

Juli 1979/88

Herausgegeben von der
Eidgenössischen Forschungsanstalt für Milchwirtschaft
CH-3097 Liebefeld
Direktor: Prof. Dr. B. Blanc

Veränderungen der Teigeigenschaften und der Farbe des Emmentalerkäses während der Reifung

von P. Eberhard und E. Flückiger
Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld-Bern

1. Einleitung

Zwischen nur einige Tage alten und konsumreifen Emmentalern bestehen auffallende Teigunterschiede. Es gibt nur wenige Arbeiten, in denen versucht wird, die Unterschiede und ihr Zustandekommen messend zu vergleichen. Meistens wurden die Untersuchungen nur mit einer Methode und nur bei einer Temperatur durchgeführt. Es ist aber bekannt, dass sich die Teigeigenschaften eines Käses nicht mit einem einzigen Messwert charakterisieren lassen. Ausserdem ist der Emmentaler während des Reifungsprozesses sehr verschiedenen Temperaturen ausgesetzt, die sich stark auf die Teigeigenschaften auswirken können. Besonders während der Lochbildung überlagern sich die Reifungs- und Temperatureinflüsse auf die Teigbeschaffenheit. Bei einer konstanten Messtemperatur werden aber nur die reifungsbedingten Teigveränderungen erfasst. In der vorliegenden Arbeit wurden die temperatur- und reifungsbedingten Veränderungen mit verschiedenen Methoden verfolgt. Zusätzlich wurden die in einem anderen Versuch festgestellten Farbveränderungen des Käseteiges während der Reifung im Hinblick auf Zusammenhänge mit den Teigeigenschaften untersucht.

2. Material und Methoden

Im Dezember 1977 und im Juli 1978 wurden je ein Emmentaler-Käselab aus der Versuchskäserei Uettiligen ein Tag nach der Herstellung in ca. 3,5 kg schwere Blöcke, gemäss der von Flückiger und Walser (1) beschriebenen Methode, aufgeteilt. Die Blöcke kamen danach für 21 Stunden ins Salzbad.

Nach dem Abtrocknen wurden die 16 Blöcke unter weitgehendem Ausschluss von O_2 in Cryovac-Folien vakuumverpackt. Nach einem Tag, nach einer Woche und dann immer im Abstand von zwei Wochen untersuchte man die chemische Zusammensetzung und die rheologischen Eigenschaften von je zwei Blöcken. Beim zweiten Versuch kam jede Woche nur ein Block zur Untersuchung. Zur Charakterisierung der Teigeigenschaften wurden die folgenden kurz beschriebenen Messwerte bestimmt.

2.1 Eindringtiefe Penetrometernadel (Teighärte)

Dabei wird die Eindringtiefe einer genormten, stumpfen Nadel in Zehntelmillimetern (=Penetrometereinheiten PE) gemessen. Die Eindringzeit beträgt immer 5 s und die Belastung der Nadel 64,5 g. Je höher der Messwert, desto weicher ist der Käse.

2.2 Druckspannung und Rückverformungskraft (Teighärte und Elastizität)

Zylindrische Proben von 11,8 mm Durchmesser und 15 mm Höhe werden in einem Instron-Universalgerät mit einer Geschwindigkeit von 5 cm/min um 5 mm zusammengedrückt und 6 s in dieser Stellung belassen. Die dazu benötigte Maximalkraft wird als Druckspannung und die Restkraft nach 6 s (in Prozenten der Druckspannung) als Rückverformungskraft bezeichnet. Die Druckspannung wird in kp (1 kp=9,81 N) angegeben und charakterisiert die Struktur (2) des Teiges. Je höher der Wert, umso fester ist der Teig. Die prozentuale Rückverformungskraft korreliert mit der Elastizität. Je höher der Wert, umso elastischer ist der Käse.

