

Vergleichende Untersuchungen in Emmentalerkäsen mit und ohne Nachgärung

VI. Schlussfolgerungen

Chr. Steffen

Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld-Bern
Eingereicht am 5. 8. 1979

In vergleichenden Untersuchungen wurden reife Emmentalerkäse von guter Qualität und mit Nachgärung analysiert. Die als Nachgärung bezeichnete Veränderung der Käse in ihrer Form (Zunahme der Laibhöhe, gezogene Lochung, Gläsbildung) während der Lagerung bei 10—13 °C nach Abschluss der Lochbildung erfolgt durch CO₂. Die Nachgärungskäse unterscheiden sich zudem von den qualitativ guten Käsen durch eine intensivere Proteolyse zu niedermolekularen Verbindungen, eine stärkere Propionsäuregärung und eine festere Teigbeschaffenheit. Diese Eigenschaften werden weitgehend durch die Mikroflora im Käse bestimmt, die ihrerseits durch die bakteriologische Beschaffenheit der Kessmilch und der Milchsäurebakterienkulturen, sowie durch die Fabrikation geprägt.

1. Einleitung

Anhand zahlreicher Parameter wurden in monatlicher Folge während eines Jahres 60 Emmentalerkäse von guter Qualität und 60 mit dem Fehler «Nachgärung» behaftete Käse verglichen. Ausserdem erhoben wir nachträglich in den Herstellerbetrieben die entsprechenden Fabrikationsdaten. Die Arbeit, an der die meisten Laboratorien der Forschungsanstalt beteiligt waren, hatte zum Ziel analytische Unterschiede zwischen den beiden erwähnten Käsegruppen aufzuzeigen. Die Käseproben wurden anhand von mehr als 80 Parametern charakterisiert. Ueber die Probeerhebung, die angewandten Methoden, die statistische Auswertung und die einzelnen Ergebnisse der vergleichenden Untersuchungen wurde bereits berichtet in fünf Publikationen mit den Titeln:

- Probeerhebung, statistische Auswertung und Fabrikationsdaten (11).
- Aminosäuren (8).
- Bakteriologische und enzymatische Untersuchungen (13).
- Biochemischer und physikalisch-chemischer Vergleich (1).
- Chemische und physikalische Untersuchung (14).

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, die Ergebnisse in Bezug auf das Problem «Nachgärung» zusammenzufügen und Rückschlüsse auf die möglichen Ursachen des Käsefehlers zu ziehen.

2. Unterschiede zwischen den Nachgärungskäsen und den qualitativ guten Käsen

2.1 Diskriminanzanalyse

In der Diskriminanzanalyse erlaubten die Bestimmung der freien Aminosäuren im p-Benzochinon-Test und der enzymatische Acetat-Nachweis die beste Unterscheidung in die beiden Gruppen «gute Qualität» und «Nachgärung». Der p-Benzochinon-Wert gilt als Mass für den Caseinabbau in die «Tiefe», um den bereits 1894 von BONDZYNSKI (2) geprägten Begriff weiter zu verwenden. Der Acetatgehalt kann als Grösse für die Intensität der Propionsäuregärung bezeichnet werden.

Mit der Diskriminanz von p-Benzochinon fielen die F-Werte mehrerer Analysen, die vor dem Trennverfahren im Bereich zwischen 10 und 52 lagen, unter einen Wert von 4. Dies traf zu für alle wichtigen freien Aminosäuren und für die Bestimmung von Farbhelligkeit, Wassersorption, Wasseraktivität, Succinat, Glutamat, Teighärte, pH, Nicht-Protein-

Stickstoff, β -Galactosidase, Lactatdehydrogenase und Malatdehydrogenase. Daraus darf geschlossen werden, dass die Resultate in engem Zusammenhang mit der Proteolyse zu niedermolekularen Abbauprodukten stehen. Dies wurde meist auch durch eine enge Korrelation zum p-Benzochinon-Wert bestätigt. Durch die zusätzliche Diskriminanz des Acetats erfolgte eine weitere eindeutige Reduktion der F-Werte verschiedener Parameter, nämlich der Menge flüchtiger Fettsäuren, Propionsäure, Gesamt-, L- und D-Milchsäure.

Anhand des p-Benzochinon- und Acetatwertes konnten 95% aller mit dem Fehler «Nachgärung» behafteten Käse übereinstimmend mit der visuellen Auswahl der Käse richtig zugeordnet werden. Für die qualitativ guten Käse betrug die Übereinstimmung von optischer Beurteilung und analytischem Nachweis 86,7% (Abbildung 1). Eine vollständige Trennung der beiden Gruppen auf Grund der verschiedenen in diesem Versuch durchgeführten Analysen konnte nicht erreicht werden. Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass bei der visuellen Auswahl eine eindeutige Zuordnung in einzelnen Fällen oft schwierig war, weil die Grenze zwischen den beiden Gruppen nicht immer absolut eindeutig gezogen werden kann.

