

Rheologische Eigenschaften ausgewählter Käsesorten

1. Emmentalerkäse

P. Eberhard
Eidgenössische Forschungsanstalt für Milchwirtschaft
3097 Liebefeld-Bern

Eingereicht am 2. Oktober 1985

Zwei Messmethoden, welche vier Messwerte zur Erfassung der rheologischen Eigenschaften von Käse liefern, werden beschrieben. Mit Hilfe dieser Messmethoden wurde die Entwicklung der Teigeigenschaften von Emmentalerkäse genauer untersucht.

Der Teig wurde während der Reifung fester, kürzer und weniger elastisch. Hauptverantwortlich für diese Teigveränderungen mit zunehmendem Alter des Käses war der fortschreitende Eiweissabbau in die Tiefe.

Verschiedene Lagertemperaturen (5, 10, 15 und 20 °C) nach abgeschlossener Hauptgärung hatten deutliche Auswirkungen auf Reifung und Teig. Je höher die Lagertemperatur war, desto intensiver war der Eiweissabbau und desto fester und kürzer wurde der Teig der Käse. Zwischen 15 und 20 °C Lagertemperatur waren die grössten Unterschiede festzustellen.

Bei 195 reifen Emmentalerkäsen wurden die Zusammenhänge zwischen chemischer Zusammensetzung und rheologischen Messwerten untersucht. Danach lässt sich die Teigfestigkeit anhand chemischer Parameter zuverlässiger schätzen als die Teiglänge und -elastizität. Bei hohem Wasser- oder Fettgehalt war der Teig weicher, bei zunehmendem Eiweissabbau in die Tiefe wurde er fester. Hohe Restlaktatgehalte bzw. tiefe pH-Werte hatten, wie auch ein fortgeschrittener Eiweissabbau, einen kürzeren, weniger elastischen Teig zur Folge.

1. Einleitung

Die Teigeigenschaften sind ein wichtiges sensorisches Qualitätsmerkmal des Käses. Zudem bestehen zwischen dem Teig, dem Geschmack und anderen sensorischen Merkmalen wie der Farbe und Lochung der Käse komplexe Zusammenhänge. Die meisten Kenntnisse über die Teigeigenschaften der Käse stützen sich auf sensorische Beurteilungen. Diese erlauben, auch wenn sie systematisch durchgeführt werden, nur ungenügende quantitative Aussagen. Mit rheologischen Messmethoden können die Teigeigenschaften hingegen objektiv erfasst werden.

Schon in den dreissiger Jahren sind solche Methoden zur Klärung von Einflüssen auf die Teigbeschaffenheit systematisch angewendet worden (6 bis 9). Die Bedeutung, die den rheologischen Eigenschaften des Käses heute beigemessen wird, hat durch die Fortschritte in der Käseherstellung eher zugenommen. Dies geht zum Beispiel daraus hervor, dass im Internationalen Milchwirtschaftsverband der Vorschlag gemacht wurde, eine Arbeitsgruppe «Rheologie des Käses» einzusetzen (15).

Nach Walstra und van Vliet (14) sind insbesondere nur wenig quantitative Kenntnisse über die Käsetextur bekannt. Weitgehend ungeklärt sind zum Beispiel die Wechselwirkungen zwischen den physikalischen und chemischen Parametern des Käseteiges.

In einer auf diese Wechselwirkungen ausgerichteten Arbeit wurde versucht, die lückenhaften Kenntnisse zu ergänzen. Vorerst wurden mit einem Instron-Universalgerät geeignete Methoden zur Messung verschiedener rheologischer Eigenschaften ausgearbeitet. Mit Hilfe dieser Messmethoden wurden die Teigveränderungen während der Reifung und ihre Zusammenhänge mit dem Eiweissabbau bei verschiedenen Hart-, Halbhart- und Weichkäsen, sowie weitere Einflüsse auf Teig und Reifung untersucht. Im vorliegenden ersten Teil der Arbeit werden die Teigveränderungen während der Reifung, der Einfluss verschiedener Lagertemperaturen auf diese Veränderungen und der Einfluss der chemischen Zusammensetzung auf die rheologischen Eigenschaften von Emmentalerkäse beschrieben. In folgenden Teilen soll über die Untersuchung der rheologischen Eigenschaften weiterer Käsesorten orientiert werden.

2. Material und Methoden

Das Probenmaterial wird bei der Darstellung der Resultate beschrieben.

