

Buttersäuregärung im Käse: eine Literaturzusammenfassung

Hans-Peter BACHMANN, Eidgenössische Forschungsanstalt für Milchwirtschaft (FAM),
CH-3097 Liebefeld

Während der letzten drei Winter mussten im Vergleich zu früheren Jahren vermehrt Käse mit Buttersäuregärung festgestellt werden. Im Unterschied zu früheren Beobachtungen trat dabei oftmals eine eher schwache Art der Buttersäuregärung auf: entweder blähten die Käse nur sporadisch oder die Buttersäuregärung war degustativ nur schwach erkennbar. Von der Zunahme der Fälle von Buttersäuregärung sind Käsereien in der ganzen Schweiz, auch gut fabrizierende Betriebe, betroffen.

Die vorliegende Arbeit ist Teil der Vorabklärungen für das Projekt «Buttersäuregärung Rohmilchkäse» des Arbeitsprogrammes 1996 bis 1999 der FAM, bei dem gesicherte Kenntnisse über die wichtigsten Faktoren, die das Auskeimen und Wachstum der Buttersäurebazillen-Sporen im Käse beeinflussen können, erarbeitet werden sollen.

Buttersäuregärung führt zu Spätblähung der Käse

Sind *Clostridium tyrobutyricum*-Sporen in der Käsemasse enthalten, so können diese während den ersten Wochen der Reifung auskeimen und sich in der Folge zu hohen Zahlen vermehren. Die im Käse vorhandene Milchsäure wird dabei zu Buttersäure, Kohlendioxid und Wasserstoff vergoren. Durch die Gasbildung kommt es zu Blähungserscheinungen im Käse, auch Spätblähung genannt. Die Buttersäure bewirkt deutliche Geruchs- und Geschmacksfehler (Zangerl 1989). Je nach Käsesorte genügen fünf bis einige hundert Clostridien sporen pro Liter Kessmilch, um eine Buttersäuregärung im Käse auszulösen (Zangerl 1989; Anon. 1987). Chamba (1984) fand eine deutliche Korrelation zwischen dem Clostridiengehalt in der Milch und der Buttersäurekonzentration im Käse.

Verantwortliche Keime

Lange Zeit bestand erhebliche Konfusion darüber, welche Clostridien-Arten zu einer Buttersäuregärung führen können. Die Konfusion entstand durch Unklarheiten bei der Systematik und verunmöglicht zum Teil die Interpretation von Arbeiten, die längere Zeit zurückliegen. Korhonen

et al. (1977) vermuteten, dass in Hartkäsen zwischen dem Wachstum der saccharolytischen und proteolytischen Clostridien ein symbiotisches Verhältnis herrscht, da sie aus Käsen mit Buttersäuregärung häufig verschiedene Clostridien-Arten isolieren konnten. Dies steht in einem klaren Widerspruch zu den Arbeiten von Kutzner (1966): seine Versuche zeigten, dass nur *Cl. tyrobutyricum* in der Lage ist eine Buttersäuregärung zu bewirken. Auch die Untersuchungen von Bühler (1985) bestätigen, dass die laktatvergärende Species *Cl. tyrobutyricum* für die Spätblähung verantwortlich ist. Über 95 % der Isolate aus Käse konnten der Species *Cl. tyrobutyricum* zugeordnet werden (Bühler und Bachmann 1986). Sie bezeichneten das Auffinden anderer Species als *Cl. tyrobutyricum* in spätgeblähtem Käse als zufällig, fanden aber fast keinen Zusammenhang zwischen der Gesamtzahl an Clostridien sporen in der Milch und dem Auftreten von Spätblähung im Käse. Flüeler (1986) gelang es nicht, mit Clostridien, die aus Käsen mit einer starken Buttersäureblähung isoliert wurden, in Modellkäsen wiederum eine Spätblähung auszulösen. Im Gegensatz dazu führte die Beimpfung der Kessmilch mit einem Extrakt aus frischer Grassilage regelmässig zu Buttersäureblähung.

