

Verluste an Thioaminosäuren unter dem Einfluß der thermischen Milchbehandlung

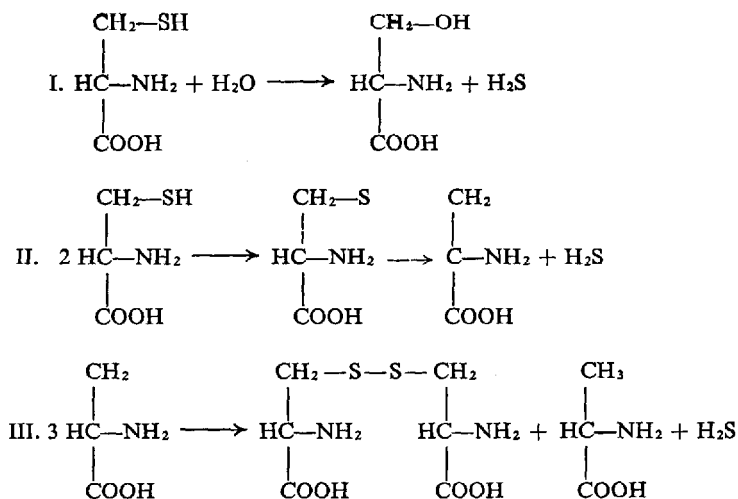
Von J. KISZA, Z. ŻBIKOWSKI und P. PRZYBYŁOWSKI

Mit 3 Tabellen

(Eingegangen am 31. März 1970)

Die Minderung des Nährwertes der Milchproteine während der thermischen Behandlung hängt vor allem vom Grad der Inaktivität der essentiellen Aminosäuren, hauptsächlich der Thioaminosäuren sowie Lysin und Tryptophan ab (8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18–25). Diese Aminosäuren werden während der Erhitzung zerstört, bzw. sie reagieren mit anderen chemischen Verbindungen und verlieren dadurch ihre biologischen Eigenschaften (11, 12, 14).

Nach einigen Veröffentlichungen ist im ersten Stadium der Zerstörung der Thioaminosäuren mit einer Aktivierung der Sulfhydrylgruppen (SH) zu rechnen. Nachher gehen sie in die Disulfidgruppen über (—S—S—) und es entstehen flüchtige Schwefelverbindungen (8, 9, 18, 20, 24). Diese Reaktionen können nach folgenden Schemas verlaufen:



Nach ANSON (2) erfolgt bei 80 °C die Zersetzung von Cystein nach dem Schema III; es entstehen nacheinander Cystin, Alanin und es wird Schwefelwasserstoff abgespalten. Wird die Grenze von 80 °C überschritten, so unterliegt auch das milcheigene sowie das aus der Cysteinoxydation entstandene Cystin weiteren Veränderungen.

Die Zersetzung von Methionin kann durch die Abtrennung der CH_3 -Gruppe erfolgen, und das dadurch entstandene Homocystein verändert sich nach dem oben wiedergegebenen Schema weiter. Die Temperatur 80–90 °C ist die kritische Grenze für viele Proteine. Nach ihrer Überschreitung nimmt die Abspaltung von Schwefelwasserstoff stark zu. Dies spricht für eine rapide voranschreitende Zersetzung der Schwefelaminosäuren.

Die Feststellung eines hohen Korrelationskoeffizienten zwischen dem Nährwert und dem Gehalt an Thioaminosäuren im Protein ermöglichte die Ausarbeitung sogenannter chemischer Indices zur Berechnung der biologischen Wertigkeit. Sie stützen sich auf den Index der begrenzenden Aminosäuren „Chemical Score“. Mittels dieser chemischen Werte ist es möglich, die schwierigen, langwierigen biologischen Methoden zu umgehen und auf einfachere und schnellere Weise die biologische Wertigkeit der Proteine zu berechnen (4, 16, 18).