2.1 Chemische Untersuchungen

Wassergehalt:
Methode 5/02 (10)

Fettgehalt:
Methode 5/03 (10)

Kochsalz:
ISO/DIS 5943 = FIL-IDF Nr. 88:1979

pH-Wert:
Methode 5/13 (10)

Flüchtige Fettsäuren (FFS):
Methode 5/15 (10)

Laktat:
Enzymatische Methode
nach Steffen (11)

Totaler Stickstoff (TN):
Methode 5/05 (10)

Wasserlöslicher Stickstoff (WLN):
Nach Steiger und Flückiger (13)

Nichtproteinstickstoff (NPN):
Nach Steiger und Flückiger (13)

Löslicher Stickstoff bei pH 4.6:
Bestimmung des bei pH 4.6 nicht
fällbaren Stickstoffs

PwLN:
In kalter Phosphorwolframsäure
löslicher Stickstoff

p-Benzochinonwert:
Mass für freie Aminosäuren,
nach Steffen et al. (12)

2.2 Rheologische Untersuchungen

Alle rheologischen Messungen an Käse wurden nach mindestens 12 Stunden Vorlagerung bei 15 ± 0.5 °C durchgeführt. Die Proben wurden möglichst aus dem Zentrum der Laibe entnommen. Die Belastungsachse war immer von Flachseite zu Flachseite der Laibe. Sämtliche die Pro-

In dieser Ausgabe

P. Eberhard

**Rheologische Eigenschaften
ausgewählter Käsesorten
1. Emmentalerkäse**

Seiten 3–9

N. B. Bühler und M. R. Bachmann

**Isolationsmethode für Clostridien,
basierend auf Oberflächenausstrichen**

Seiten 10–17

ben berührenden Messeinrichtungen wiesen ebenfalls eine Temperatur von 15 °C auf.

Die Teighärte des Käses wurde nach Flückiger und Walser (2) mit einem Schildknecht-Penetrometer bestimmt. Als Resultat der Messung wird die Eindringtiefe der Penetrometernadel in Zehntelmillimetern angegeben.

Um die Teigeigenschaften differenzierter charakterisieren zu können, wurden zusätzliche Messmethoden ausgearbeitet. Diese Messungen wurden mit einem Instron-Universalmeßgerät, Tischmodell 1112, ausgeführt. Für die auch als «Instronmessungen» bezeichneten Bestimmungen der Kraft und Deformation beim Stauchbruch wie auch der Druckspannung und Rückverformungskraft werden mit einem Bohrer riss- und lochfreie zylindrische Käseproben von 11,8 mm Durchmesser entnommen und mit einem Drahtschneidegerät planparallel auf 15 mm Höhe zurückgeschnitten. Die aufrecht stehenden Proben werden vom Querbalken mit konstanter Geschwindigkeit von 5 cm/min gegen die Messzellenplatte gedrückt (Messzelle Typ 2511-205, Messbereich 0 bis 100 kg). Die dazu notwendige Kraft wird durch einen Schreiber registriert (Papiervorschub 50 cm/min). Es resultieren somit Kraft/Weg- bzw. Kraft/Zeit-Diagramme. Abb. 1 zeigt als Beispiel das Rheogramm einer Emmentalerkäseprobe (Alter: 150 Tage).

Deformation und Kraft beim Stauchbruch

Die Probe wird zusammengedrückt bis sie bricht (Abbildung 1, Punkt A). Die Deformation (in Prozenten der Probenhöhe

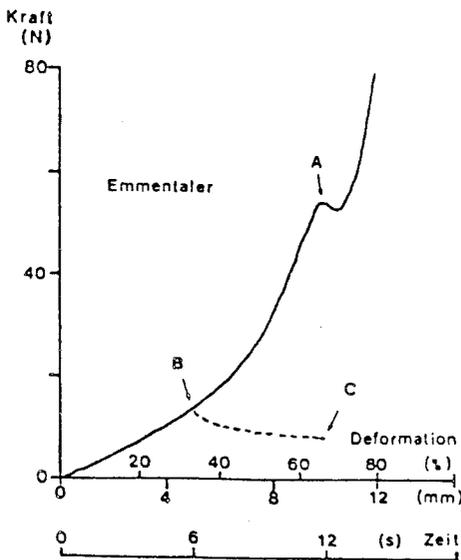


Abb. 1: Typisches Kraft-Deformations-Diagramm einer Emmentalerkäseprobe
A = Kraft und Deformation beim Stauchbruch
B = Druckspannung
C = Rückverformungskraft

von 15 mm) ist ein Maß für die Konsistenz (Brüchigkeit) des Käses. Die beim Erreichen des Bruches registrierte Maximalkraft ist ausser von der Brüchigkeit auch von der Festigkeit des Teiges abhängig. Damit entspricht sie in gewisser Hinsicht der Härteempfindung beim Kauen von Käse, die ebenfalls massgebend von Festigkeit und Brüchigkeit beeinflusst wird.

Druckspannung und Rückverformungskraft

Die Probe wird um 5 mm (ein Drittel der Gesamtprobenhöhe) zusammengedrückt (Abbildung 1, Punkt B). Die dazu benötigte Kraft wird als Druckspannung bezeichnet und charakterisiert die Festigkeit des Teiges. Danach wird die Probe 6 s in dieser Stellung belassen. Die als Rückverformungskraft (in Prozenten der Druckspannung) bezeichnete Restkraft nach 6 s (Abbildung 1, Punkt C) beschreibt die Elastizität des Käseteiges.