2.3 Deformation und Kraft beim Stauchbruch (Konsistenz und Teighärte)

Proben der gleichen Form und Grösse wie bei der Messung der Druckspannung werden mit 5 cm/min Geschwindigkeit zusammengestaucht bis sie brechen. Die Stauchung, die nötig ist, um die Probe zum Bersten zu bringen, wird festgestellt und in Prozenten der ursprünglichen Probenhöhe (15 mm) ausgedrückt. Die Deformation beim Stauchbruch charakterisiert die Konsistenz (2) des Teiges. Je höher der Wert, umso länger, je kleiner der Wert, umso kürzer (bröcklicher) ist der Teig. Die Kraft, die nötig ist, um die Probe zum Bersten zu bringen, wird als Kraft beim Stauchbruch bezeichnet und erlaubt Aussagen über die Teighärte, die sowohl von der Struktur als auch von der Konsistenz beeinflusst ist.

Die Messmethoden sind an anderen Stellen (3, 4) genau beschrieben worden. Die Proben wurden möglichst aus dem Zentrum der Blöcke entnommen. Die Messungen erfolgten immer sowohl bei der Reifungstemperatur, der die Blöcke zum Untersuchungszeitraum ausgesetzt waren, als auch bei konstanten Temperaturen von 15° und 20° C. Die Reifung fand unter gleichen Temperaturbedingungen wie bei Kontrollkäsen in der Versuchskäserei Uettiligen statt.

2.4 Farbmessungen

Die Farbmessungen wurden mit einem Hunterlab-Farbdifferenz-Messgerät (Vertretung: Henry A. Sarasin AG, Basel) in der von BOSSET et al. (8) beschriebenen Weise durchgeführt.

Die drei Farbwerte (L, a, b), die aus diesen Messungen resultieren, werden in Hunter-Einheiten angegeben und haben folgende Bedeutung:

L-Farbe:
Helligkeit (0 = schwarz, 100 = weiss)

a-Farbe:
grün-rot Farbrichtung
(positiv = rot, 0 = grau, negativ = grün)

b-Farbe:
gelb-blau Farbrichtung
(positiv = gelb, 0 = grau, negativ = blau)

Die Farbmessungen erfolgen im Zentrum der Blöcke bei einer Temperatur von 15°C.

3. Resultate und Diskussion

Die reifungs- und altersbedingten Teigveränderungen sind in den Abbildungen 1 bis 5 dargestellt. Es fanden jeweils die Mittelwerte der beiden Versuche Verwendung. Die chemischen Analysen (Wasser-, Fett- und Salzgehalt, pH, Eiweissabbau und Lactatvergärung) bestätigen, dass die Reifung der verpackten

Blöcke durchwegs wie in normalen Emmentalerläiben verlief.

Die Farbveränderungen sind in Abb. 6 festgehalten. Es handelt sich um monatlich gemessene Durchschnittswerte von acht Käsen aus einem früheren Versuch. Wöchentliche Farbmessungen bei dem in der vorliegenden Arbeit beschriebenen zweiten Versuch bestätigen die in Abb. 6 dargestellten reifungsbedingten Farbveränderungen.

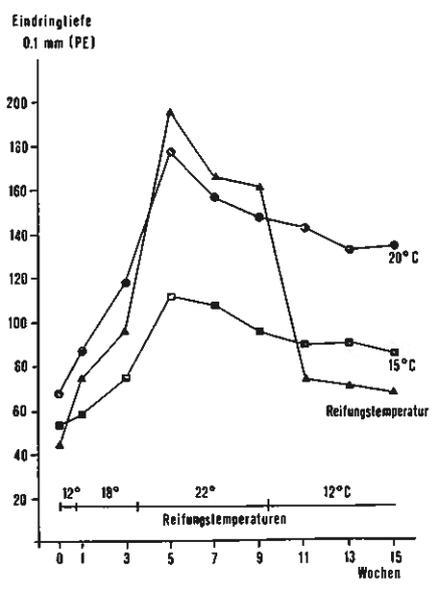


Abb. 1 Veränderungen der penetrometrisch bestimmten Teighärte, gemessen bei den wirklichen Reifungstemperaturen sowie bei konstanten Temperaturen von 15° und 20° C