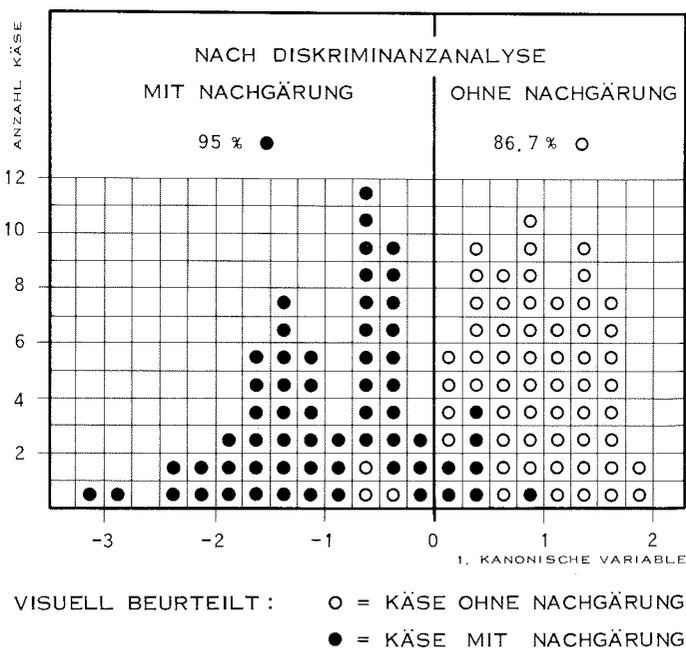


Abb. 1: Zuordnung der visuell beurteilten Käse mit bzw. ohne Nachgärung nach der auf Untersuchungsergebnissen beruhenden Diskriminanzanalyse

Die Diskriminanzanalyse ergab den Hinweis, auf welche Weise analytisch die guten, lagerfähigen Käse von den fehlerhaften Nachgärungs-Käsen differenziert werden können, nämlich über die Bestimmung niedermolekularer Abbauprodukte aus der Proteolyse und über den Nachweis von Metaboliten aus der Propionsäuregärung. Zudem liefert diese Feststellung auch wichtige Erkenntnisse über die möglichen Ursachen der Nachgärung.

2.2 Verlauf der Proteolyse

Verschiedene Methoden, die den Verlauf der Proteolyse im Käse charakterisieren, ergaben signifikante Unterschiede zwischen den qualitativ guten und den Nachgärungs-Käsen. Mit der Polyacrylamidgel-Elektrophorese wurde bei Nachgärungskäsen eine stärkere Hydrolyse des α_S -Caseins ermittelt und ein höherer Anteil grösserer Peptide nachgewiesen (1). Anhand des Trennverfahrens mittels Säulenchromatographie ist auf eine ausgeprägte Spaltung von Peptiden mit einem Molekulargewicht von ca. 3000 in kleinere Peptide und Aminosäuren zu schliessen (1). Die Bestimmung der Stickstoff-Fractionen ergab für die wasserlöslichen Abbauprodukte jedoch keine gesicherten Unterschiede (14). Aus diesen Untersuchungen kann somit nicht mit Sicherheit gefolgert werden, ob in Käsen mit Nachgärung vermehrt höhermolekulare Abbauprodukte aus der Proteolyse entstehen als in qualitativ guten Käsen. Für eine entsprechende Aussage waren die in diesem Versuch eingesetzten Methoden zu unspezifisch.

Tabelle 1: Signifikante Unterschiede in der Aktivität verschiedener Enzymgruppen zwischen qualitativ guten und Nachgärungs-Käsen

Enzym	Substrat	Aktivität in Nachgärungs-Käsen	
Aminopeptidase	L-Prolin- β -naphtylamid	erhöht	(1)
Leucin-Arylamidase (LAP)	L-Leucin-4-nitroanilid	erhöht	(13)
Lysin-Arylamidase	L-Lysin-4-nitroanilid	erhöht	(13)
Prolin-Arylamidase	L-Prolin-4-nitroanilid	erhöht	(13)
Glutaminsäure-Arylamidase	L-Glutaminsäure-5-(4-nitroanilid)	geringer	(13)
Malatdehydrogenase	Oxalacetat	erhöht	(13)

Signifikante Unterschiede resultierten aus dem Aktivitäts-Nachweis verschiedener Enzymreaktionen, wie Tabelle 1 zeigt. In Käsen mit Nachgärung sind die Aktivitäten exoproteolytischer Enzyme erhöht. Die Voraussetzungen für den verstärkten Caseinabbau zu niedermolekularen Verbindungen sind somit vorhanden. Die geringeren Werte für die Glutaminsäure-Arylamidase lässt auf ein unterschiedliches Enzymmuster, beziehungsweise unterschiedliche bakteriologische Zusammensetzung der untersuchten Käsegruppen schliessen. Die erhöhte Aktivität der Malatdehydrogenase in Nachgärungs-Käsen könnte ein Hinweis auf einen vermehrten Umsatz im Citratzyklus sein (13).

