk. *Milchwissenschaft* 26, 147-151 (1971)
- VUYST, A.de, VERVACK, W., VANBELLE, M., FOULON, M.: La composition en acides aminés de quelques fromages courants. *Lait* 53, 625-635 (1973)

## Résumé

### Modification des acides aminés libres pendant le stockage des yogourts

U. BÜTIKOFER, P. EBERHARD, DORIS FUCHS, R. SIEBER  
Schweiz. *Milchw. Forschung* 24 (1) 3-6 (1995)

La présente étude traite de l'influence de l'âge du lait et de trois différentes cultures sur le développement des acides aminés libres au cours du stockage des yogourts. L'âge du lait cru utilisé pour la fabrication des yogourts n'a influencé que légèrement la teneur en acides aminés libres. L'échantillonnage des acides aminés libres dans les yogourts provenant du commerce différait d'un yogourt à l'autre; cette variation peut être mise sur le compte de l'activité protéolytique différenciée des levains utilisés.

## Summary

### Changes of free amino acids during storage of yogurt

U. BÜTIKOFER, P. EBERHARD, DORIS FUCHS, R. SIEBER  
Schweiz. *Milchw. Forschung* 24 (1) 3-6 (1995)

The present study deals with the effect of raw milk age and of three different starter cultures on the development of free amino acids during storage of yogurt. The age of the raw milk used influenced the amino acid content only a little. The pattern of free amino acids was different in the commercial yogurt samples which can be attributed to the proteolytical activity of the starter cultures.