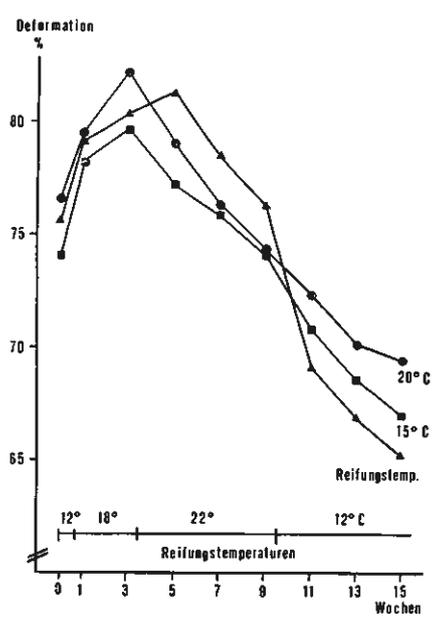


Abb. 2 Veränderungen der Teigkonsistenz (Deformation beim Stauchbruch), gemessen bei den wirklichen Reifungstemperaturen sowie bei konstanten Temperaturen von 15° und 20° C

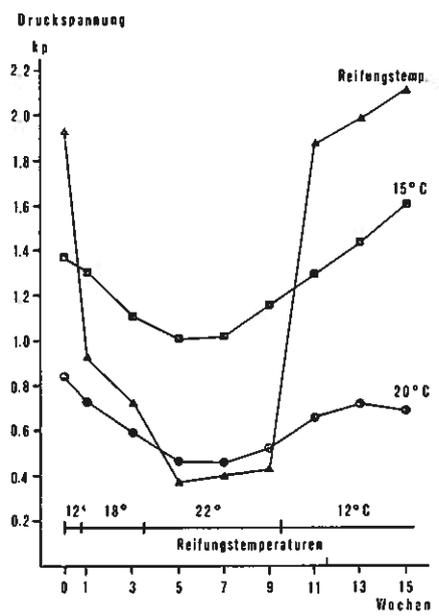


Abb. 3 Veränderungen der Teighärte (Druckspannung), gemessen bei den wirklichen Reifungstemperaturen sowie bei konstanten Temperaturen von 15 und 20° C

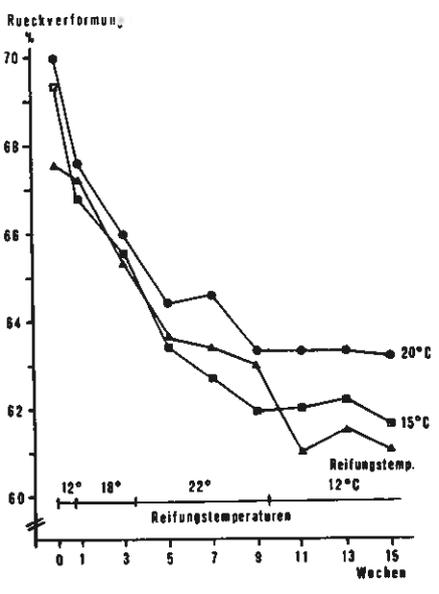


Abb. 4 Veränderungen der Teigelastizität (Rückverformung), gemessen bei den wirklichen Reifungstemperaturen sowie bei konstanten Temperaturen von 15 und 20° C

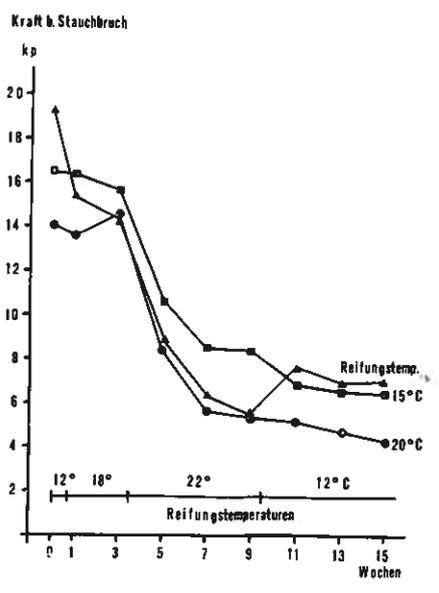


Abb. 5 Veränderungen der Teighärte und Teigelastizität (Kraft beim Stauchbruch), gemessen bei den wirklichen Reifungstemperaturen sowie bei konstanten Temperaturen von 15 und 20° C