Tabelle 2: Statistisch gesicherte Unterschiede bei den in der Proteolyse entstehenden niedermolekularen Caseinabbauprodukten zwischen qualitativ guten und Nachgärungs-Käsen

Analyse	Unterschied bei den Nachgärungs-Käsen	
NPN	deutlich erhöht	(14)
p-Benzochinon-Wert	deutlich erhöht	(13)
Total freie Aminosäuren	deutlich erhöht	(1)
Glutamat (enzymatisch)	deutlich erhöht	(13)

Im Gegensatz zu den Analysen der höhermolekularen Abbauprodukte ist eine eindeutige stärkere Hydrolyse zu niedermolekularen Verbindungen in den Nachgärungs-Käsen nachzuweisen (Tabelle 2). Diese Bestimmungen ergeben einen stärkeren Abbau in die «Tiefe». Die wichtigsten Analysen weisen in den fehlerhaften Käsen einen durchschnittlich 35 bis 40% höheren Wert auf. Die in Tabelle 2 aufgeführten Nachweisverfahren zeigen untereinander eine enge Korrelation ($R > 0,8$). Zudem besteht logischerweise eine gegenseitige Abhängigkeit zwischen dem Nicht-Protein-Stickstoff beziehungsweise dem p-Benzochinon-Wert und den am stärksten vertretenen freien Aminosäuren wie Glutaminsäure, Leucin, Lysin, Prolin, Valin, Phenylalanin und Isoleucin (R für NPN $> 0,8$; R für p-Benzochinon-Wert $> 0,9$).

Der prozentuale Anteil der einzelnen im Käse am häufigsten vorkommenden Aminosäuren am Total der freien Aminosäuren ergab keine deutlichen Unterschiede zwischen qualitativ guten und Nachgärungs-Käsen. Eine mögliche Ursache für die Nachgärung ist daher kaum in einem spezifischen Abbau zu einer einzelnen bestimmten Aminosäuren zu suchen, sondern vielmehr in der ganz allgemein intensiveren Proteolyse zu niedermolekularen Verbindungen.

In mehreren Publikationen (1, 8, 13, 14) wurde bereits auf die verschiedenen Auswirkungen des stärkeren Eiweissabbaus hingewiesen. Die Wasserbindungs-Verhältnisse, die Teighärte, die Teigfarbe, das Pufferungsvermögen und der pH-Wert können durch die intensivere Proteolyse in die «Tiefe» unmittelbar verändert werden (vergleiche Tabelle 3). Durch die Wasserbindungs-Verhältnisse und durch den pH-Wert werden Wachstum, Stoffwechsel und Enzymaktivität der Mikroorganismen beeinflusst. Die gemessenen Unterschiede sollten jedoch in ihren Auswirkungen allein auf Grund des vorliegenden Versuches nicht überbewertet werden.

Tabelle 3: Statistisch gesicherte Unterschiede zwischen qualitativ guten und Nachgärungs-Käsen in verschiedenen durch die Proteolyse beeinflussten Merkmalen

Analyse	Unterschied bei den Nachgärungs-Käsen	
Wasseraktivität	geringer	(1)
Wassersorption	erhöht	(1)
Pufferungsvermögen	erhöht	(1)
pH	erhöht	(14)
Teighärte	erhöht	(14)
Teigfarbe	heller	(14)

Besondere Bedeutung in Bezug auf die Nachgärung kommt der Teigbeschaffenheit und der CO_2 -Produktion zu. Die höhere Festigkeit des Teiges bei Nachgärungs-Käsen resultiert wahrscheinlich aus der stärkeren Proteolyse. Jedenfalls sollte der in den fehlerhaften Käsen erhöhte Wassergehalt eher eine weichere Teigstruktur begünstigen. Im Gegensatz dazu kann der grössere Anteil zentrifugierter Milch erfahrungsgemäss die Teigfestigkeit fördern. Die erhöhte Teigfestigkeit verstärkt jedenfalls die Gefahr zur Bildung von Rissen (Pick und Gläs). Zudem lässt allein die Tatsache, dass in Nachgärungs-Käsen die Menge niedermolekularer Eiweissabbauprodukte deutlich erhöht ist, eine grössere CO_2 -Produktion vermuten. Verschiedene Umsetzungs- und Abbaureaktionen von Aminosäuren wie zum Beispiel Decarboxylierung oder Citratzyklus kommen als CO_2 -Lieferanten in Frage.

