

gen wie sie im Käse vorkommen, wird L-Lactat deutlich schneller fermentiert als D-Lactat, was mit der stärkeren Hemmung der D-Lactatdehydrogenase durch Pyruvat erklärt wird (Girard 1992; Crow 1986b). Essig- und Propionsäure führen zu einer zunehmenden Hemmung der Propionsäurebakterien (Nanaba *et al.* 1983).

Verschiedene Mengen CO₂ aus gleich viel Milchsäure

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass aufgrund dieser verschiedenen Möglichkeiten, über die Propionsäurebakterien verfügen um die Milchsäure zu vergären, keine direkte, allgemein gültige Abhängigkeit zwischen der Gasbildung und dem Milchsäure- oder Propionsäuregehalt im Käse besteht. Die CO₂-Bildung hängt sehr stark davon ab, ob Succinat über den Weg (B) oder (C) gebildet wird. Auch ist mit grösseren Unterschieden innerhalb eines Laibes zu rechnen (Girard und Boyaval 1994). Da Aspartat (Aspariginsäure) und Asparigin Aminosäuren sind (Abb. 2), hängt der Anteil der Succinatbildung über den Weg (C) auch davon ab, wieviel Aspartat durch die Proteolyse freigesetzt wird. Eine starke Proteolyse korreliert mit einer geringeren Haltbarkeit (Ginzinger *et al.* 1992).

Neue Propionsäurebakterien-Kulturen

An der FAM wurden mit Propionsäurebakterien-Stämmen, die aus Halbhartkäse isoliert wurden, Kulturen für den Emmentaler-Käse entwickelt (Bachmann und Isolini 1995). Diese Kulturen ermöglichten bei der Bekämpfung der Nachgärung im Emmentaler-Käse einen eigentlichen Durchbruch, befindet sich doch der Anteil an Emmentaler Käse mit ungenügender Lagerfähigkeit aktuell auf einem historisch tiefen Niveau.

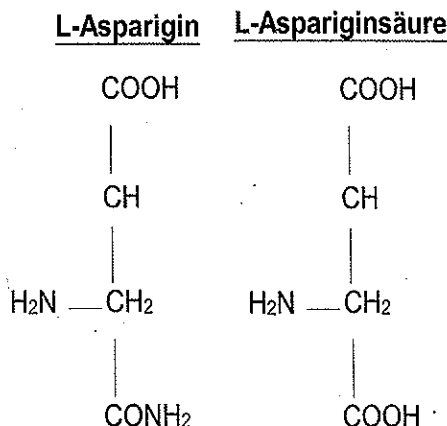


Abb. 2. Chemische Formeln von Asparigin und Aspariginsäure (= Aspartat).

Tab. 2. Zusammensetzung der drei und sechs Monate alten Emmentaler-Käsen

Prüfmerkmal	Gehalt in Käsen 3 Monate (Mittelwert ± s) Standard-P-Kultur (N=20)		Gehalt in Käsen 6 Monate (Mittelwert ± s) Standard-P-Kultur (N=20)	
		Prop. 96 (N=10)		Prop.96 (N=10)
Aspartat [mg/kg]	40 ± 98	174 ± 138	48 ± 101	377 ± 145
Asparigin [mg/kg]	167 ± 275	317 ± 197	0 ± 0	295 ± 114
Summe Aspartat + Asparigin [mg/kg]	208 ± 369	491 ± 303	48 ± 101	673 ± 115
Milchsäure [mmol/kg]	52,8 ± 15,4	62,6 ± 10,6	32,6 ± 17,6	57,4 ± 11,1
Propionsäure [mmol/kg]	60,1 ± 10,1	55,4 ± 5,6	75,0 ± 10,9	60,1 ± 4,6
Essigsäure [mmol/kg]	48,8 ± 5,1	45,8 ± 2,2	56,5 ± 5,3	48,4 ± 1,4
Quotient Propion-/Essigsäure	1,22 ± 0,10	1,21 ± 0,08	1,32 ± 0,10	1,24 ± 0,07
Succinat [mmol/kg]	9,5 ± 1,6	3,6 ± 0,6	12,2 ± 1,7	3,9 ± 0,6
Lagerfähigkeit (3 = gut, 1 = ungenügend)	2,3 ± 0,7	2,9 ± 0,1	1,9 ± 0,7	2,9 ± 0,2