3. Resultate und Diskussion

3.1 Veränderungen während der Reifung

Die Emmentalerkäse wurden in der Versuchskäserei der Eidgenössischen Forschungsanstalt Liebefeld in Uettiligen nach dem üblichen Betriebsschema für Kontrollkäse fabriziert.

Um Untersuchungen während der Reifung durchführen zu können, wurde auf das bewährte Verfahren nach Flückiger und Walser (4) zurückgegriffen, bei dem die Käselaike im Alter von einem Tag nach folgendem Schema in sechzehn Blöcke aufgeteilt werden.

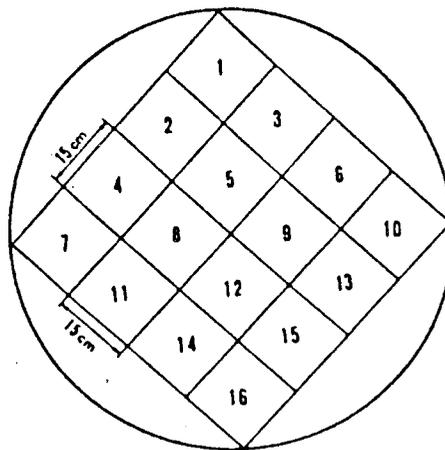


Abb. 2: Aufteilung der Versuchskäse in 16 Blöcke

Nach der Salzbadbehandlung wurden die rund 3,5 kg schweren Blöcke unter Ausschluss von Sauerstoff in Exsikkatoren gebracht. Im Alter von 1, 30, 60, 90, 120 und 150 Tagen wurden zwei Blöcke untersucht. Die Eckblöcke Nr. 1, 7, 10 und

16 dienten als Reserve. Die Blöcke reiften bei den für Emmentaler üblichen Temperaturen. Durch eine gesättigte Kochsalzlösung am Boden der Exsikkatoren wurde eine konstante relative Feuchtigkeit von zirka 76% erreicht.

Der ganze Versuche wurde dreimal durchgeführt, so dass von jeder Altersstufe total sechs Blöcke zur Untersuchung gelangten. Daneben wurde jeweils von einer weiteren Tagesproduktion ein ganzer Laib normal gereift und erst im Alter von 150 Tagen untersucht.

Wegen der gegenüber den ganzen Laiben unterschiedlichen Salzbadbehandlung wiesen die Blöcke durchschnittlich 0,27% mehr Kochsalz und 1,3% weniger Wasser auf als die normal gereiften Laibe. Der Teig der Blöcke war als Folge davon leicht fester und kürzer als derjenige der ganzen Laibe.

Über die durchschnittlichen Gehalte der reifen Blöcke an Wasser, N-Fractionen und Laktat gibt Tabelle 1 Auskunft. Abbildung 3 veranschaulicht die Teigveränderungen während der Reifung.

Tabelle 1: Wassergehalt, Stickstofffraktionen und Laktatgehalt der Emmentaler Blöcke im Alter von 150 Tagen.

Wasser (%)	33.7
Total-N (%)	4.52
Wasserlöslicher-N (%TN)	24.2
Nichtprotein-N (%WLN)	55.1
Laktat ($\mu\text{mol/g}$)	12.8

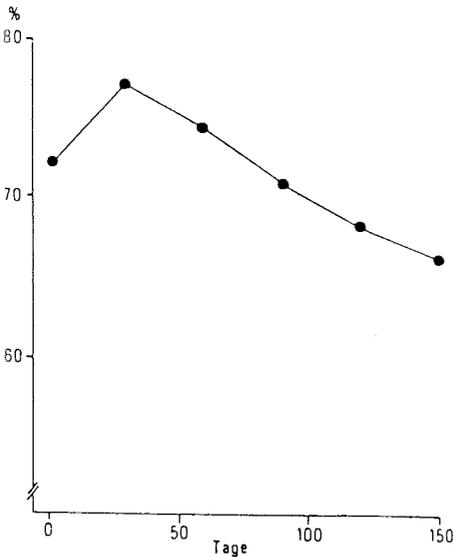
Wie aus Abbildung 3 a hervorgeht, wurde der Teig des Emmentalerkäses während des ersten Monats länger (dehnbarer) und die Elastizität (Abbildung 3 d) nahm stark ab. Diese Teigbeschaffenheit begünstigt die Bildung sphärischer Löcher. Durch die zunehmende CO_2 -Bildung wird der Teig deformiert ohne zu zerreißen (3).

Für den längeren Teig dürfte einerseits das weitere Zusammenwachsen der Bruchkörner verantwortlich sein. Andererseits war aber auch der Zusammenhang mit dem Eiweissabbau auffallend. Wie die Werte in Tabelle 2 zeigen, wurde während des ersten Monats mehr Kasein in die Breite als in die Tiefe abgebaut.