Gute Melkhygiene ist entscheidend

Die Kontamination der Rohmilch erfolgt nach Grubhofer (1992) überwiegend durch Silage von nicht entsprechender Qualität und durch Fäkalien von Tieren, die mit derartiger Silage gefüttert werden. Nach Bühler (1985) ist Silage zu 70 % die

Kontaminationsursache für *Clostridium tyrobutyricum*. Da es sich dabei ausschliesslich um Kontaktinfektionen handelt, ist die Stall- und Melkhygiene, vor allem die Euterreinigung, von entsprechender Bedeutung (Herlin und Christiansson 1993). Gemäss Guericke (1993) kann durch Reinigung der Euter der Sporenbesatz um den Faktor 10 gemindert werden. Die beste Wirkung bei der Zitzenreinigung kann mit einer Nassreinigung und anschliessendem Abtrocknen mit sterilem Einwegpapier erzielt werden (McKinnon *et al.* 1983). Eine Trockenreinigung mit Einwegpapier ist vor allem bei stark verschmutzten Zitzen oftmals ungenügend. Auf keinen Fall angewendet werden sollten die Nassreinigung ohne Abtrocknen und das mehrmalige Verwenden des gleichen Papier oder Tuches bei verschiedenen Kühen (Stadhouders und Jørgensen 1990). Auch Häni (1992) konnte die Effektivität des Zitzenaustauschs feststellen, fand aber auch eine leichte Zunahme des Iodgehaltes in der Milch. Bei einem grösseren aktuellen Fall von Buttersäuregärung konnte als Ursache eine Nassreinigung der Zitzen ohne nachfolgendes Abtrocknen ausgemacht werden (Amrein und Häni 1995). Der Erfolg der Zitzenreinigung steigt mit zunehmender Sauberkeit der Tiere (Stadhouders und Jørgensen 1990).

Gehalt ist abhängig vom eingesetzten Futter

Nach Colombari und Fantuzzi (1991) korreliert der Sporengehalt der Milch eng mit dem Sporengehalt des Kuhkotes. Dieser

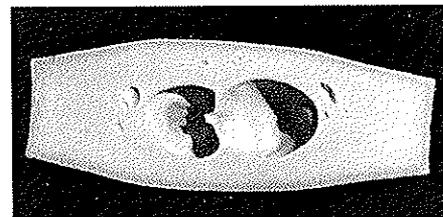


Abb. 1. Eine Spätblähung führt zu einer vollständigen Entwertung der Käse (Foto: geblähter Sbrinz Käse).

Nachweis einer Buttersäuregärung

Für den Nachweis einer Buttersäuregärung stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung (Stadhouders und Bergère 1990):

- mikrobiologischer oder immunologischer Nachweis der Sporen beziehungsweise vegetativen Zellen (Bergère und Sivelä 1990; Hüfner 1987)
- Messung des Redoxpotential im Käse. $E_h \leq 250$ mV ist ein guter Indikator, ob Buttersäuregärung eingesetzt hat (Kleter *et al.* 1984), bzw. für die Bildung von H_2 (Langeveld und Galesloot 1971).
- chemischer oder enzymatischer Nachweis der Stoffwechselprodukte: dabei ist zu beachten, dass Buttersäure auch über Fettspaltung und Eiweissabbau entstehen kann (Mayenobe *et al.* 1983)
- organoleptischer Nachweis
- Abklopfen, Röntgen, Schnittbilder

wiederum korreliert eng mit dem Sporengehalt der Silage (Guericke 1993) und ist im Vergleich um einen Faktor 3 bis 10 höher (Stadhouders und Jørgensen 1990). Bei den Silagen erweisen sich Grassilagen als besonders problematisch: grosse Verschmutzung des Grases bei der Ernte und schlechte Siliereigenschaften (ungenügender Verdichtungsgrad) führen bei den Grassilagen oftmals zu hohen Sporengehalten (Stadhouders und Spoelstra 1990; Gehriger 1988). Der Gehalt an Clostridien sporen ist im frischen Gras und im Heu unter 1'000, in guter Silage unter 10'000 und in schlechter Silage oftmals deutlich über 100'000 pro Gramm (Zangerl 1989). In gärenden, zuckerhaltigen Futtermitteln kann es ebenfalls zu einer Vermehrung anaerober Sporenbildner kommen. Weil der Sporengehalt in der Milch von der Art der Fütterung abhängt, liegen im Winter die Sporengehalte der Rohmilch höher als im Sommer (Zangerl 1989).