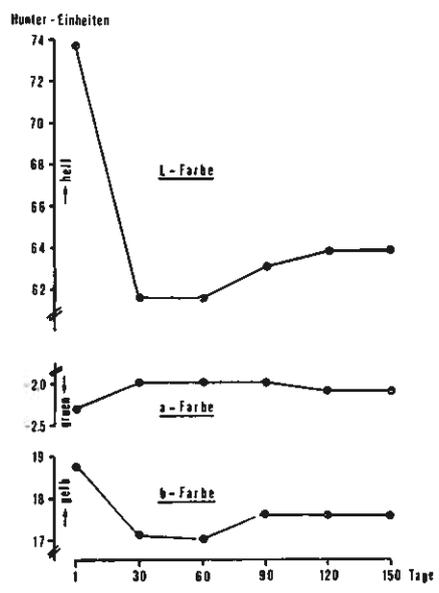


Abb. 6 Veränderungen der L- (Helligkeit), a- (rot-grün) und b-Farbe (gelb-blau)

Im folgenden seien die Messergebnisse kurz kommentiert.

3.1 Penetrometer; Eindringtiefe der Nadel

Der Käseteig wurde bis zur 5. Woche ständig weicher (Abb. 1). Schon in der Heizperiode sowie während der anschliessenden Lagerung nahm die Teighärte aber wieder zu. Die Endwerte können aufgrund früherer Erfahrungswerte als normal bezeichnet werden.

Der Einfluss der Temperatur auf die Teighärte ist beträchtlich. Die Differenz der bei 15° und 20° C gemessenen Werte betrug durchschnittlich 44,3 PE. Sie war während der Heizperiode (weicher Teig) am grössten. Dies unterstreicht die Nowendigkeit, rheologische Messungen am Käse immer bei konstanter Temperatur (EFAM Liebfeld=15° C) durchzuführen, da sonst die Resultate nicht vergleichbar sind.

Entsprechend gross ist auch der Einfluss der Reifungstemperatur. Bei der Lochbildung macht sich der Temperatureinfluss doppelt geltend, indem er sich gleichzeitig auf die Gärungsintensität und auf den Verformungswiderstand des Teiges auswirkt (5).

Der Emmentaler gehört im Gegensatz zu vielen Weichkäsen zu den Käsetypen, die mit fortschreitender Reifung nicht weicher, sondern fester werden. Dafür können drei Gründe geltend gemacht werden:

— der Eiweissabbau geht in die Tiefe, nicht in die Breite; das Kaseingerüst bleibt somit weitgehend erhalten, die darin neben dem Fett eingelagerten Peptide machen die «Packung» dichter.

— Durch die Lochbildung muss die Käsemasse gegen eine relativ feste Rinde ausweichen, wobei sie sich «verdichtet».

— Mit fortschreitender Reifung tritt neben gewissen Wasserverlusten auch eine zunehmende Bindung des Wassers durch Eiweissabbauprodukte auf (7).

3.2 Deformation beim Stauchbruch

Die Deformation (Länge) des Teiges bis zum Stauchbruch stieg bis zum Beginn der Heizperiode an (Abb 2). Während der Heizperiode und Lagerung wurde der Teig ständig kürzer. Diese Entwicklung war nach 15 Wochen noch nicht abgeschlossen, wie spätere Kontrollmessungen ergaben.

Auch der Teig anderer Hartkäse (Gruyère, Sbrinz) wird mit zunehmendem Alter kürzer.

Die Erwartung, dass der Käseteig mit steigenden Temperaturen länger wird, bestätigte sich. Bei 20° C brach der Teig bei einer durchschnittlich nur um 1,6 Prozent höheren Deformation als bei 15° C. Der Temperatureinfluss auf die Länge (Konsistenz) des Teiges ist somit bedeutend geringer als auf die Teighärte. Beim Uebergang vom Heiz- (22° C) in den Lagerkeller (12° C) kann er trotzdem von Bedeutung sein. In dieser Periode (9. bis 11. Woche) betrug die rein temperaturbedingte Abnahme der Deformation beim Stauchbruch immerhin 4,5 Prozent.