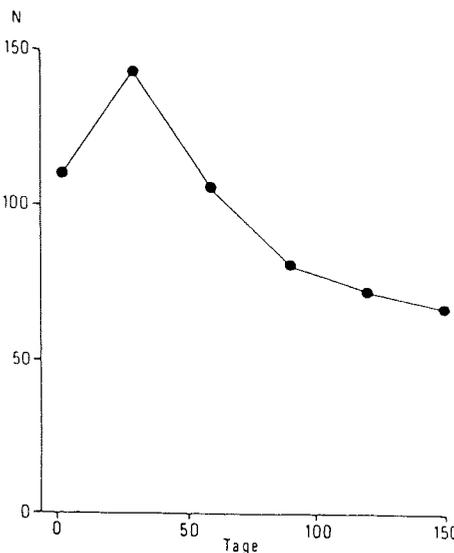
Die Deformation beim Stauchbruch veränderte sich weiter im Verlaufe der Reifung hauptsächlich in Abhängigkeit vom Eiweissabbau in die Tiefe. Je höher der Anteil Nichtprotein-N (NPN) am wasserlöslichen Stickstoff (WLN) war, desto kürzer war der Teig. Bei den Einzelblöcken wurden zwischen diesen beiden Merkmalen grösstenteils Korrelationskoeffizienten der linearen Regression von -0.9 bis -1.0 berechnet.

Tabelle 2: **Veränderungen der Stickstofffraktionen bei Emmentalerkäse während der Reifung** (in % des totalen Stickstoffs)

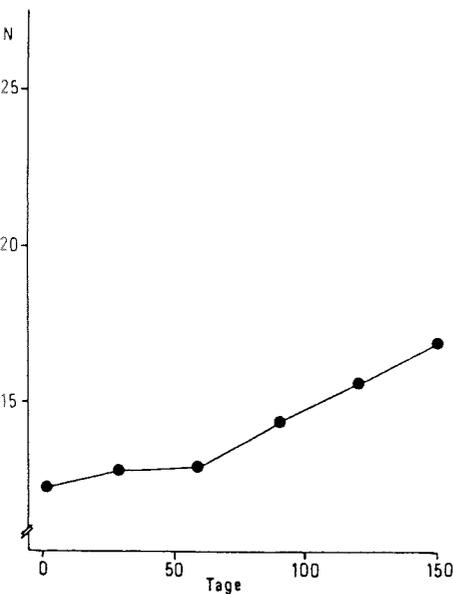
Parameter	Alter (Tage)					
	1	30	60	90	120	150
WLN	5.1	13.2	21.5	22.4	23.5	24.2
LN pH 4.6	5.0	10.3	17.7	21.4	23.4	24.8
NPN	2.0	4.4	8.4	10.1	11.5	13.1
PwLN	1.9	2.2	3.6	4.1	4.5	5.1



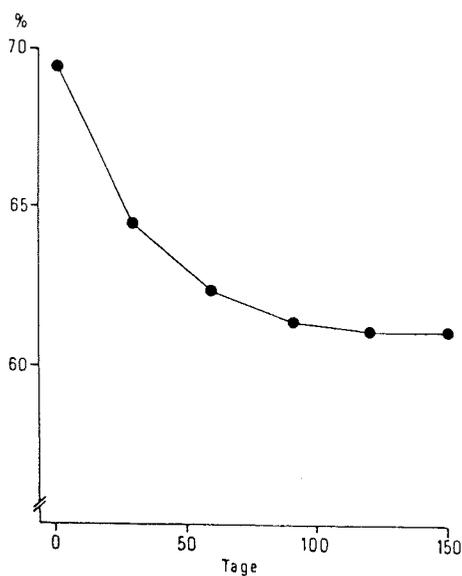
a) Deformation beim Stauchbruch



b) Kraft beim Stauchbruch



c) Druckspannung



d) Rückverformungskraft

Abb. a-d: **Veränderungen der Teigeigenschaften während der Reifung von Emmentalerkäse**

Die Veränderungen der Rückverformungskraft während der Reifung standen dagegen eher mit dem Eiweissabbau in die Breite in Zusammenhang. Je höher der Anteil des angegriffenen Kaseins war,

desto tiefer war die Rückverformungskraft oder Elastizität. Die starke Abnahme der Elastizität während der ersten 2 Monate fiel mit der grössten Zunahme des WLN zusammen.

Im Gegensatz zur Rückverformungskraft veränderte sich die Druckspannung während der ersten 2 Monate nur unwesentlich. Danach war eine stetige Zunahme der Druckspannung zu beobachten. Dieses Festerwerden des Teiges korrelierte mit dem weiteren Abbau des Kaseins in die Tiefe.

Der Verlauf der Kraft beim Stauchbruch war ähnlich demjenigen der Deformation beim Stauchbruch. Dies zeigt, dass sich die Länge des Teiges viel stärker auf diesen Wert auswirkt als die reine Festigkeit.