2.3 Verlauf der Propionsäuregärung

Verschiedene der geprüften Parameter bestätigen eine intensivere Propionsäuregärung in den Nachgärungskäsen, wie Tabelle 4 zeigt. Die geringere Restmilchsäure-Konzentration in den fehlerhaften Käsen erklärt sich mit dem stärkeren Milchsäureabbau durch die Propionsäurebakterien. Der höhere Anteil flüchtiger Fettsäuren, insbesondere Acetat, als Endprodukte der Propionsäuregärung bestätigen das intensivere Gärgeschehen.

Tabelle 4: Signifikante Unterschiede zwischen qualitativ guten und Nachgärungs-Käsen im Verlauf der Propionsäuregärung

Analysen	Unterschied bei den Nachgärungs-Käsen	
Freie Fettsäuren (C ₂ und C ₃)	erhöht	(14)
Acetat (enzym. Best.)	deutlich erhöht	(13)
Gesamtmilchsäure	geringer	(13)
Beginn Lochbildung (CO ₂ -Produktion)	früher	(11)
Lochbildungsdauer	kürzer	(11)

Das Verhältnis Essigsäure zu Propionsäure ist in beiden Käsegruppen konstant und entspricht weitgehend dem theoretischen Wert von 1:2 der Propionsäuregärungs-Bilanz. Eine eindeutige Verschiebung innerhalb der Gärbilanz zugunsten von Acetat, bei dessen Entstehung das CO₂ anfällt, wurde in Nachgärungs-Käsen nicht nachgewiesen, was schon früher gezeigt wurde (3). Basierend auf den Resultaten der Gesamtmenge an flüchtigen Fettsäuren und der Restmilchsäurekonzentration muss die intensivere Propionsäuregärung bei den Nachgärungs-Käsen eine stärkere CO₂-Produktion zur Folge gehabt haben. Je nach Berechnungsgrundlage erfolgte in den Nachgärungs-Käsen eine Mehrproduktion von durchschnittlich 90 ml CO₂ (errechnet aus dem Milchsäureabbau) bis 150 ml CO₂ (basierend auf dem Acetat) pro kg Käse. Bezogen auf die während der fünfmonatigen Reifung anfallende CO₂-Menge von 1,4 bis 1,8 Liter/kg Käse (5), ergibt sich eine zusätzliche Produktion von CO₂ in den fehlerhaften Käsen von ca. 5—10%. Die aus dem Acetat errechnete CO₂-Menge beträgt für die qualitativ guten Käse 1,19 Liter/kg und für die Nachgärungskäse 1,34 Liter. Die in verschiedenen Emmentalerkäsen während der Reifung gemessene Gesamtproduktion an CO₂ (5) kann demzufolge nicht allein durch die aus der Propionsäuregärung anfallende Gasmenge erklärt werden. Die in der Bilanz noch fehlenden 0,1—0,7 Liter/kg Käse müssen aus weiteren Umsetzungsreaktionen wie zum Beispiel der Proteolyse stammen. Die Nachgärung muss somit nicht allein durch die intensivere Propionsäuregärung bedingt sein.

Die vorliegenden Analysen-Resultate geben keinen Anhaltspunkt über den zeitlichen Verlauf der Propionsäuregärung. Doch aus den Beobachtungen in den Herstellerbetrieben über das Gärverhalten (Zeitpunkt des Beginns der Lochbildung sowie Lochbildungsdauer) dürfen wir annehmen, dass die Propionsäuregärung und somit die CO₂-Bildung in den Nachgärungskäsen früher einsetzte und auch etwas intensiver verlief.

Die Propionsäuregärung kann im Käse durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden, wie zum Beispiel durch den Kupfer- und den Kochsalzgehalt, den pH-Wert und die Wasseraktivität. Eine Begünstigung der Propionsäuregärung in den Nachgärungskäsen könnte teilweise durch tiefere Kupferkonzentration und höheren pH-Wert (14) erklärt werden. Im Gegensatz dazu lässt sich aus dem identischen Kochsalzgehalt zwischen den beiden Käse-Gruppen keine Förderung, aus der tiefen Wasseraktivität in

den Nachgärungs-Käsen aber eher eine Reduktion des Gärgeschehens ableiten.