MILLER und DONOSO (16) führten zur Berechnung der biologischen Wertigkeit der Proteine einen Index ein, der sich auf das gegenseitige Verhältnis zwischen Schwefel und Gesamtstickstoff in der Diät ($\frac{S}{N} \times 1000$)*) stützt. Er entspricht den Werten NPU_{op} und NPU_{m} und bedeutet „score“ der Thioaminosäuren im Nahrungseiweiß. Eines anderen Index bedienten sich RAFALSKI, SALM und FIEDOROWICZ (18). Er stützt sich auf das gegenseitige Verhältnis von Methionin und Gesamtstickstoff in der Diät ($\frac{\text{Met}}{N} \times 500$ **) . Annähernd entspricht er den Werten ($\frac{S}{N} \times 1000$) sowie NPU_{op} und NPU_{m} und spiegelt den „score“ des Methionins im Nahrungseiweiß wider. Dieselben Autoren schlagen für die Berechnung des Proteinnährwertes noch einen anderen Index vor. Er stützt sich auf das Verhältnis des Aminosäure-Schwefels zum Gesamtstickstoff in der Diät ($\frac{\text{Sam}}{N} \times 1000$ ***). Hierbei darf allerdings der Schwefel nur von Schwefelaminosäuren abstammen, und diese dürften sich während der Hydrolyse nicht zersetzen.

Die angeführten Indices fanden praktische Anwendung bei der Beurteilung des Nährwertes der Nahrungsproteine. Sie können auch mit Erfolg zur Beurteilung des biologischen Wertes der Milchproteine dienen. Viele Veröffentlichungen (11, 14, 15, 16, 18), die die Schwankungen des Proteinnährwertes in erhitzter Milch zum Thema haben, geben kein Gesamtbild des für die Praxis so wichtigen Problems. Deshalb wurde in dieser Arbeit untersucht, inwieweit verschiedene Temperaturen und die Erhitzungsdauer die Abnahme der Thioaminosäuren in Milch beeinflussen. Die Aminosäurenverluste wurden außerdem während der Herstellung von Trockenmilch verfolgt. Die erzielten Ergebnisse dienen dann zur Berechnung und zum Vergleich der chemischen Daten des Nährwertes von Milchproteinen.

Material und Methodik

In der ersten Versuchsanordnung wurde die von etwa 50 Kühen aus einem Stall stammende Magermilch erhitzt, und zwar im Wasserbad parallel bei 75° und 90 °C während 1,5 und

*) S = Gesamtschwefelgehalt in der Diät; N = Gesamtstickstoffgehalt in der Diät;

**) Met = Methioningehalt in der Diät;

*** Sam = Gehalt an Aminosäure-Schwefel in der Diät;

NPU_{op} = Net Protein Utilization operative;

NPU_{m} = Net Protein Utilization maintenance.

15 Min. Bei 105 °C wurden die Milchproben unter erhöhtem Druck in einer eigens dafür aufgestellten Anlage erhitzt. Nach der Erhitzung wurden die Proben möglichst rasch unter einem kalten Wasserstrahl auf 20 °C abgekühlt und anschließend sofort analysiert. Zum Vergleich wurden auch die Aminosäuren in der Rohmilch bestimmt.

In der zweiten Versuchsanordnung wurden die Thioaminosäuren-Verluste während der Herstellung von Trockenmilch verfolgt. Die durch eine Molkerei gelieferte Magermilch wurde kurzfristig 15 Sek. auf 92 °C erhitzt, anschließend auf 5–7 °C abgekühlt und dann bei dieser Temperatur 6–12 Std. in einem Tank gelagert. Bei 55–60 °C wurde dann die Milch im Wiegandschen Verdampfer bis zu 42–44% Trockensubstanz eingedickt und im Niro-Atomizer-Zerstäubungsturm getrocknet. Die Eingangstemperatur der Luft betrug hier 160–165 °C, beim Ausgang 80 °C. Analysiert wurde die rohe, die erhitzte, die eingedickte und die getrocknete Milch. Alle Versuche wurden fünfmal wiederholt.

Allgemein charakterisiert wurde die Rohmilch nach Budzłowski (7) durch Bestimmung von Azidität, SH, Fettgehalt und Gesamtstickstoff nach KJELDAHL. Der Gesamtschwefelgehalt in der Milch, und der Trockenmilch wurde nach der modifizierten Methode von BALTES (3) bestimmt. Methionin wurde nach der von ALEXANDER und BLOCK (1) veröffentlichten colorimetrischen Methode von SULLIVAN und MC CARTHY bestimmt. Der Cystin-gehalt wurde nach der auch von ALEXANDER und BLOCK (1) veröffentlichten Methode von WONSTERSTEIN-FOLIN ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 1 und 2 veranschaulichen die erzielten Mittelwerte der fünfmal wiederholten Versuche. Die Abnahme der Aminosäuren wurden auf den Aminosäuren- und Schwefelgehalt der Rohmilch bezogen. In der Rohmilch betrug der Gehalt an Methionin durchschnittlich 3,33 g/16gN (Tab. 1) und 3,26 g/16gN (Tab. 2), der an Cystin entsprechend 1,83 g/16gN und 1,69 g/16gN. Diese Werte stimmen prinzipiell mit den Ergebnissen anderer Autoren (6, 24) überein.