3.2 Einfluss der Lagertemperatur

Drei normal hergestellte Emmentalerkäse aus der Versuchskäserei Uetligen wurden im Alter von zirka 10 Wochen in 16 Blöcke aufgeteilt und diese wie oben beschrieben in Exsikkatoren aufbewahrt. Je 4 Blöcke eines Käses wurden bei 5, 10, 15 und 20 °C gelagert. Je ein Block pro Temperaturstufe und Laib wurde nach zwei, vier, sechs und acht Wochen untersucht. Aus Tabelle 3 sind die durchschnittliche chemische Zusammensetzung und die rheologischen Messwerte dieser Käse bei Versuchsbeginn ersichtlich.

Tabelle 3: **Durchschnittliche Messwerte der Käse im Alter von etwa zehn Wochen.**

WLN (%TN)	22.9
NPN (%WLN)	43.2
FFS (mmol/100g)	10.6
Laktat(µmol/g)	32.3
Deformation (%)	75.2
Kraft b.St. (N)	86.7
Druckspannung (N)	9.4
Rückverformung(%)	62.8

Die Gärungsvorgänge kamen selbst bei 5 °C Lagertemperatur nicht zum Stillstand. Geringe Mengen an Laktat und Eiweiss wurden auch bei dieser tiefen Temperatur weiter abgebaut. In Tabelle 4 sind die chemischen und die rheologischen Messwerte nach acht Wochen Lagerung bei den verschiedenen Temperaturen eingetragen.

Je höher die Lagertemperatur war, desto mehr Eiweiss und Laktat wurden abgebaut. Der Teig wurde fester, kürzer und weniger elastisch. Das Kasein wurde zusätzlich stärker in die Tiefe und nur unbedeutend weiter in die Breite abgebaut.

Beim Laktatabbau wirkte sich die Erhöhung der Lagertemperatur von 5 auf 10 °C am stärksten aus. Der Laktatgehalt hat in diesem Bereich (unter 30 µmol/g) jedoch kaum einen Einfluss auf den Eiweissab-

Tabelle 4: Chemische Zusammensetzung und rheologische Messresultate des Emmentalerkäses nach 8 Wochen Lagerung bei verschiedenen Temperaturen (5, 10, 15 und 20°C)

Parameter	nach 8 Wochen bei			
	5°	10°	15°	20°
WLN (%TN)	23.1	23.6	25.2	28.8
NPN (%WLN)	46.6	48.6	50.9	54.8
FFS (mmol/100g)	11.9	13.3	14.1	15.1
Laktat(µmol/g)	18.8	10.5	3.5	1.7
Deformation (%)	73.4	72.5	71.0	67.1
Kraft b.St. (N)	73.3	69.9	64.3	53.6
Druckspannung (N)	10.1	10.5	10.7	12.2
Rückverformung(%)	62.1	62.0	61.9	60.1

bau und die Teigbeschaffenheit. Aus der Literatur sind Teigfehler bekannt, die bei wesentlich höheren Restlaktatgehalten auftreten (5). Der Teig solcher Käse ist extrem kurz und neigt zu Spaltenbildung (saurer Gläser).

Beim Eiweissabbau waren die grössten Unterschiede zwischen 15 und 20°C Lagertemperatur festzustellen. Die gleiche Beobachtung konnte bei den rheologischen Messungen gemacht werden. Bei einer Lagerung bei 20°C wurde der Teig der Käse viel schneller fester und kürzer als bei 15°C (Abbildung 4). Der Zusammenhang zwischen Eiweissabbau in die Tiefe und den rheologischen Eigenschaften war offensichtlich. Bei Lagertemperaturen über 10°C könnten die Teigveränderungen demnach wesentlich beschleunigt werden. Bei höheren Lagertemperaturen wird jedoch gleichzeitig die Haltbarkeit verkürzt. Teig- und vor allem Geschmacksfehler treten früher auf. Im oben

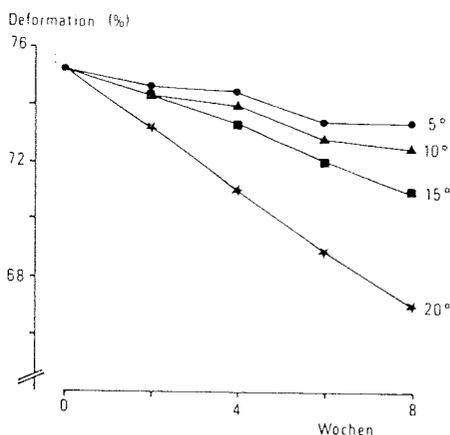


Abb. 4: Einfluss verschiedener Lagertemperaturen auf die Deformation beim Stauchbruch (Emmentaler nach der Hauptgärung).

beschriebenen Versuch wurden die bei 20°C gelagerten Käse von einem Sensorikpanel schon nach vier Wochen geschmacklich deklassiert.