2.4 Bakterienflora im Käse und Fabrikation

Die Resultate der bakteriologischen Analysen ergeben für den Zeitpunkt der in diesem Versuch festgelegten Probenentnahme keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Käsegruppen (13). Die bakteriologische Untersuchung erlaubte hier zudem nur eine Momentaufnahme über die noch vermehrungsfähigen Bakterien in den 4½ Monate alten Käseproben, während verschiedene andere Parameter jedoch Unterschiede in der Bakterienflora im Verlaufe der Reifung andeuten. Nebst der bereits dargelegten Differenzen in der Proteolyse und in der Propionsäuregärung ergab die Enzymbestimmung weitere entsprechende Anhaltspunkte. Die erhöhte Aktivität der Enzyme β -Galactosidase, Lactatdehydrogenase, Malatdehydrogenase in den Nachgärungs-Käsen ist die Folge einer unterschiedlichen Bakterienflora (Tabelle 5). Die Verschiebung des Verhältnisses Glutaminsäure-Arylamidase zu Leucin-Amino-peptidase zugunsten letzterer könnte insbesondere auf das Dominieren von *Lb. helveticus*-Stämmen in Nachgärungs-Käsen hinweisen (13). Eine gleichgerichtete Information resultiert aus der vorgefundenen Milchsäurekonfiguration mit dem kleineren Anteil von D-Milchsäure in Nachgärungs-Käsen. Die vorliegenden Resultate, obschon sie schwer zu interpretieren sind, verleiten zur Folgerung, dass nicht allein der Stoffwechsel von Fremdbakterien (nicht ausschliesslich Milchsäure bildende Bakterien) sondern die Beeinflussung des Gärgeschehens durch verschiedene Milchsäurebakterienarten mit in Betracht zu ziehen sind.

Tabelle 5: Signifikante Unterschiede zwischen qualitativ guten und Nachgärungs-Käsen, bedingt durch die Bakterienflora im Käse

Analysen	Unterschied bei den Nachgärungs-Käsen	
β -Galactosidase	erhöhte Aktivität	(13)
Lactatdehydrogenase	erhöhte Aktivität	(13)
Malatdehydrogenase	erhöhte Aktivität	(13)
Verhältnis GAA/LAP	zugunsten LAP	(13)
D-Milchsäure	geringere Konzentration	(13)

Deutliche Differenzen zeigten sich bei massgeblichen Fabrikationsdaten (Tabelle 6). Im Falle der Nachgärungs-Käse waren Vorkäs- und Ausrührzeit kürzer und der durchschnittliche Wasserzusatz zur Kessimilch geringer. Der in fehlerhaften Käsen signifikant höhere Wassergehalt (14) könnte in Zusammenhang mit der kürzeren Fabrikationsdauer stehen. Zudem sind Auswirkungen dieser Fabrikationsschritte auf das Wachstum und die Selektion der Kessimilchflora nicht ausgeschlossen.

Zur Verbesserung des Lochansatzes muss vielerorts ein grösserer Teil der Kessimilch zentrifugiert werden. Seit langem ist bekannt, und es hat sich in diesen Untersuchungen erneut bestätigt, dass durch die Zentrifugation wohl eine Reduktion der Lochzahl erzielt wird, Festigkeit des Teiges und Nachgärungsgefahr jedoch zunehmen.

Tabelle 6: Statistisch gesicherte Unterschiede in der Fabrikation zwischen qualitativ guten und Nachgärungs-Käsen

Erhebung	Unterschied bei den Nachgärungs-Käsen	
Anteil zentrifugierter Milch	erhöht	(11)
Wasserzusatz zur Kessimilch	geringer	(11)
Vorkäszeit	kürzer	(11)
Ausrührzeit	kürzer	(11)

3. Mögliche Ursachen der Nachgärung

Mit der in vorliegender Arbeit gewählten Versuchsanlage wurde einzig der Zustand von fehlerhaften beziehungsweise qualitativ guten, reifen Emmentalerkäsen im Alter von 120—150 Tagen analysiert. Zusätzlich wurden in den jeweiligen Herstellerbetrieben Informationen aus der Fabrikationskontrolle und über die Fabrikation sowie das Gärverhalten eingeholt. Somit ist man gezwungen, eine Analyse der möglichen Ursachen der festgestellten Unterschiede beim Käsefehler «Nachgärung» durch Rückschlüsse und Vergleiche mit bisherigen Versuchen vorzunehmen. Um eine abschliessende Uebersicht kann es sich zu diesem Zeitpunkt jedoch nicht handeln. Viele Fragen müssen noch Gegenstand weiterer Forschungsarbeiten sein.