Mit einer statistischen Auswertung von Daten aus einer Erhebung des Reifungsverlaufes von Emmentaler-Käsen aus 30 verschiedenen Käsereien ist es gelungen zu dokumentieren, dass die gute Lagerfähigkeit mit dem Aspartat-Metabolismus in Zusammenhang steht. Bei diesem Versuch verwendeten 20 Käsereien die frühere Propionsäurebakterien-Kultur (Standard-

P-Kultur), die sich heute nicht mehr im Versandangebot befindet und zehn Käsereien setzten die neue Kultur (Prop.96) ein.

Vergärung von Aspartat vermindert Lagerfähigkeit

Die Mittelwerte und Standardabweichungen bei den relevanten Prüfmerkmalen

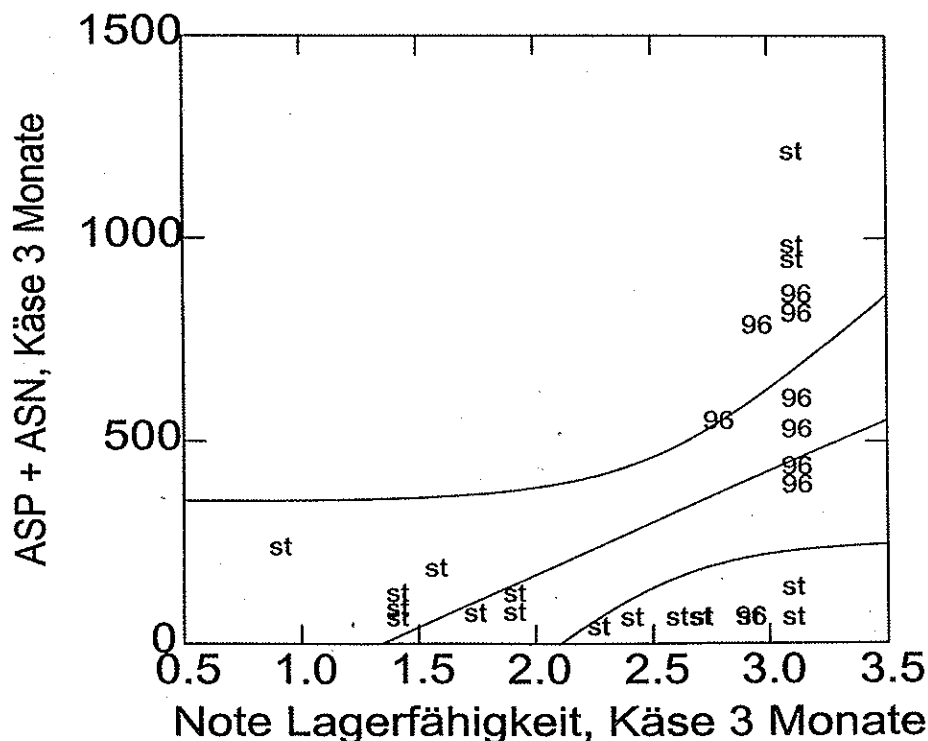


Abb. 3. Note Lagerfähigkeit [3 = gut, 2 = fraglich, 1 = ungenügend] und Summe Asparigin (ASN) + Aspariginsäure (ASP) [mg/kg] in den drei Monate alten Käsen (Regressionsgerade mit 95 % Vertrauensintervall), St = Käse mit Standard-P-Kultur (frühere Kultur), 96 = Käse mit Prop. 96 (neue Kultur).