3.3 Zusammenhang zwischen rheologischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung

Von 195 in der Versuchskäserei Uettilgen im Rahmen von verschiedenen Käseer-

versuchen fabrizierten Emmentalerkäsen wurden fünf rheologische und neun chemische Parameter erfasst. Die Zusammenhänge zwischen den rheologischen Eigenschaften und der chemischen Zusammensetzung wurden untersucht. Alle Käse wiesen zur Untersuchungszeit ein Alter von rund 150 Tagen auf. Über die Art der Untersuchungen und die Spannweite der Ergebnisse gibt die folgende Tabelle 5 Auskunft.

Bei der statistischen Auswertung der Analysendaten diente BMDP-Programme (1) für die Berechnung der multiplen linearen Regressionen. Die Tabelle 6 enthält die Matrix der Korrelationskoeffizienten für die Analysendaten. Diese Koeffizienten geben erste Hinweise auf eventuelle Beziehungen zwischen den untersuchten Parametern. Der Totalstickstoff war zum Beispiel stark positiv mit der Kraft beim Stauchbruch sowie der Druckspannung und negativ mit der Eindringtiefe der Penetrometernadel korreliert. Bei hohem Kaseingehalt war der Teig somit fester. Weiter fällt auf, dass Eiweissabbau in die Breite (WLN [%TN]) bzw. in die Tiefe (NPN [%WLN]) mit den die Festigkeit charakterisierenden Parametern umgekehrt korreliert waren. Hohe Restlaktatgehalte hatten einen kürzeren und weniger elastischen Teig zur Folge. Dieselben Zusammenhänge waren mit den flüchtigen Fettsäuren festzustellen.

Tabelle 5: Mittelwert, Standardabweichung und Spannweite der Analysendaten von 195 Emmentalerkäsen im Alter von zirka 150 Tagen

Parameter	Mittelwert	Standardabweichung	Kleinster Wert	Grösster Wert
Rheologische				
Eindringtiefe(10 ⁻⁴ m)	93	12	64	119
Deformation(%)	69.2	2.8	57.6	75.5
Kraft b.St.(N)	61.3	14.6	32.4	112.3
Druckspannung(N)	12.6	2.1	8.1	17.5
Rückverformung(%)	61.3	1.2	58.7	65.4
Chemische				
pH	5.77	0.06	5.63	5.89
Laktat(µmol/g)	8.0	8.7	0.2	64.0
p-Bc-Wert(µmol/g)	203	29	112	276
TN (%)	4.56	0.07	4.38	4.77
WLN (%TN)	25.1	2.7	19.3	29.8
NPN (%WLN)	49.7	6.0	38.9	62.1
FFS(mmol/100g)	13.9	1.1	10.9	16.6
Wasser(%)	35.1	0.7	33.5	37.5
Fett(%)	32.0	0.8	29.2	34.1

Tabelle 6: Korrelationen zwischen den Analysedaten von 195 Emmentalerkäsen im Alter von 150 ± 10 Tagen

Parameter	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Eindringtiefe PE	1	1.00													
Deformation	2	-0.09	1.00												
Kraft b. St.	3	-0.72	0.63	1.00											
Druckspannung	4	-0.76	-0.26	0.52	1.00										
Rückverformung	5	-0.14	0.22	0.19	-0.26	1.00									
pH	6	-0.13	0.19	0.33	0.14	0.16	1.00								
Laktat	7	0.30	-0.36	-0.38	-0.07	-0.34	-0.26	1.00							
p - Benzochinon	8	-0.25	-0.48	0.01	0.59	-0.42	0.22	-0.01	1.00						
TN	9	-0.51	0.19	0.63	0.62	-0.21	0.14	-0.19	0.31	1.00					
WLN (% TN)	10	0.63	-0.39	-0.71	-0.40	-0.10	-0.16	0.10	-0.02	-0.40	1.00				
NPN (% WLN)	11	-0.67	0.13	0.56	0.57	-0.12	0.21	-0.11	0.36	0.38	-0.85	1.00			
Fl. Fettsäuren	12	0.25	-0.25	-0.35	-0.02	-0.40	0.03	0.01	0.28	-0.08	0.23	-0.02	1.00		
Wasser	13	0.46	-0.11	-0.35	-0.35	-0.01	-0.02	0.36	-0.12	-0.30	0.21	-0.29	0.32	1.00	
Fett	14	-0.03	0.13	-0.04	-0.19	0.20	-0.06	-0.30	-0.23	-0.29	0.09	-0.08	-0.31	-0.69	1.00

Zu bemerken gilt es hier, wie auch bei den folgenden Resultaten, dass bei den reifen (zirka 150 Tage alten) Emmentalerkäsen relativ geringe Schwankungen beim Laktatgehalt und bei den flüchtigen Fettsäuren vorhanden waren. Bei Berechnungen mit Daten von Käsen verschiedenen Alters oder verschiedener Sorten, könnten die Abhängigkeiten eine andere Gewichtung erhalten.