3.3 Druckspannung

Die Beurteilung der Struktur durch die Bestimmung der Druckspannung ergab ähnliche Resultate wie die Penetrometermessung (Abb. 3). Der Unterschied zwischen den beiden Messungen besteht darin, dass mit der Kraftmessung bei einer konstanten Deformation (Druckspannung) feste Teige und mit der Messung der Deformation bei einer konstanten, kleinen Belastung (Penetrometer) weiche Teige besser differenziert werden.

Die Druckspannung zeigt den erhöhten Verformungswiderstand des Käseteiges, der zu einem starken Anstieg des CO₂-Druckes führt, wenn die CO₂-Bildung im Lagerkeller fortschreitet, wie dies üblicherweise der Fall ist (6).

3.4 Rückverformungskraft

Der zweitägige Käse wies eine sehr hohe Rückverformungskraft (Elastizität) auf (Abb. 4). Bis zum Beginn der Lochbildung fiel sie jedoch bedeutend ab (um ca. 6 Prozent bis zur 5. Woche). Gegen Ende der Heizperiode war eine weitere, aber weniger ausgeprägte Abnahme zu bemerken. Im Lagerkeller blieb die Elastizität praktisch konstant. Die Endwerte entsprachen denn auch den früher bei konsumreifen Käsen gefundenen Zahlen.

Bei 20° C betrug die Elastizität durchschnittlich 1,6 Prozent mehr als bei 15° C. Bei 22° C hingegen war die Rückverformungskraft kleiner als bei 20° C. Diese Tatsache könnte

darauf hinweisen, dass das in dem noch weitgehend intakten Kaseingerüst eingelagerte Fett bei 20° C in einem besonders temperaturlabilen Zustand vorliegt. Flüssigwerden gewisser Fraktionen des Fettes bei höheren und Spröderwerden bei tieferen Temperaturen können die Elastizität des ganzen Käses vermindern.

Eine andere Erklärung wäre, dass die Elastizität des Käses bei 22° C nur während der Lochbildung kleiner ist als bei 20° C und dass dies von einer vorübergehenden Teigveränderung während dieser Phase herührt. Um diese Annahme zu überprüfen, wird zur Zeit die Temperaturabhängigkeit der Teigelastizität bei konsumreifem Käse untersucht.

3.5 Kraft beim Stauchbruch

Die Kraft beim Stauchbruch wird sowohl von der Teighärte (Struktur) als auch von der Länge (Konsistenz) des Teiges beeinflusst. Die Kraft, die nötig ist, um die Probe zum Bersten zu bringen, gibt aus diesem Grunde Anhaltspunkte über den Verformungswiderstand des Teiges. Der Verformungswiderstand wiederum beeinflusst die Lochbildung. Vor Beginn der Lochbildung nimmt die Kraft beim Stauchbruch stark ab (Abb. 5). Es scheint, dass durch die Abnahme des Verformungswiderstandes die Lochbildung überhaupt erst ermöglicht wird.

Die Temperaturabhängigkeit der Messung ist unbedeutend, wirken sich doch Festigkeit und Länge des Teiges bei einer Temperaturverschiebung gegenläufig auf den Verformungswiderstand aus. Immerhin kann festgestellt werden, dass bei höheren Temperaturen die Kraft beim Stauchbruch durchwegs tiefer ist, was wiederum eine Bestätigung dafür ist, dass die Härte stärker temperaturabhängig ist als die Länge (Konsistenz) des Teiges.

3.6 Farbe

Die Teigfarbe (Abb. 6) veränderte sich wie die Teighärte (Abb. 1) und Teigelastizität (Abb. 4) während der ersten Wochen am bedeutendsten. Die Käse wurden während der ersten 30 Tage um ca. 12 Hunter-Einheiten dunkler. Vom zweiten Monat an war jedoch wieder ein leichtes Hellerwerden zu beobachten.