Unterschiede zwischen Haltungssystemen

Eine ausgedehnte fünfjährige Untersuchung bei über 600 Milchproduzenten in Italien (Bonato *et al.* 1991) zeigte, dass der Clostridien sporengehalt in der Milch am stärksten beeinflusst wird von der Silageverfütterung und der Stallhygiene. Spezielle Risikofaktoren waren: Fütterung während dem Melken, Laufställe (speziell mit Streu), Stallreinigung vor dem Melken und nasse Euterreinigung ohne Trocknen. Betriebe mit Rohmelkanlagen hatten im Vergleich mit Betrieben mit Eimermelkanlagen tiefere Sporengehalte in der Milch. Bei einer schwedischen Arbeit (Herlin und Christiansson 1993) wurden zwei Haltungssysteme für Milchkühe, nämlich Anbindestall und Boxenlaufstall, in einem Langzeitversuch (2 Jahre) vergleichend geprüft. Die Gesamtkeimzah-

len lagen bei beiden Haltungssystemen sehr niedrig. In beiden Jahren fand sich aber mehr als die doppelte Sporenzahl in der Sammelmilch der im Laufstall gehaltenen Kühen im Vergleich zu den Tieren im Anbindestall. Die Autoren erklärten diese Feststellung mit einer unterschiedlichen Euterreinigung: im Laufstall waren die Kühe und deren Euter deutlich weniger verschmutzt, was das Melkpersonal zu einer nachlässigeren Euterreinigung verleitet haben könnte. Trotzdem sollte nach Guericke (1993) alles unternommen werden, um die Tiere im Stall sauber zu halten: trockene und saubere Liegeflächen und Spaltenböden, nicht überbelegte, ausreichend belüftete Ställe, keine herumliegenden Futterreste und Scheren des Euterbereiches. Auch das Vormelken in den Vormelkbecher ist wichtig für eine sporenarme Milch (Stadhouders und Jørgensen 1990).

Weitere Kontaminationsquellen beachten

Als weitere mögliche Infektionsquellen werden genannt (Amrein und Häni 1995; Rentsch und Winkler 1995):

- schlechte Heuqualität (Silage-ähnliche Zustände);
- sporenhaltiges Wasser, verschmutztes Brunnenröge;
- schmutzige, schleimige Tränkebecken oder Futterkrippen;
- Zukauf von Kühen, die mit Silage gefüttert worden waren;
- Kreuzkontaminationen;
- morastige Laufhöfe;
- unsaubere Futtermischwagen.

Eine Kontamination ist aber auch in der Käserei möglich. Zu beachten sind: sporenfrees Wasser, bauliche Mängel und Schwachstellen bei den technischen Einrichtungen (Rentsch und Winkler 1995). In einem aktuellen Fall wird eine undichte Gleitringdichtung einer Milchpumpe als

mögliche Ursache vermutet (Amrein und Häni 1995).

Käsefabrikation beeinflusst Sporenentwicklung

Nach Grubhofer (1992) ist die Entwicklung der Clostridien von verschiedenen Faktoren abhängig:

- Zahl der Clostridien in der Käsereimilch;
- pH-Wert des Käses;
- Reifungsfaktoren (Zeit, Temperatur usw.);
- Salzgehalt;
- Stückgrösse;
- in geringem Masse auch von der Keimflora in der Milch und im Käse.

Je höher der pH-Wert, je niedriger der Salzgehalt, je höher die Reifungstemperatur und je länger die Reifungszeit, desto grösser ist die Gefahr der Auskeimung und Ausbildung einer Spätblähung. Kleter *et al.* (1982; 1984) konnten zeigen, dass im Käse nicht nur der pH-Wert eine entscheidende Grösse ist, sondern auch der Milchsäuregehalt. Es gelang ihnen, in Gouda-Käse aus mit Sporen kontaminierter Milch (10 Sporen / ml) alleine über den Milchsäuregehalt (4,5 % in wässriger Phase) und die Salzkonzentration (4,5 % in wässriger Phase) eine Buttersäuregärung zu unterdrücken, wenn auch die Käse qualitativen Anforderungen nicht zu genügen vermochten.