Die berechneten Regressionskoeffizienten der multiplen linearen Regressionen sind aus Tabelle 7 ersichtlich. Die signifikanten Regressionskoeffizienten geben an, um wieviel sich die rheologischen Messwerte verändern, wenn sich eine chemische Variable um eine Einheit erhöht. Ein um ein Prozent höherer Wassergehalt hat beispielsweise zur Folge, dass die Nadel bei der Penetrometermessung um 6,81 Zehntelmillimeter tiefer in den Käseteig eindringt. Die zusätzlich eingebrachten Ränge geben die Reihenfolge an, in welcher die Parameter bei der stufenweisen Regressionsrechnung (Programm BMCP2R) Aufnahme in die Schätzgleichung finden (1. Rang = höchster F-Wert). Sie verdeutlichen die Wichtigkeit der einzelnen Einflussfaktoren für die betreffenden Teigeigenschaften.

Die Bestimmtheitsmasse R^2 geben Auskunft über die Genauigkeit der Schätzwerte. Bei Kenntnis der chemischen Zusammensetzung lässt sich die Kraft beim Stauchbruch am genauesten schätzen. Die Resultate der Berechnungen von Länge (Deformation) und Elastizität (Rückverformungskraft) des Teiges aufgrund der chemischen Messwerte sind deutlich weniger zuverlässig als diejenigen von der Teigfestigkeit. Die Bedeutung der verschiedenen Parameter für die einzelnen rheologischen Messresultate ist durch die Regressionskoeffizienten nur ungenügend geklärt. Für die Wichtigkeit eines Parameters mitentscheidend ist, wie stark sich die Messwerte von Käse zu Käse unterscheiden.

Während die chemische Zusammensetzung (Wasser, Fett, TN) nicht stark schwankt, sind die Unterschiede im Eiweiss- und Laktatabbau deutlicher. Als Mass für die Schwankungen der Parameter dienen die Standardabweichungen (Tabelle 5). Durch Multiplizieren der entsprechenden Standardabweichungen mit den signifikanten Regressionskoeffizienten ergeben sich gute Hinweise auf die Bedeutung der verschiedenen Parameter für die rheologischen Messwerte. Diese Zahlen in Tabelle 8 sagen aus, um wieviel sich die rheologischen Messwerte bei der Erhöhung der Parameter um ihre Standardabweichungen verändern.

Nachfolgend sind die berechneten Abhängigkeiten der rheologischen Messwerte von den chemischen Analysenresultaten zusammenfassend kommentiert.

Eindringtiefe Penetrometernadel

- Fett und Wasser sind die «Weichmacher» des Teiges
- Zunehmender Eiweissabbau in die Tiefe erhöht die Teighärte
- Bei höherem Laktatgehalt und mehr flüchtigen Fettsäuren ist der Teig eher weicher

Deformation beim Stauchbruch

- Eiweissabbau verringert die Deformation (kürzerer Teig)
- Hohe Laktatgehalte bzw. tiefe pH-Werte haben ebenfalls einen kurzen Teig zur Folge
- Bei hohem Totalstickstoffgehalt (Kasein) ist der Teig länger

Kraft beim Stauchbruch

- Hohe Werte bei hohem TN-Gehalt
- Bei zunehmendem Eiweissabbau tiefere Werte
- Hohe Laktatgehalte bzw. tiefe pH-Werte haben durch den kürzeren Teig auch tiefere Werte der Kraft beim Stauchbruch zur Folge
- Bei höherem Total an flüchtigen Fettsäuren ist die Kraft beim Stauchbruch ebenfalls kleiner

Druckspannung

- Fester Teig bei hohem TN-Gehalt (Kaseingerüst!)
- Wasser und Fett als «Weichmacher»
- Bei zunehmendem Eiweissabbau in die Tiefe wird der Teig fester

Tabelle 7: Kombination der die Teigeigenschaften beeinflussenden Variablen. Regressionskoeffizienten aus multiplen, linearen Regressionen und Reihenfolge (Rang) der signifikanten Einflussfaktoren

Parameter	Eindringtiefe Rang	Deformation Rang	Kraft b. St. Rang	Druckspannung Rang	Rückverformung Rang
pH	n. s.	9.266 4.	42.880 5.	n. s.	3.167 6.
Laktat	0.259 5.	-0.081 3.	-0.360 3.	n. s.	-0.049 1.
p-Benzochinon	n. s.	-0.057 1.	-0.052 6.	0.024 1.	n. s.
TN	n. s.	7.534 5.	79.042 2.	6.995 4.	-5.456 2.
WLN (% TN)	n. s.	-0.275 2.	2.418 1.	n. s.	-0.275 3.
NPN (% WLN)	-0.996 1.	n. s.	n. s.	0.085 2.	-0.120 4.
Fl. Fettsäuren	2.353 4.	n. s.	-2.589 4.	n. s.	-0.330 5.
Wasser	6.807 2.	n. s.	n. s.	-1.052 3.	n. s.
Fett	4.902 3.	n. s.	n. s.	-0.728 5.	n. s.
Ordinatenabschnitt	-288.3	0.6	-436.2	32.0	85.7
Bestimmtheitsmass R^2	62.7	55.5	77.4	65.5	48.0
Standardabweichung der Schätzwerte	$7.44 \times 10^{-4}m$	1.91 %	7.06 N	1.28 N	0.86 %