Bei höherem Methionin- und Cystingehalt wurde in den Proben auch mehr Gesamtschwefel festgestellt, nämlich durchschnittlich 1,41 g/16gN und 1,48 g/16gN. Aus dem Thioaminosäuren-Gehalt wurde die Menge des Aminosäure-Schwefels zu 1,17 und 1,15 g/16gN berechnet und mit dem Gesamtstickstoff-Gehalt verglichen. Es zeigte sich, daß Milch außer Schwefelaminosäuren noch andere Schwefelverbindungen enthält. Sie machen etwa 15–20% des Gesamtschwefels aus.

Schon nach 1 Min. verringerte sich bei 75 °C der Methioningehalt durchschnittlich um 3,6%; weitere 5 bzw. 15 Min. der Erhitzung verursachten einen Methioninrückgang um 8,9% bzw. 12,8%. Geringer sind die Cystinverluste; sie betragen unter denselben Bedingungen 0,8–2,7%. Zwischen den Grenzwerten der Methionin- und Cystinabnahmen liegen die Verluste an Aminosäure-Schwefel. Sehr deutlich minderte sich der Gehalt an Gesamtschwefel; bei 75 °C/15 Min. betrugen die Verluste sogar 21%. Dieses Extrem wurde vor allem durch die Zersetzung anderer Schwefelverbindungen außerhalb des Aminosäure-Schwefels verursacht, dessen Rückgang bei nur 1,7–8,6% lag.

Es ist anzunehmen, daß die heutzutage allgemein angewandte Kurzzeiterhitzung (72–75 °C/15–16 Sek.) keine wesentlichen Veränderungen in der Struktur der Milchproteine verursacht, denn andernfalls käme es zu Verlusten an essentiellen Aminosäuren. Eine Bestätigung dieser These ist übrigens in BIRXBY'S (5) und KON'AS (13) Fütterungsversuchen sowie in den Ergebnissen unserer früheren Untersuchungen (12) zu finden.

Bei 90 °C wurden weitere Verluste an Methionin, Cystin und Schwefel beobachtet; nach 15 Min. der Erhitzung betrugen sie 19%, 6,5% und 26,6% (Tab. 1). Die bemerk-

Tab. 1. Verluste an Thioamino- und Gesamtschwefel während der thermischen Milchbehandlung (Durchschnittsergebnisse)

Nr.	Probenart und thermische Behandlungsweise der Milch	Methioningehalt g/16gN	Verluste in %	Cystingehalt g/16gN	Verluste in %	Aminosäure-Schwefel Gehalt g/16gN	Gesamtschwefel- Gehalt g/16gN	Verluste in %
1.	Rohmilch	3,33	—	1,83	—	1,17	1,48	—
2.	Bei 75 °C/1 Min. erhitzt	3,21	3,6	1,82	0,8	1,15	1,27	13,9
3.	Bei 75 °C/5 Min. "	3,03	8,9	1,80	1,6	1,10	1,19	19,2
4.	Bei 75 °C/15 Min. "	2,90	12,8	1,78	2,7	1,07	1,17	21,0
5.	Bei 90 °C/1 Min. "	2,86	14,0	1,75	4,5	1,06	1,13	23,6
6.	Bei 90 °C/5 Min. "	2,77	16,8	1,72	5,8	1,03	1,10	25,6
7.	Bei 90 °C/15 Min. "	2,69	19,0	1,71	6,5	1,01	1,08	26,6
8.	Bei 105 °C/1 Min. "	2,60	21,7	1,69	7,6	0,99	1,06	28,2
9.	Bei 105 °C/5 Min. "	2,45	26,3	1,67	8,9	0,97	1,07	30,7
10.	Bei 105 °C/15 Min. "	2,28	31,4	1,64	10,2	0,91	0,97	34,3