Verschiedene Autoren (Kleter *et al.* 1984; Galesloot 1961) weisen darauf hin, dass es sehr wichtig ist, den angestrebten Salzgehalt im Käse möglichst rasch zu erreichen. Im besonderen ist auch auf die nach dem Salzbad inhomogene Salzverteilung zu achten. Nach Grubhofer (1992) vermindert sich durch Bruchsalzen die Blähungsgefahr. Direktsalzung führt jedoch zu einer deutlichen veränderten Käsequalität (Guericke 1993). Nach Stadhouders (1990a) spielt der Salzgehalt und die Salzverteilung eine zentrale Rolle bei der Entstehung einer Buttersäuregärung. Der Autor empfiehlt einen Mindestsalzgehalt von 3 % in der wässrigen Phase. Käse mit Bruchsalzen (z.B. Cheddar) sind deutlich weniger gefährdet als Käse, die in ein Salzbad gelegt werden. Vor allem die Auskeimung der Sporen scheint abhängig vom Salzgehalt zu sein. In Käsen, die in ein Salzbad gelegt werden, kann es Monate dauern bis die Salzdifffusion abgeschlossen ist. In der Zwischenzeit haben die Sporen die Möglichkeit auszukeimen und eine Buttersäuregärung auszulösen.

Auch die Kulturenwahl kann das Auskeimen der Clostridiensporen beeinflussen (Stadhouders 1990a). Diese Feststellung ist im Zusammenhang mit dem Acetatgehalt zu sehen: Auf der eine Seite wird das Auskeimen durch Acetat stimuliert und auf der anderen Seite brauchen die vegetativen Zellen für die Verwertung von Laktat zusätzlich Acetat (Korhonen *et al.* 1977). Deshalb geht bei der Buttersäuregärung die Bildung der Buttersäure mit einer Abnahme des Essigsäuregehaltes sowie oftmals mit einer Zunahme der Propionsäuregärung einher (Kutzner 1966). Obligat homofermentative Kulturen reduzieren die Gefahr der Buttersäuregärung (Stadhouders 1990a).

Von Bedeutung ist auch die Grösse der Käseläibe: in verhältnismässig kleinen Einheiten sind die erforderlichen streng anaeroben Bedingungen nicht gegeben und die Salzdifffusion ist rascher abgeschlossen, weshalb die Gefahr einer Buttersäuregärung kleiner ist (Stadhouders 1990a).

Niedrige Reifungstemperaturen zur Verhinderung der Spätblähung sind nach Guericke (1993) nicht praktikabel, weil die langsamere Käsereifung entweder zu Qualitätseinbussen oder zu Kostenzunahmen führt. Um die Auskeimung zu unterdrücken, müsste die Reifungstemperatur unterhalb von 9°C liegen. Auch eine mehrwöchige Vorlagerung nach dem Salzbad bei 7°C wird vorgeschlagen, um eine Salzdifffusion zu erreichen, ohne dass dabei die Clostridiensporen auskeimen können (Stadhouders 1990a).

Sporenreduktion durch physikalische Behandlung

Baktofugierung: Die Zentrifugalentkeimung beziehungsweise Baktofugierung (Baktofuge ist ein eingetragenes Markenzeichen der Firma Alfa-Laval) von Milch, besonders von Silomilch, für die Käseherstellung ist heute vor allem im Ausland in sehr hohem Ausmass eingesetzt und als integrierter Bestandteil der Milchbehandlung zu sehen (Zettler 1991; Waes und Van Heddeghem 1990). Laut Firmenangaben können in bezug auf Gesamtkeimzahl ca. 85 bis 86 % beziehungsweise bezogen auf anaerobe Sporen 97 bis 98 % Keimreduktion erreicht werden. Die nicht vollständige Entkeimung unterstreicht einerseits die Bedeutung der Ausgangskeimzahl und führt andererseits vielfach zu keiner ausreichenden Produktionssicherheit (Zangerl 1993), so dass dennoch mit

Zusätzen gearbeitet werden muss (Langeveld 1971). Das anfallende Baktofugat kann nach einer UHT-Erhitzung der entkeimten Milch wieder zugesetzt werden, ohne dass die Käseitauglichkeit nachteilig beeinflusst wird (Guericke 1993).