Die ermittelten Unterschiede zwischen den geprüften Käsegruppen im Verlaufe von Proteolyse und Propionsäuregärung sind eine Folge der im Käse vorhandenen Bakterienflora, derer Enzyme sowie Stoffwechsellvorgänge. Die Voraussetzungen zur Nachgärung müssen daher bereits bei der Beschaffenheit der Kessmilch, den eingesetzten Kulturen und der Fabrikation gesucht werden. Anschliessend bei der Reifung kann über die Kellertemperaturen der Effekt bloss noch in unterschiedlichem Mass beeinflusst werden.

Um den für eine gute Lagerfähigkeit erwünschten Gärungsverlauf auch tatsächlich zu erwirken, müssen Milchsäurebakterien-Stämme mit der erwünschten proteolytischen Eigenschaft den Stoffwechselumsatz im Käse dominieren. Das Aufkommen von Milchsäurebakterien mit unerwünschten Auswirkungen oder anderer Bakterienarten (ausser *Propionibacterium shermanii*) gilt es deshalb zu verhindern.

Kessmilch

Die Nachgärung wurde verschiedentlich mit jahreszeitlich bedingten Faktoren, wie zum Beispiel der Dürr- bzw. Grünfütterung (6) in Zusammenhang gebracht. Der Fehler ist oft am Ende der Dürrfütterungsperiode ausgeprägt (10). Konkrete Anhaltspunkte konnten bisher aber nicht ermittelt werden. Die in den vorliegenden Untersuchungen eingesetzten Analysen lassen gewisse jahreszeitliche Abhängigkeiten für die Aktivität der alkalischen Phosphatase (deutlich tiefere Werte von März—Oktober), für den Anteil wasserlöslichen Stickstoffs am Total-Stickstoff (tiefere Werte von März—Juni), für die Eisenkonzentration (tiefere Werte von März—Juni) und für die Komponente gelb-grün der Teigfarbe (geringerer Gelb-Anteil von Januar—Mai) erkennen. Keine eindeutigen Hinweise auf eine veränderte Milchbeschaffenheit ergaben die Vitaminbeschaffenheit (Vitamine A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, PP und Folsäure), der Kalziumgehalt sowie der Nachweis von Mangan und Zink.

In Zusammenhang mit der Nachgärung scheint uns jedoch die bakteriologische Zusammensetzung der Rohmilch besonders wichtig. In andern Versuchen konnte eine direkte Abhängigkeit zwischen Entfärbungszeit der Kessmilch-Reduktaseprobe und Käsequalität gezeigt werden (10). Bei einem stärkeren Wachstum der in der Kessmilch vorhandenen Fremdflora oder auch von unerwünschten Milchsäurebakterienarten resultierte eine stärkere Proteolyse zu niedermolekularen Verbindungen und eine ausgeprägte Nachgärung (12).

Milchsäurebakterienkulturen

Thermophile Milchsäurebakterien, vorwiegend Stämme von *Sc. thermophilus*, *Lb. helveticus* und *Lb. lactis*, bestimmen das Gärgeschehen im Emmentalerkäse. Die Aktivität ihrer

proteolytischen Enzyme in der Käsemasse ist weitgehend verantwortlich für den Verlauf des Eiweissabbaus. In mehreren Parallelversuchen konnte ein direkter Zusammenhang zwischen den eingesetzten Milchsäurebakterienkulturen, deren proteolytischer Aktivität und der Nachgärung aufgezeigt werden (7, 9, 10). Weitere Käseversuche mit Emmentaler haben zudem mit *Lb. lactis*-Stämmen einen wesentlich günstigeren Verlauf der Proteolyse gezeigt als beim Einsatz von *Lb. helveticus*-Stämmen (7, 10, 14). Nebst der Milchsäurebakterienflora darf der mögliche Anteil von Fremdbakterien in der Betriebskultur nicht ausser acht gelassen werden. Schon eine relativ geringe Fremdkeimzahl in der eingesetzten Kultur führt im 24-stündigen Käse zu einem erhöhten Fremdkeimgehalt, der sich negativ auf die Käsequalität auswirkt.

Die Milchsäurebakterienkultur kann direkt und indirekt auf die CO₂-Produktion im Käse Einfluss nehmen. Auf ihr Gasbildungsvermögen geprüfte homofermentative Rohmischkulturen zeigten durchwegs schon während der Milchsäuregärung eine Produktion von CO₂ (4). Die CO₂-Bildung im Verlaufe der Käsereifung kann jedoch sehr unterschiedlich sein, je nach Eigenschaften der eingesetzten Milchsäurebakterien (5).