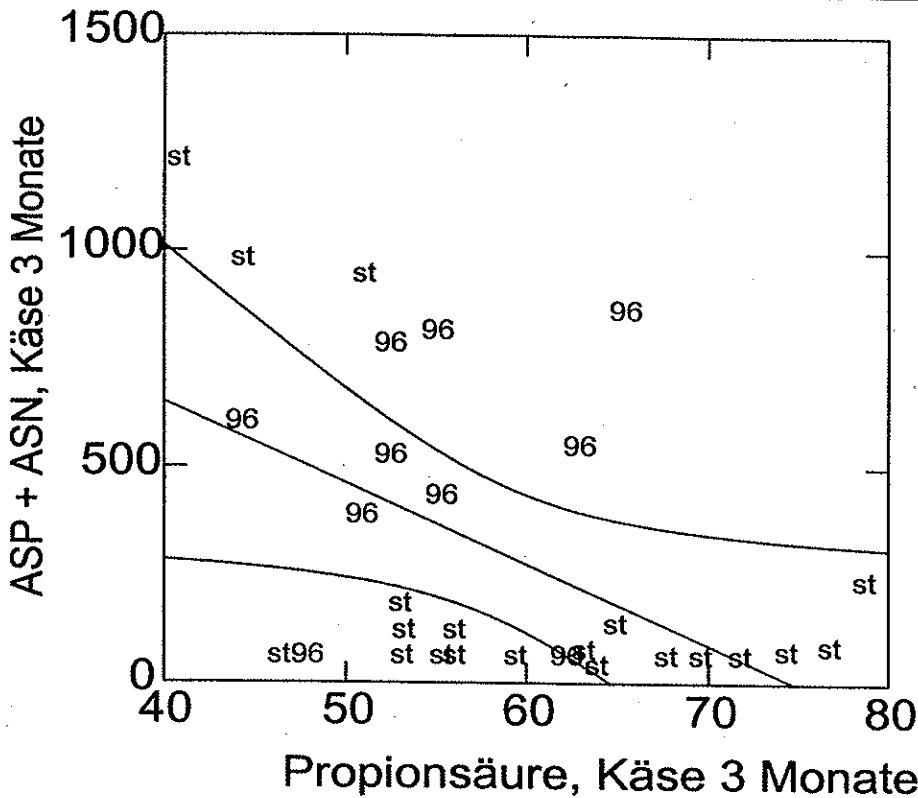


Abb. 4. Propionsäure [mmol/kg] und Summe Asparigin (ASN) + Aspariginsäure (ASP) [mg/kg] in den drei Monate alten Käsen (Regressionsgerade mit 95 % Vertrauensintervall), St = Käse mit Standard-P-Kultur (frühere Kultur), 96 = Käse mit Prop. 96 (neue Kultur).

sind in Tabelle 2 dokumentiert. Auffallend sind die grossen Unterschiede bei den beiden Propionsäurebakterien-Kulturen. Bei den Käsen mit der neuen Kultur sind die Gehalte an Aspartat und Asparigin

höher und beim Succinat tiefer. Auch wurde zwischen drei und sechs Monaten im Durchschnitt viermal weniger Milchsäure abgebaut, was sich entsprechend bei der Lagerfähigkeit niederschlug.