Tab. 2. Methionin-, Cystin- und Gesamtschwefelverluste während der Herstellung von Trockenmilch (Durchschnittsergebnisse)

Nr.	Probenart und thermische Behandlungsweise der Milch	Methioningehalt g/16gN	Verluste in %	Cystingehalt g/16gN	Verluste in %	Aminosäure-Schwefel- Gehalt g/16gN	Gesamtschwefel- Gehalt g/16gN	Verluste in %
1.	Rohmilch	3,26	—	1,69	—	1,15	1,41	—
2.	Bei 92 °C/15 Sek. erhitzte Milch	3,00	7,9	1,64	2,9	1,08	1,37	2,6
3.	Eingedickte Milch 39 % Ts.	2,64	19,1	1,48	12,6	0,95	1,07	24,2
4.	Trockenmilch 96 % Ts.	2,21	32,3	1,35	20,0	0,83	0,87	38,1

kenswerten geringeren Cystinverluste verlaufen fast proportional zur Erhitzungsdauer der Milchproben sowohl bei 75 als auch 90 °C.

Vergleicht man die Verlustzahlen von Aminosäure und Gesamtschwefel, so ist bei 75 °C ein deutlicher Einfluß der Dauer der Milcherhitzung auf den Grad der Inaktivierung von Methionin als bei 90 °C erkennbar. Also verursacht allein der Temperaturanstieg (z. B. bis 90 °C) höhere Methionin- und Cystinverluste als eine längere Erhitzungsdauer bei niedrigeren Temperaturen.

Nach ZAŁĘSKI (25) sind 85 °C als Grenze zu betrachten; darunter sind noch keine Veränderungen der biologischen Wertigkeit der Proteine deutlich zu erkennen. Bei über 90 °C nehmen dagegen die Aminogruppen zu, die sehr leicht mit Laktose reagieren. Solche Reaktionen beeinflussen nach KON, der FORD (10) zitiert, die Methionin- und Isoleucinabnahme im Protein, welches höheren Temperaturen ausgesetzt ist.

Die Schwefelverluste bei 90 °C/1–5–15 Min.) sind fast dem Methioninrückgang proportional und sind im geringeren Maße von Cystinverminderungen abhängig. Flüchtige Schwefelverbindungen müßten also während der Milcherhitzung vor allem aus Methionin entstehen.

Bei 105 °C waren die Aminosäuren- und Schwefelverluste noch höher. Sie betrugen für Methionin 31,4%, Cystin 10,2% und für Gesamtschwefel 34,3%. Demzufolge ist die Zersetzung der Thioaminosäuren weiter fortgeschritten und der Nährwert der Proteine hat sich noch beträchtlicher vermindert. Der negative Einfluß der längeren Erhitzungsdauer auf die Verluste von Thioaminosäuren ist in dieser Versuchsphase besonders deutlich.

Unsere Ergebnisse bestätigen die Resultate anderer Autoren. Den Nährwert von sterilisierter Milch bestimmend, stellte HUDSON einen deutlichen Verlust an Thioaminosäuren fest, was die Wachstumsrate bei Fütterungsversuchen um etwa 10% der Protein-Efficiency minderte. Übrigens haben unsere früheren Untersuchungen ergeben, daß die Sterilisation von eingedickter Milch 21,5% Lysin zerstört. Einen ähnlich verminderten Nährwert der Proteine, hauptsächlich verursacht durch die Inaktivierung der essentiellen Aminosäuren, stellte SZCZYGIEL (21) in abgekochter Milch fest.

Tab. 2 enthält die Ergebnisse, die während der Trockenmilchherstellung ermittelt wurden. Die zur Verarbeitung bestimmte Rohmilch enthielt durchschnittlich 2,26 g/16gN Methionin, 1,65 g/16gN Cystin sowie 1,41 g/16gN Gesamtschwefel. Schon während der Erhitzung (92 °C 15 Sek.) minderte sich der Gehalt an Methionin um 7,9%, an Cystin um 2,9% und an Gesamtschwefel um 2,6%.

Diese Werte liegen bedeutend unter jenen, die bei 90 °C/1 Min. erhalten wurden. Das Wesentliche daran ist die kurzfristige Einwirkung der hohen Temperatur auf die Milch. Überdies wurde die Milch in einem geschlossenen System, also ohne Luftzufuhr erhitzt, was die Oxydationsmöglichkeiten der Thioaminosäuren zu flüchtigen Verbindungen bedeutend verminderte.