Für ein optimales Wachstum der erwünschten Milchsäurebakterien-Stämme ist ein gutes Säuerungsvermögen bei den angewandten Fabrikationstemperaturen die Voraussetzung. Mit dem Verlauf der Milchsäuregärung und mit dem daraus resultierenden Laktobacillen-Streptokokken-Verhältnis können sowohl der zeitliche Ablauf der Propionsäuregärung, als auch die Proteolyse und die Teigbeschaffenheit beeinflusst werden.

Fabrikation

Das Wachstum von Fremdbakterien und unerwünschten Milchsäurebakterien einerseits sowie die Vermehrung der erwünschten Milchsäurebakterienarten andererseits, kann durch verschiedene Massnahmen bei der Käseherstellung beeinflusst werden. Die Begünstigung des Wachstums der erwünschten Milchsäurebakterienarten bzw. die Selektion einer bestimmten Mikroflora werden hauptsächlich durch die Temperatur-Zeit-Relation während der Fabrikation und zum Teil noch während der Reifung geprägt. Mit tieferen Ausziehtemperaturen resultierte in Parallelversuchen ein vermehrtes Wachstum unerwünschter Bakterienarten und zunehmende Nachgärung (12). Ebensolche Auswirkungen sind von kürzeren Heisshaltezeiten auf Brenntemperatur (Ausrührzeit), tieferen Brenntemperaturen und einer starken Abkühlung der Käsemasse auf der Presse zu erwarten.

Negative Auswirkungen sind bei Infektionen der Kessmilch vor oder während des Fabrikationsprozesses oder bei der Kontamination der Käsemasse mit unerwünschten Bakterien zu befürchten.

4. Darstellung der aktuellen Kenntnisse über die Nachgärung

Der heutige Stand der Erkenntnisse über das komplexe Gebiet der Nachgärung ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt. Eine zentrale Stellung für die zu erwartende Käsequalität und somit auch bezüglich Nachgärung kommt der Mikroflora im Käse zu. Das Verhältnis von erwünschten und unerwünschten Bakteriengruppen in Wachstum und Stoffwechsel ist von grosser Bedeutung. Als erwünschte Bakterien möchten wir, nebst den üblicherweise eingesetzten Stämmen von *Propionibacterium shermanii*, Milch-

säurebakterienstämme mit folgenden Eigenschaften bezeichnen:

- optimales Säuerungsvermögen innerhalb der ersten 24 Stunden,
- minimale CO₂-Bildung während der Milchsäuregärung und der anschliessenden Reifung,
- keine Begünstigung einer starken Propionsäuregärung,
- keine intensive Proteolyse zu niedermolekularen Verbindungen.

Als unerwünschte Bakterien sind sowohl Milchsäurebakterien wie auch Fremdbakterien zu betrachten, die mit einer oder mehreren der obenerwähnten Eigenschaften nicht übereinstimmen. Unsere bisherigen Forschungsarbeiten beschränkten sich auf die Feststellung der erwünschten Eigenschaften und die Isolierung und Prüfung entsprechender Milchsäurebakterienkulturen. Die Einflüsse aller möglicher Kontaminanten zu ermitteln, wäre ein riesiges Arbeitsgebiet und kaum von wesentlicher praktischer Bedeutung, weil Infektionen, sei es bei Milch, Kulturen oder Käse, meist nicht selektiv sind. Mit zunehmender Mikroflora erhöht sich ebenfalls die Wahrscheinlichkeit unerwünschter Stoffwechselforgänge im Käse. Die eigentliche, auslösende Ursache der Nachgärung ist somit vorerst in der bakteriologischen Qualität der verarbeiteten Rohmilch (Kessilmilch), in den Eigenschaften der eingesetzten Milchsäurebakterien-Stämme und in der bakteriologischen Zusammensetzung der Betriebskulturen zu suchen. Mit der Fabrikation können die Bedingungen zur Vermehrung der Mikroflora im Käse direkt oder indirekt beeinflusst werden. Das Ueberhandnehmen unerwünschter Bakterien kann einerseits, über den Verlauf der Milchsäuregärung, die Teigbeschaffenheit und die CO₂-Produktion im Käse beeinflussen. Andererseits ist eine direkte Auswirkung der unerwünschten Bakterien für die Entwicklung eines festeren Teiges und einer grösseren CO₂-Produktion über den Weg einer intensiveren Proteolyse in die Tiefe und einer intensiveren Propionsäuregärung gegeben.