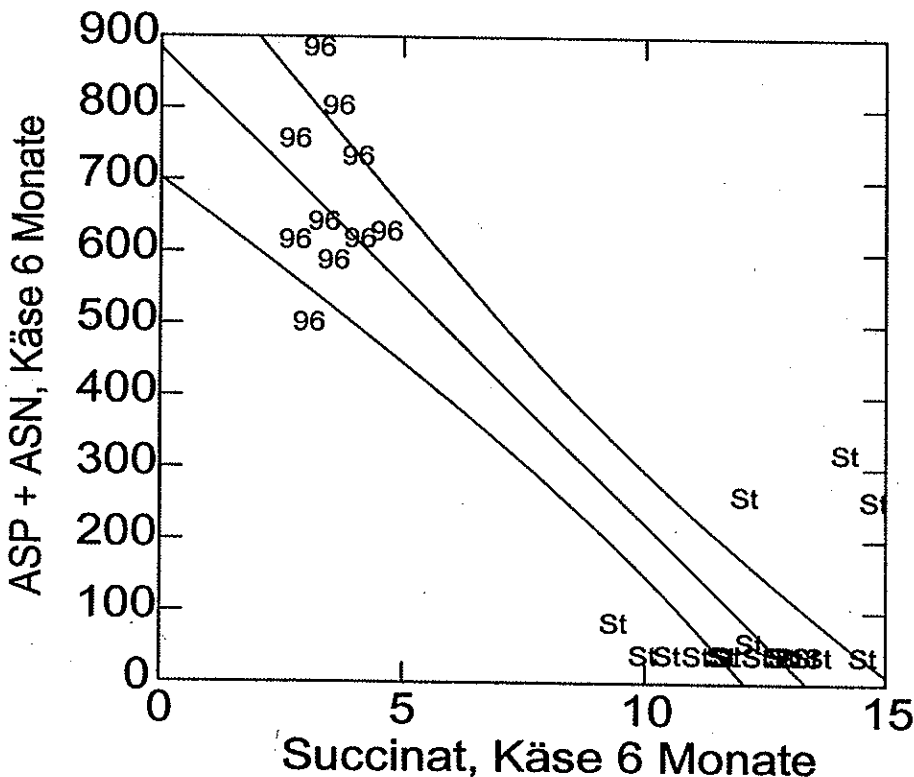


Abb. 5. Succinat [mmol/kg] und Summe Asparigin (ASN) + Aspariginsäure (ASP) [mg/kg] in den sechs Monate alten Käsen (Regressionsgerade mit 95 % Vertrauensintervall), St = Käse mit Standard-P-Kultur (frühere Kultur), 96 = Käse mit Prop. 96 (neue Kultur).

Von den 20 Käsen, bei denen die frühere Kultur (Standard-P-Kultur) eingesetzt wurde, wiesen nach drei Monaten nur noch sechs Laibe eine gute Lagerfähigkeit auf (Abb. 3). Unter diesen Käsen befanden sich auch alle drei Käse, die noch grössere Mengen Aspartat und Asparigin aufwiesen. In allen Käsen mit der neuen Kultur (Prop.96) wurde das Aspartat nicht oder nur unwesentlich abgebaut. Sie überzeugten allesamt mit einer guten Lagerfähigkeit. Die Vergärung von Aspartat wirkt sich demnach eindeutig negativ auf die Lagerfähigkeit der Käse aus.

Von den drei Käsen, bei denen die Standard-P-Kultur eingesetzt wurde und die nach drei Monaten noch deutliche Mengen Aspartat und Asparigin aufwiesen und man als gut lagerfähig beurteilte, war nach sechs Monaten nur noch ein Laib gut lagerfähig. Die anderen zwei zeigten eine deutliche Nachgärung. Dies bedeutet, dass aufgrund der Bestimmung von Aspartat und Asparigin im drei Monate alten Käse keine sichere Aussage über die Lagerfähigkeit möglich ist.

Gekoppelte Stoffwechselwege

Der Aspartat-Metabolismus (Stoffwechselweg C) verläuft jedoch nicht unabhängig von der klassischen Propionsäuregärung (Stoffwechselweg A). Bei den Käsen mit der früheren Kultur kann klar festgestellt werden, dass die beiden Stoffwechselwege voneinander abhängen, da es eine enge Korrelation zwischen der Propionsäure und der Summe Aspartat + Asparigin gibt (Abb. 4), obschon bei der Desaminierung der Letzteren keine Propionsäure entsteht. Diese Feststellung gilt für die Käse mit der neuen Kultur nicht, offensichtlich weil der Stoffwechselweg C entweder gar nicht oder nur sehr marginal existiert, wie der Gehalt an Succinat (Abb. 5) unterstreicht. Es ist demnach nicht nur das CO₂, das beim Aspartat-Metabolismus entsteht, welches sich negativ auf die Lagerfähigkeit auswirkt, sondern auch das zusätzliche CO₂, das bei der klassischen Propionsäuregärung entsteht. Die Auswirkungen auf die Käsequalität sind augenfällig: höhere Laibe, gezogene (ovale) Löcher, Gläsbildung (Abb. 6).