Bei 55–60 °C verlor eingedickte Milch 19,1% Methionin, 12,6% Cystin und 24,2% Gesamtschwefel. In dieser Produktionsphase sind wohl die Verluste nicht nur auf die zersetzende Temperatureinwirkung zurückzuführen. Negativ wirken sich gewiß auch die größere Konzentration der Trockensubstanz und die höhere Azidität dieser Milch aus.

Nach früher durchgeführten Untersuchungen (12) wird Lysin während der Milcheindickung um etwa 9,3% inaktiviert. Von ähnlichen Aminosäureverlusten während der Milcheindickung berichten in ihren Arbeiten MAURON (14) und ZAŁĘSKI (25) und begründen damit die allgemeine Minderung der biologischen Wertigkeit der Proteine in eingedickter Milch.

Die höchsten Abnahmen der uns interessierenden Bestandteile wurden während des Trocknungsvorgangs notiert. Die entsprechenden Werte betragen für Methionin 32,3%, Cystin 20,0% und für Gesamtschwefel 38,1%. Die Ursache hierfür liegt wahrscheinlich bei der Temperatur, die in dieser Produktionsphase extrem hoch ist. Das Trocknen selbst verläuft zwar bei 80 °C, aber die Eingangstemperatur der Luft beträgt 160 °C. Wahrscheinlich sind also die großen Mengen der in den Zerstäubungssturm eingeführten heißen Luft nicht einflußlos.

Das fertige Produkt enthielt also wegen der hohen Verluste verminderte Aminosäuremengen, die doch die biologische Wertigkeit und den Nährwert der Trockenmilch bestimmen. Ähnlich niedrige Methioninmengen (2,0–2,2 g/16gN) ermittelte RAFALSKI (18,19) in Trockenmilch. Auch die Ergebnisse der von SZKILLADZIOWA (22) durchgeführten Untersuchungen sprechen für einen verhältnismäßig geringen Nährwert der einheimischen Trockenmilch. In Anbetracht solcher Ergebnisse ist es zu bezweifeln, ob solch eine Trockenmilch Kindern als Nahrungsmittel dienlich sei.

Das von RAFALSKI, SALM und FIEDOROWICZ (18) für Trockenmilch errechnete NPU_m lag zwischen 53,8–81,7%. In anderen Ländern sind diese Werte höher und betragen 74–88%. Die Ursache dieses unerfreulichen Zustands liegt in der Notwendigkeit, hohe Temperaturregime anzuwenden, was die Konsequenz der minderwertigen mikrobiologischen Qualität des Rohstoffes ist. Verluste an Thioaminosäuren und Lysin wirken sich bei Trockenmilch besonders ungünstig aus, da doch gerade diese Aminosäure letzten Endes über den Nährwert des Produkts entscheiden.

Auf Grund der erzielten Ergebnisse wurden 3 verschiedenartige Indices für jedes Temperaturregime und jede Phase der Trockenmilchherstellung errechnet. Die Indices berücksichtigen die gegenseitige Abhängigkeit der für die Ernährung wesentlichen Bestandteile. Der Gehaltsminderung an Thioaminosäuren entsprechend, verändern sich die Zahlen der Indices, was auf ihre praktische Anwendung zur Beurteilung des

Tab. 3. Vergleich der chemischen Indices der Qualität und des Nährwertes der Milchproteine in Abhängigkeit von der thermischen Behandlungsweise

Nr.	Probenart und thermische Behandlungsweise der Milch	Chemische Richtwerte der Milchproteinqualität		
		$\frac{\text{Met}}{\text{N}} \times 500$	$\frac{\text{S}}{\text{N}} \times 1000$	$\frac{\text{Sam}}{\text{N}} \times 1000$
1.	Rohmilch	104,0	92,5	73,1
2.	Bei 75 °C/1 Min. erhitzte Milch	103,3	79,4	71,9
3.	Bei 75 °C/5 Min. „ „	94,7	74,4	68,7
4.	Bei 75 °C/15 Min. „ „	90,6	73,1	66,9
5.	Bei 90 °C/1 Min. „ „	89,3	70,6	66,2
6.	Bei 90 °C/5 Min. „ „	88,5	68,7	64,4
7.	Bei 90 °C/15 Min. „ „	84,0	67,5	63,1
8.	Bei 105 °C/1 Min. „ „	81,2	66,2	61,9
9.	Bei 105 °C/5 Min. „ „	76,5	63,7	60,6
10.	Bei 105 °C/15 Min. „ „	71,2	60,6	56,9
11.	Rohmilch	102,0	88,1	71,9
12.	Bei 92 °C/15 Sek. erhitzte Milch	93,7	87,0	67,5
13.	Eingedickte Milch 42–44% Ts. (Temp. 55–60 °C)	82,5	66,9	59,4
14.	Trockenmilch 96% Ts.	69,1	54,4	51,9