Aufgrund subjektiver Eindrücke kam schon KÖSTLER (9) zu gleichen Feststellungen. Die Abnahme der

Helligkeit im ersten Monat und die spätere Zunahme derselben führt der Autor auf Zustandsänderungen des Parakaseins zurück. Durch den Übergang in den halbgelösten Zustand während der Milchsäuregärung wird der Käse dunkler und mit fortschreitendem Laktatabbau wieder etwas heller. Die ursprüngliche Helligkeit wird aber trotz weitgehendem Laktatabbau wegen der fortgeschrittenen Proteolyse bei weitem nicht wieder erreicht. Zudem stellte KÖSTLER (9) fest, dass zähe Käse teige heller (weisser) sind. Auch STEIGER und FLÜCKIGER (10) erwähnen die hellere Teigfarbe und die grössere Teighärte bei Käsen mit intensivem Laktatabbau und Nachgärung.

Die a-Farbe veränderte sich nur unbedeutend. Einzig im ersten Monat kann von einer leichten Abnahme des Grünanteils gesprochen werden. Der Gelbanteil (b-Farbe) nahm während der ersten 30 Tage deutlich ab, um nach zwei Monaten wiederum leicht anzusteigen. Der Gelbanteil unterliegt im übrigen bedeutenden saisonalen Schwankungen (10). Diese dürften auf den höheren Carotinhalt der Milch während der Grünfütterung im Sommer zurückzuführen sein (höhere Werte der b-Farbe der Sommerkäse).

4. Zusammenfassung

Um die reifungsbedingten Teigveränderungen von Emmentalerkäse abzuklären, wurden zwei Laibe in je 16 Blöcke aufgeteilt und diese in verschiedenen Reifestadien untersucht. Die Reifung der Blöcke verlief durchaus normal wie in einem ganzen Laib.

Der Teig wurde vor Beginn der Lochbildung bedeutend weicher und länger, die Rückverformungskraft (Elastizität) nahm ab.

Schon während der Lochbildung wurde der Teig fester und kürzer, die Elastizität verringerte sich noch weiter.

Im Lagerkeller veränderten sich Teighärte und Elastizität im Vergleich zu vorher nur unbedeutend, der Teig wurde aber ständig kürzer. Die Temperatur hat einen bedeutenden Einfluss auf die rheologischen Teigeigenschaften, wobei die Teighärte wesentlich stärker beeinflusst wird als die Konsistenz (Länge).

Die Veränderungen der Reifungstemperaturen wirken sich sowohl auf die Gärungsintensität als auch auf die Teigbeschaffenheit und damit auch entscheidend auf die Lochbildung aus.

Die Farbe des Emmentalerkäses veränderte sich während des ersten Monats bedeutend. Der Teig wurde dunkler, der Gelb- und der Grünanteil nahmen ab. Vom dritten Monat an war wieder ein leichtes Ansteigen der Helligkeit und des Gelbanteils zu beobachten.

Literatur

1. FLUECKIGER, E. und WALSER, F., Schweiz. Milch. Forschung 7, 9—14, (1978)
2. STEFFEN, Ch., Schweiz. Milchzeitung 101 (72), 569—570 (1975)
3. FLUECKIGER E. und WALSER, F., Schweiz. Milchzeitung 102, 571 (1976)
4. EBERHARD, P. und FLUECKIGER, E., Schweiz. Milchzeitung 104, 24 (1978)
5. FLUECKIGER, E., WALSER, F. und STEFFEN, Ch., Schweiz. Milchzeitung 104 (80), 592—593 (1978)
6. FLUECKIGER, E. und WALSER, F., Schweiz. Milchzeitung 103, 733—734 (1977)
7. RÜEGG, M. und BLANC, B., Milchwissenschaft 32 (4), 193—201 (1977)
8. BOSSET, J. O., RÜEGG, M. et BLANC, B., Schweiz. Milch. Forschung 6, 1—6 (1977)
9. KOESTLER, G., Schweiz. Milchzeitung 79, 25—29; Wissenschaftliche Beilage 4 (1953)
10. STEIGER, G. und FLUECKIGER, E., in Vorbereitung