Veränderungen im Kultursortiment der FAM

Die umfangreichen Entwicklungsarbeiten der FAM in den letzten Jahren im Bereich

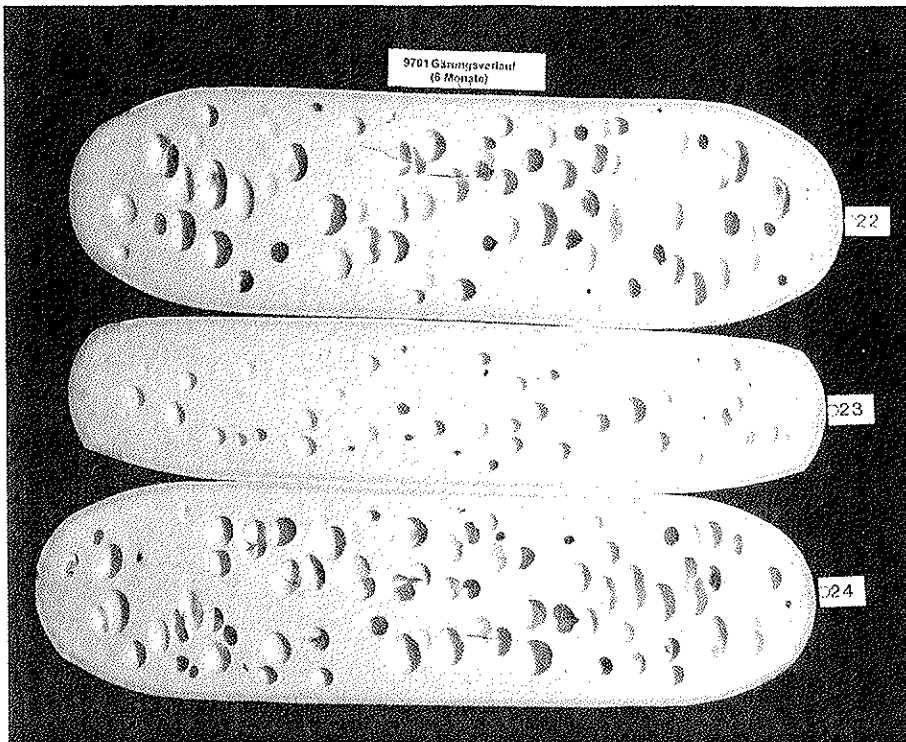


Abb. 6. Schnittbild von sechs Monate alten Emmentaler-Käsen. 22, 24: Käse mit Standard-P-Kultur (frühere Kultur), 23: Käse mit Prop.96 (neue Kultur).

der Propionsäurebakterien haben vor allem bezüglich dem verlängerten Ausreifen der Emmentaler-Käse zu grossen Fortschritten geführt. Die Emmentaler-Käser können seit Ende Oktober letzten Jahres aus drei verschiedenen Propionsäurebakterien-Kulturen auswählen:

- Prop.96: Kultur mit zwei Wild-Stämmen
- Prop.97: Kultur mit drei Wild-Stämmen
- Prop.01: Kultur mit vier Subklonen aus der früheren Standard-P-Kultur

Bei der Wahl sind dabei das angestrebte Format der Käse und die voraussichtliche Reifedauer zu berücksichtigen.

An der FAM wird zurzeit abgeklärt, ob eine Bestimmung der Aspartase-Aktivität in Propionsäurebakterien-Kulturen eine Aussage über den Aspartat-Metabolismus erlaubt.

DANK

Allen Personen, die zum Gelingen dieses Versuches beigetragen haben, sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Ein spezieller Dank gebührt:

- Heinz Sollberger für die Versuchleitung,
- den Prüfstellen der FAM für die sorgfältige Analytik sowie
- der Schweizerischen Käseunion AG für die finanzielle Beteiligung.

LITERATUR

Bachmann H.P. und Isolini D., 1995. Propionsäurebakterienkultur mit natürlichen Wild-Stämmen. *Agrarforschung* 2 (10), 443 - 445.