Nährwertes der Milchproteine und der in ihrem Bereich vorgehenden Veränderungen schließen läßt. Wenn wir die Daten der Tab. 3 vergleichen, kommen wir zum Schluß, daß der Index $\frac{\text{Met}}{\text{N}} \times 500$ der brauchbarste von allen ist, da er die Abhängigkeit der essentiellen Aminosäuren berücksichtigt. Das hohe Verhältnis von Methionin zu Gesamtstickstoff in der Rohmilch zeigt, daß das Protein eine ausreichende Menge dieser Aminosäure enthält. Mit der stufenweisen Erhitzung mindert sich der Index deutlich, und in extremen Fällen (69, 1) weist er sogar auf eine ungenügende Methioninmenge in der Diät hin.

Der Index, der die Abhängigkeit von Gesamtschwefel zu Gesamtstickstoff berücksichtigt ($\frac{\text{S}}{\text{N}} \times 1000$) ist nach unseren Beobachtungen bei der Beurteilung des Wertes der auf verschiedene Weise erhitzten Proteine weniger brauchbar. Reproduzierbare Ergebnisse sind nicht zu erhalten. Dies wurde während der Milcherhitzung in geschlossenen und offenen Gefäßen, aus denen flüchtige Verbindungen leichter entkommen, festgestellt. Mit der Stufenweisen Temperaturerhöhung und der Ausdehnung der Erhitzungsdauer mindert sich auch dieser Index.

Regelmäßiger ist in dieser Hinsicht der letzte Index ($\frac{\text{Sam}}{\text{N}} \times 1000$), der die Abhängigkeit zwischen der Menge des Aminosäure-Schwefels und dem Gesamtstickstoff in der Diät berücksichtigt. Daher ist er bei der Beurteilung des Nährwertes der Milchproteine und der Diät überhaupt brauchbarer.

Die angeführten Indices bestätigen, daß die thermische Behandlung der Milch die Inaktivierung einzelner Thioaminosäuren wesentlich differenziert, demzufolge sich auch die gegenseitigen Proportionen anderer Nahrungskomponenten ändern. Folgerichtig spiegeln sich diese Veränderungen im Nährwert wider. Zugleich warnen die Ergebnisse dieser Arbeit vor extremen Temperaturen bei der Milcherhitzung. Bei dieser Gelegenheit sei noch an den Verlust an Vitaminen erinnert, die doch in der Ernährung eine ebenso wichtige Rolle spielten wie die essentiellen Aminosäuren.

Zusammenfassung

Die im Schrifttum angeführten Ergebnisse über die Beurteilung des Nährwertes der Milchproteine weisen darauf hin, daß mit der stufenweisen Vergrößerung des Temperaturregimes wesentliche Veränderungen im Bereich biologisch aktiver Verbindungen eintreten. In dieser Arbeit wurde der Einfluß einer verschiedenartigen Milcherhitzung (75–90–105 °C/1–5–15 Min.) auf die Verluste an Thioaminosäuren und Gesamtschwefel untersucht. Im Zusammenhang damit wurden auch die Veränderungen von 3 verschiedenen chemischen Indices zur Beurteilung des Nährwertes der Milchproteine verfolgt. Überdies wurden die Veränderungen der Thioaminosäuren und der chemischen Indices während der Herstellung von Trockenmilch untersucht.