Mikrofiltration: Die Mikrofiltration ist ein mechanisches Verfahren zur Abtrennung von Teilchen im Bereich von 0,1 bis 10 µm aus Emulsionen, Suspensionen und kolloidalen Lösungen (Klobes 1993). Die Entkeimung durch Filtration ist deshalb so schwierig, da sich gewisse Milchinhaltsstoffe in der gleichen Grössenordnung wie Bakterien bewegen. Bactocatch ist ein auf Mikrofiltration und Sterilisation des Keimkonzentrates beruhendes Verfahren. Die Keimreduktion, die mit dem Bactocatch-Verfahren erreicht werden kann, liegt bei der Gesamtkeimzahl bei 99,8 bis 99,9 % und den anaeroben Sporen zwischen 93 und 99 % (Grubhofer 1992).

UHT-Erhitzung: Die Erhitzung der Milch auf beispielsweise 120°C während 0,4 Sekunden zerstört die Sporen von *Clostridium tyrobutyricum*, verunmöglicht aber die Herstellung qualitativ hochwertiger Käse (Stadhouders 1990c).

Aufrahmen: Nach dem Aufrahmen sind ca. 90 % der Sporen in der Fettschicht (Stadhouders 1990c).

Zusatzstoffe hemmen Auskeimen der Sporen

Nitrat: Zu der Kessmilch zugesetztes Nitrat (5 - 15 g / 100 l) wird im Käse durch die milcheigene Xanthinoxidase oder bakterielle Nitratsen bei einem

pH-Wert über 5,20 zu Nitrit reduziert (Galesloot 1964b). Dadurch ist die Auskeimung der Clostridiensporen verhindert. Die hemmende Wirkung wird dadurch erklärt, dass undissoziiertes Nitrit in die Zelle diffundiert und die Enzymsysteme der Sporen (Dehydrogenase-Systeme) blockiert (Grubhofer 1992). Nitrit alleine genügt nach Stadhouders (1990b) nicht, um die Auskeimung der Sporen zu verhindern, da in Käse aus UHT-erhitzter Milch (inaktivierte Xanthinoxidase) trotz der erfolgten Reduktion von Nitrat zu Nitrit (durch *Lb. casei*) eine starke Buttersäuregärung zu beobachten war. Die Hemmung steht in keinem Zusammenhang mit dem Redoxpotential (Galesloot 1964a). Da während der Reifung der Nitratgehalt abnimmt (Schär 1978) – Nitrat wird zu Ammoniak abgebaut – reichen die Zusatzmengen nicht immer zur Verhinderung der Spätblähung aus. Die Zusatzmengen sind begrenzt, weil sich Nitrat auch auf den Säuerungsverlauf auswirkt und das Wachstum der coliformen Keime fördert. Propionsäurebakterien werden durch den Nitratzusatz ebenfalls gehemmt. Für den Nitratabbau im Käse sind coliforme Bakterien, Laktobazillen und die Oberflächenflora (Schmiere) verantwortlich (Stadhouders 1990b). Nach Galesloot (1964b) hemmt der Nitratzusatz die Auskeimung der Clostridiensporen nur kurzfristig. Denn Nitrit kann im Käse schon nach einigen Tagen nicht mehr nachgewiesen werden. Die Hemmwirkung des Nitrites wird durch die Hemmwirkung durch das von der Käsoberfläche her hineindiffundierende Salz ersetzt. In Käsen mit einem hohen pH-Wert oder einem tiefen Salzgehalt kann trotz Nitratzusatz eine Buttersäuregärung auftreten (Galesloot 1964b). Gegen den Nitratzusatz spricht, dass der grösste Teil des Nitrates mit der Molke verloren geht und dadurch zu Verwertungsproblemen führt. In der Schweiz, aber auch in Frankreich und Italien, ist der Nitratzusatz verboten. Nicht zuletzt sind auch die Bedenken der Verbraucher zu beachten, obwohl, wenn überhaupt, nur sehr geringe Mengen Nitrosamine gebildet werden (Stadhouders 1990b).