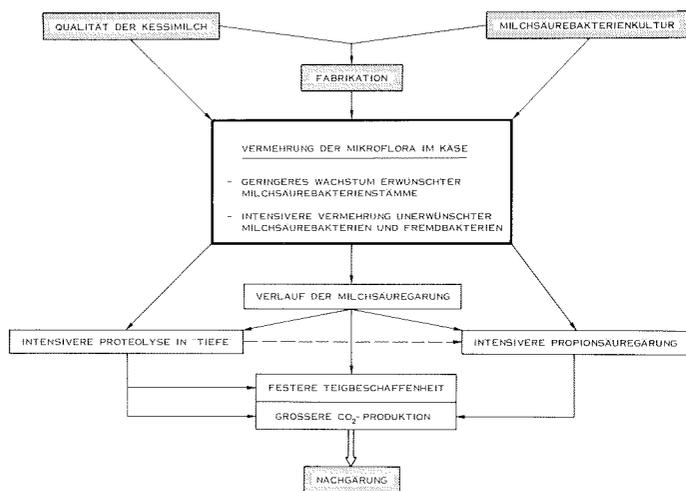


Abb. 2: Schematische Darstellung der wichtigsten Faktoren, die mit der Nachgärung in Zusammenhang stehen

Résumé

Analyses comparatives de fromages d'Emmental avec et sans fermentation secondaire

VI. Conclusions

Comparative tests have been made to analyze ripe Emmental cheeses of good quality and others with late

fermentation. The changes in the cheese with late or secondary fermentation (increase in the height of loaves, split effect) which occur during storage at 10—13 °C after the eye formation is finished are due to overproduction of CO₂. Compared to cheeses of good quality, cheeses with late fermentation have also a more intensive proteolysis resulting in low molecular weight compounds, a stronger propionic-acid fermentation and a firmer body. These characteristics are principally determined by the cheese microflora, which, on its part, depends on the bacteriological quality of the vat milk, lactic starters as well as on fabrication.

Summary

Comparison of Emmental cheeses with and without late fermentation

VI. Conclusions

Dans des analyses comparatives, on a examiné des fromages d'Emmental mûrs de bonne qualité et d'autres atteints de fermentation secondaire. La modification de la forme des fromages (augmentation de la hauteur de la meule, ouverture étirée, lainures ouvertes) qui a lieu pendant l'entreposage à 10—13 °C après la formation de l'ouverture et qu'on appelle fermentation secondaire est provoquée par le CO₂. Les fromages à fermentation secondaire se distinguent en outre des fromages de bonne qualité par une protéolyse plus intense aboutissant à des composés de faible poids moléculaire, une fermentation propionique plus forte et une structure de pâte plus ferme. C'est principalement la microflore du fromage qui détermine ces propriétés. Celle-là dépend de l'état bactériologique du lait de chaudière et des cultures de bactéries lactiques ainsi que de la fabrication.

Literatur

- 1 BLANC, B., RÜEGG, M., BAER, A., CASEY, M. und LUKES, A., Schweiz. Milchw. Forschung, **8**, 27—36 (1979)
- 2 BONDZYNSKI, S., Landwirtsch. Jb. Schweiz, **8**, 189—206 (1894)
- 3 DALLA TORRE, M., Unveröffentlichte Arbeit, EFAM (1974)
- 4 FLÜCKIGER, E. und WALSER, F., Schweiz. Milchztg., **103** (76), 640 (1977)
- 5 FLÜCKIGER, E., WALSER, F. und STEFFEN, CHR., Schweiz. Milchztg., **104**, 592 (1978)
- 6 GEHRIGER, G., BLANC, B., RÜST, P. und STEFFEN, CHR., Schweiz. Milchztg., **100**, 131 (1974)
- 7 LAVANCHY, P., BÜHLMANN, C. und BLANC, B., XX. Int. Milchw. Kongr., 522—523 (1978)
- 8 LAVANCHY, P., BÜHLMANN, C. und BLANC, B., Schweiz. Milchw. Forschung, **8**, 9—14 (1979)
- 9 SCHAEER, H., KAUFMANN, H. und NICK, B., Schweiz. Milchztg., **105** (18), 114 (1979)
- 10 STEFFEN, CHR., Schweiz. Milchw. Forschung, **5**, 43—50 (1976)
- 11 STEFFEN, CHR., BÜHLMANN, C., SCHNIDER, J., SCHAEER, H. und RENTSCH, F., Schweiz. Milchw. Forschung, **8**, 3—8 (1979)
- 12 STEFFEN, CHR. und FLÜELER, O., Schweiz. Milchztg., **104**, 740—741 (1978)
- 13 STEFFEN, CHR., GLÄTTLI, H. und NICK, B., Schweiz. Milchw. Forschung, **8**, 19—26 (1979)
- 14 STEIGER, G. und FLÜCKIGER, E., Schweiz. Milchw. Forschung, **8**, 39— (1979)