Es wurde nachgewiesen, daß mit der stufenweisen Vergrößerung der Temperatur und der Erhitzungsdauer die Verluste an Aminosäuren sowie Gesamtschwefel rapide anwachsen. In extremen Fällen (105 °C/15 Min.) betragen die Verluste für Methionin 31,4%, Cystin 10,2% und für Gesamtschwefel 34,3%. Sehr schnell mindern sich auch einzelne Indices, z. B. $\frac{\text{Met}}{\text{N}}$

$\times 500$ von 104 auf 71,2; $\frac{\text{S}}{\text{N}} \times 1000$ von 92,5 auf 60,6; $\frac{\text{Sam}}{\text{N}} \times 1000$ von 73,1 auf 58,9.

Beträchtliche Verluste erlitten auch Methionin (32,3%), Cystin (20%) und Gesamtschwefel (38,1%) während der Herstellung von Trockenmilch. Die chemischen Indices minderten

sich wie folgt: $\frac{\text{Met}}{\text{N}} \times 500$ auf 69,1; $\frac{\text{S}}{\text{N}} \times 1000$ auf 54,4 und $\frac{\text{Sam}}{\text{N}} \times 1000$ auf 51,9. Die erzielten Ergebnisse bestätigen, daß während der Milcherhitzung und während der Herstellung von Trockenmilch eine differenzierte Zersetzung der Thioaminosäuren und die Minderung des Nährwertes der Milchproteine einsetzten. Folgerichtig hat dies eine wesentliche Bedeutung für die Ernährung der Menschen, vor allem aber der Kinder.

Literatur

1. ALEXANDER, P., J. R. BLOCK, Analytical Methods of Protein Chemistry (New York 1960). —
2. ANSON, M. L., Adv. Protein Chem. **2**, 361, (1945). — BALTES, J., Fette, Seifen, Anstrichmittel **69**, 512, (1967). — 4. BENDER, A. E., Publication 843, 407 (Washington, D. C. 1961). —
5. BIXBY, J. N., J. Agr. Food Chem. **2**, 978, (1954). — 6. BLOCK, J. R., The Amino Acid-Composition of Protein and Food (1951). — 7. BUDSLAWSKI, J., Chemia i analiza mleka oraz jego przetwórow (Warszawa 1963). — 8. DAMICZ, W., Przemysł Spożywczy, **16**, 445, (1962). —
9. DAMICZ, W., Zeszyty Naukowe (Olsztyn) **18**, 237, (1964). — 10. FORD, J. E., Brit. J. Nutrit. **16**, 409, (1962). — 11. JAGENBURG, R. O., Ann. Bull. IDF, Bruxelles **2**, 115, (1962). — 12. KISZA, J., A. SOBINA, Z. ŻBIKOWSKI, XVII Intern. Dairy Congress, München, E/F, 85, (1966). — 13. KON, S. K., An. Bull. IDF, Bruxelles **2**, 131, (1962). 14. — MAURON, J., F. MOTTU, E. BUJAREL, R. H. EGLI, Arch. Biochem. Biophys., **59**, 433, (1955). — 15. MILLER, E. L., K. J., CARPENTER, Brit. J. Nutrit., **19**, 249, (1965). — 16. MILLER, D. S., G. DONOSO, J. Sci Food Agricult. **14**, 345, (1963). — 17. RAFALSKI, H., Prace i materiały naukowe IDM. **5**, 193, (1965). — 18. RAFALSKI, H., J. SALM, Z. FIEDOROWICZ-BALD, Przem. Spoż., **21**, 10, (1967). — 19. RAFALSKI, H., W. PONOMARENKO, E. NOGAL, Roczniki PZH, **19**, 619, (1968). —
20. SOWA, T., Przem. Spoż., **22**, 27, (1968). — 21. SZCZYGIEL., Podstawy fizjologii żywienia (Warszawa 1956). — 22. SZKILLĄDZIOWA W., H. KUCHANOWICZ, M. RAKOWSKA, Przem. Spoż., **20**, 9, (1966). — 23. ŚWIATEK, A., S. POZNANSKI, XV Intern. Dairy Congress, London, **3**, 1487, (1958). — 24. WÓJCIĄK, A., Wydawnictwo Specjalne wsr (Olsztyn 1964). — 25. ZALESKI, J., Przemysł Spożywczy a wyżywienie ludności Wyd. NOT, 110, (1961).

Anschrift der Verfasser:

Doz. Dr. habil. JAN KISZA et al. Institut für Milchwirtschaftl. Technologie
der Landwirtschaftl. Hochschule Olsztyn (Polen)