Lysozym: Lysozym ist eine Eiweissstoff, der in vielen Organen und Körperflüssigkeiten von Menschen, Tieren oder Bakterien vorkommt (Teuber 1980). Es zählt auch zum natürlichen Abwehrsystem des Menschen gegen Bakterien. In der Milch-

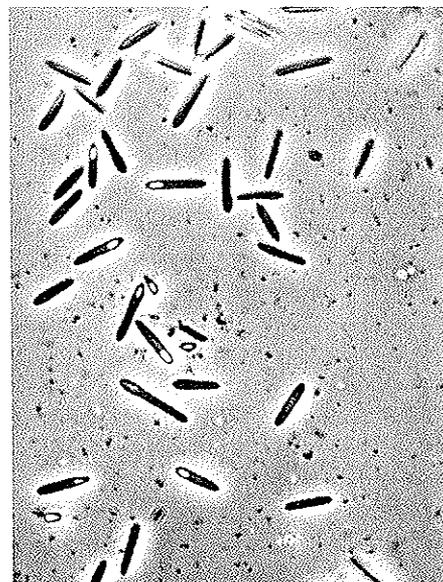


Abb. 2. Mikroskopisches Bild von *Clostridium tyrobutyricum*. Typisches Merkmal sind die hitzeresistenten Sporen.

wirtschaft wird vorwiegend Lysozym, das aus Hühnereiern gewonnen wurde, eingesetzt. Neuerdings sind auch Enzympräparate auf dem Markt, die mikrobiellen Ursprungs sind (Becker 1990). Das Enzym - auch Muramidase genannt - lysiert hauptsächlich Gram-positive Mikroorganismen aufgrund des hohen Anteils an Polypeptidketten in der Zellwand (Anon. 1987). Das Wirkungsoptimum liegt im sauren Bereich (pH 5), was den Einsatz bei der Käseherstellung ermöglicht. Durch den Einsatz von Lysozym (100 - 500 Einheiten / ml = 5 - 25 ppm) ist eine fast 100%ige Abtötung der vegetativen Zellen von *Clostridium tyrobutyricum* gegeben, ohne dass eine Hemmung der Kulturen festzustellen ist. Höhere Einsatzmengen inaktivieren auch die Kulturen. Lysozym geht zu ca. 90 % in den Käsebruch über (Lodi 1990). Die Literaturangaben über die Wirkung von Lysozym auf ruhende Sporen sind hingegen widersprüchlich und reichen von Verhinderung (Wasserfall und Prokopek 1978) bis Förderung (Bester und Lombard 1990). Becker und Pfleger (1988) stellten fest, dass Lysozym Spätblähungen wirksam verhindert, den Säuerungsverlauf nicht beeinträchtigt und keinen nachteiligen Einfluss auf die Käsequalität ausübt. Carini *et al.* (1994a: 1994b) erhielten analoge Ergebnisse. Nach Guericke (1993) ist der Lysozymeinsatz nur dann sinnvoll, wenn einerseits die Sporenbelastung der Milch auf einem geringen Niveau liegt und andererseits für die Käsesorte selbst kein grosses Risiko zur Spätblähung besteht. Bei länger gereiften Käse kann trotz Lysozymeinsatz eine Spätblähung auftreten (Bottazzi *et al.* 1993; Lodi 1990). Auch Flüeler (1986) stellte fest, dass mit einem Lysozymzusatz die Buttersäureblähung von Modell-Ementalern deutlich verzögert, jedoch nicht mit Sicherheit verhindert werden kann. Der Einsatz von Lysozym ist in einigen Ländern, nicht aber in der Schweiz, gestattet und in der Käseherstellung eingesetzt.

Peroxyd, Katalase: Durch die Behandlung der Käsereimilch mit Wasserstoffperoxyd und Katalase wird die Gesamtkeimzahl und die Anzahl der Clostridien drastisch reduziert. Das Verfahren ist jedoch nicht allgemein erlaubt und führt auch zu Veränderungen beim Teig und Geschmack des Käses (Kiermeier *et al.* 1968). Zudem müssten verhältnismässig grosse Mengen Wasserstoffperoxyd eingesetzt werden (Stadhouders 1990c).

Nisin oder nisinbildende Kulturen: Die Hemmung der Clostridienauskeimung

durch Nisin beziehungsweise nisinbildende Kulturen wird in einzelnen Veröffentlichungen erwähnt, bisher sind aber keine zufriedenstellenden Ergebnisse bekannt (Grubhofer 1992). Nisinbildende Kulturen haben sich in der Praxis nicht durchsetzen können, da sie gegenüber Bakteriophagen sehr anfällig sind (Guericke 1993) und weil auch fakultativ heterofermentative Milchsäurebakterien gehemmt werden und somit bei den betreffenden Käsesorten keine Lochbildung mehr erreicht werden kann (Lodi 1990).