Crow V.L., 1986a. Metabolism of aspartate by *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*: effect on lactate fermentation. *Appl. Env. Microb.*, 52 (2), 359 - 365.

Crow V.L., 1986b. Utilization of Lactate isomers by *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*: regulatory role for intracellular pyruvate. *Appl. Env. Microb.*, 52 (2), 352 - 358.

Crow V.L., 1987. Citrate cycle intermediates in the metabolism of aspartate by *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*. *Appl. Env. Microb.*, 53 (10), 2600 - 2602.

Crow V.L., Martley F.G. and Delacroix A., 1988. Isolation and properties of aspartase-deficient variants of *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* and their use in the manufacture of Swiss-type cheese. *N.Z.J. Dairy Sci.* 23, 75 - 85.

Crow V.L. and Turner K.W., 1986. The effect of succinate production on other fermentation products in Swiss-type cheese. *N.Z.J. Dairy Sci.* 21, 217 - 227.

Fessler D., 1997. Characterisation of propionibacteria in Swiss raw milk by biochemical and molecular-biological methods. Diss.ETH No.12328, ETH Zürich.

Ginzinger W., Osl F., Tschager E. und Zangerl P., 1992. Über die Haltbarkeit von Emmentaler. *Milchwirt.Berichte* 121, 131-133.

Girard F. and Boyaval P., 1994. Carbon dioxide measurement in Swiss-type cheeses by coupling extraction and gas chromatography. *Lait* 74, 389-398.

Girard F., 1992. Synthèse bibliographique - le métabolisme du gaz carbonique chez les propionibacteries. *Inst. Technique du Gruyère* 9, 1 - 31.

Jager H. und Tschager E., 1983. Die Bestimmung organischer Säuren im Käse mit der HPLC. *Milchwirt.Berichte* 75, 105 - 108.

Langsrud T. and Reinbold G.W., 1973. Flavor development and microbiology of Swiss cheese - a review. *J. Milk Food Technol.* 36, 593 - 609.

Nanaba A., Nukada R. and Nagai S., 1983. Inhibition by acetic and propionic acid of the growth of *Propionibacterium shermanii*. *J. Ferm. Technol.* 61, 551 - 556.

Richoux R. and Kerjean J.R., 1995. Technological properties of pure propionibacteria strains: test in small scale Swiss-type cheese. *Lait* 75, 45 - 59.

Sebastiani H. und Tschager E., 1993. Succinatbildung durch Propionsäurebakterien - Eine Ursache der Nachgärung von Emmentaler? *dmz Lebensmittelind. Milchwirt.* 114 (4), 76 - 80.

RÉSUMÉ

La fermentation de l'aspartate par les bactéries propioniques augmente le risque d'une fermentation secondaire dans l'Emmental

Lors d'une évaluation statistique de données obtenues à partir d'Emmental provenant de 30 fromageries, il a été possible de montrer que le succinate formé à base de l'aspartate lors de la désamination par les bactéries propioniques (métabolisme de l'aspartate) augmente le risque d'une fermentation secondaire dans l'Emmental. Le gaz carbonique provenant du métabolisme de l'aspartate et de la fermentation propionique, favorisé par le métabolisme de l'aspartate, a un effet négatif sur la conservabilité de l'Emmental. Par conséquent, les influences sur la qualité de l'Emmental sont les suivantes: des meules plus hautes, une ouverture ovale et la formation de becs.

SUMMARY

Fermentation of aspartate by propionibacteria increases the risk of second fermentation in Swiss-type cheese

The statistical evaluation of data collected from 30 commercial Emmental cheeses showed, that the deamination of aspartate to succinate by propionibacteria (aspartate metabolism) increases the risk of late fermentation in Swiss-type cheeses. It is not only the additional carbon dioxide which is released during aspartate metabolism which reduces the potential time of storage, but it is also the carbon dioxide from the classical propionic acid fermentation, which is intensified by aspartate metabolism. The consequences for the cheese quality are: higher loaves, oval eyes and splits.

KEY WORDS: aspartate, propionibacteria, Swiss-type cheese, succinate, late fermentation