Formaldehyd: Zur Unterdrückung der Spätblähung wird beim Grana-Käse oftmals zusammen mit Lysozym auch Formaldehyd eingesetzt (Bottazzi *et al.* 1992).

Antagonistische Kulturen haben Zukunft

Verschiedene Milchsäurebakterien vermögen *Clostridium tyrobutyricum* zu hemmen. Der Zusatz von 10^6 *Lactobacillus casei* / ml Kessmilch vermochte bei den Arbeiten von Kerjean (1993) das Auftreten der Buttersäuregärung zu verhindern, obwohl die Kessmilch natürlich und/oder künstlich mit Sporen kontaminiert war und die Kontrollkäse eine starke Buttersäuregärung aufwiesen. *Lb. casei* führte bei den Versuchen von Sollberger (Sollberger 1991) zu deutlich geringeren Buttersäureanteilen im Käse. Bergère *et al.* (1978) fanden unter 200 untersuchten Milchsäurebakterien sechs Stämme (2 *Lb. plantarum*, 2 *Lb. casei*, 1 *Lb. helveticus*, 1 *Sc. diacetylactis*), die zu einer Hemmung von *Cl. tyrobutyricum* führten, waren aber nicht in der Lage den Hemmechanismus zu identifizieren. Vier dieser sechs Stämme wurden auch von Glättli und Imhof (1981) geprüft: Sie stellten ebenfalls eine Hemmung fest. Die gleiche Hemmung konnten sie aber auch bei Rohmischkulturen feststellen. Sie folgerten daraus, dass offenbar jede gut säuernde Milchsäurebakterienkultur eine Hemmwirkung auf die Entwicklung von Buttersäurebakterien ausüben kann. Vier Stämme von *Lactococcus lactis ssp. lactis* bilden Bakteriozin-ähnliche Substanzen gegen *Cl. tyrobutyricum* (Thuault *et al.* 1991). Susani *et al.* (1995) beschreiben einen Stamm von *Enterococcus faecium*, der ein Bakteriozin bildet, dass unter anderen auch gegenüber von *Clostridium tyrobutyricum* einen bakteriziden Effekt zeigte. Hirsch *et al.* (1952) entdeckten, dass viele Laktobazillen auf Clostridien eine Bakteriozin-ähnliche Hemmwirkung ausüben. Perfiliev *et al.* (1982) beschreiben ein

Milchsäurebakterien-Konzentrat («Bioantibiot»), das auf Clostridien einen hemmenden Einfluss haben soll.

Folgerungen

Aufgrund des Literaturstudiums ergeben sich kurz- und mittelfristig folgende Ansatzpunkte für das Projekt «Buttersäuregärung Rohmilchkäse» des Arbeitsprogrammes 1996 bis 1999 der FAM:

- Salzdifffusion;
- Acetatgehalt;
- antagonistische Kulturen.

Die technische Entwicklung, wie zum Beispiel mechanische Verfahren zur Keimreduktion, wird im Rahmen des Projektes «Grundlagen der Käsetechnologie» verfolgt und gegebenenfalls in Versuche integriert.

LITERATUR

Das ausführliche Literaturverzeichnis ist beim Autor erhältlich.

RÉSUMÉ

Fermentation butyrique dans le fromage: synthèse bibliographique

Défaut pouvant mener à une totale dévalorisation du fromage, la fermentation butyrique connaît en Suisse une recrudescence. Une liste d'ouvrages spécialisés a été dressée en préambule aux essais visant à établir des connaissances sûres au sujet des facteurs de germination et de croissance des bacilles butyriques les plus importants. Sur la base de cette liste, nous avons déterminé les points de départ suivants: diffusion du sel, teneur en acétate et cultures antagonistes. L'évolution technique, telle par exemple, les procédés mécaniques de réduction des germes, se poursuit et, le cas échéant, est intégrée dans les essais.

SUMMARY

Late blowing in cheese: a review

Butyric acid fermentation, which can lead to total spoilage of cheese, is on the increase in Switzerland. A survey of the literature was carried out before studying the factors which could influence the germination and growth of butyric acid producing spores in cheese. The following elements were chosen as starting points: salt diffusion, acetate content, and antagonistic cultures. Technical developments such as procedures for reducing the number of germs will be followed and if necessary integrated in the trials.

KEY WORDS: cheese, late blowing, spores, *clostridium tyrobutyricum*