Rückverformungskraft

- Eiweissabbau verringert die Elastizität des Teiges am stärksten
- Bei hohem Restlaktatgehalt und tiefem pH ist die Teigelastizität kleiner
- Bei hohem TN-Gehalt ist die Elastizität des Teiges ebenfalls kleiner

Die negative Beziehung zwischen TN-Gehalt und Rückverformungskraft war nicht erwartet worden. Vielmehr wurde eine positive Beziehung von Wasser- und Fettgehalt mit der Elastizität vermutet. Diese beiden Einflussfaktoren erwiesen sich jedoch als nicht signifikant.

Fett, Wasser und Eiweiss (TN \times 6.38) bilden über 95 Prozent der Käsemasse und es bestehen direkte Abhängigkeiten zwischen diesen drei Hauptbestandteilen des Käses. Wenn der TN-Gehalt höher ist, sind automatisch Fett- oder (und) Wassergehalt tiefer. Die geringere Elastizität

bei höherem TN-Gehalt könnte also indirekt durch einen tieferen Wasser- oder Fettgehalt bewirkt worden sein. Aus diesem Grund wurden die Berechnungen unter Ausschluss des TN-Gehaltes ein zweites Mal ausgeführt.

Das Weglassen des TN-Gehaltes hatte auf die Regressionsgleichungen die folgenden wesentlichen Veränderungen zur Folge:

Kraft beim Stauchbruch

- Tiefere Werte bei hohem Wasser- und Fettgehalt

Rückverformungskraft

- Hohe Elastizität bei hohem Wassergehalt

Die vermuteten Abhängigkeiten konnten somit grösstenteils bestätigt werden.

Literatur

- 1 DIXON, W. J. und BROWN, M. B.: Biomedical Computer Programs, P-Series, Health Sciences, Computing Facility, University of California Press, Berkeley (1977, revised 1983)
- 2 FLÜCKIGER, E. und WALSER, F.: Schweiz. Milchzeitung **102**, 571 (1976)
- 3 FLÜCKIGER, E., EBERHARD, P. und WALSER, F.: Schweiz. Milchzeitung **104** (84), 623-624 (1978)
- 4 FLÜCKIGER, E. und WALSER, F.: Schweiz. Milchw. Forschung **7** (1), 9-14 (1978)
- 5 KÖSTLER, G.: Landw. Jahrbuch der Schweiz **44**, 439-462 (1930)
- 6 KÖSTLER, G.: Landw. Jahrbuch der Schweiz **45**, 421-445 (1931)
- 7 KÖSTLER, G.: Schweiz. Milchzeitung **59**, 36 (1933)
- 8 KÖSTLER, G.: Landw. Jahrbuch der Schweiz **54**, 127-141 (1940)
- 9 KÖSTLER, G.: Schweiz. Milchzeitung **72**, 331; 339; 347 (1946)
- 10 SCHWEIZ. LEBENSMITTELBUCH: Bd. 2, spez. Teil, Eidg. Drucksachen und Materialzentrale, Bern (1967)
- 11 STEFFEN, CH. Konzentration und Konfiguration der Milchsäure im reifenden Emmentalerkäse Diss. Nr. 4630 ETH Zürich (1971)
- 12 STEFFEN, CH., GLÄTTLI, H. und NICK, B.: Schweiz. Milchw. Forschung **8**, 19-26 (1979)

Tabelle 8: Theoretische Veränderungen der rheologischen Messwerte bei Erhöhung der einzelnen chemischen Parameter um ihre Standardabweichung

Parameter	Eindringtiefe	Deformation	Kraft b. St.	Druckspannung	Rückverformung
pH	--	0.53	2.45	--	0.18
Laktat	2.25	-0.70	-3.13	--	-0.43
p-Benzochinon	--	-1.66	-1.52	0.70	--
TN	--	0.56	5.89	0.52	-0.41
WLN (%TN)	--	-0.75	-6.62	--	-0.75
NPN (%WLN)	-6.01	--	--	0.51	-0.72
Fl. Fettsäuren	2.48	--	-2.73	--	-0.35
Wasser	5.02	--	--	-0.78	--
Fett	4.03	--	--	-0.60	--

- 13 STEIGER, G. und FLÜCKIGER, E.:
Schweiz. Milchw. Forschung 8, 39–43
(1979)
- 14 WALSTRA, P. und VAN VLIET, T.:
IDF Document 153, 22–27 (1982)
- 15 WALSTRA, P.:
IDF-Commission F, F. Doc 103 (1984)

Abstract

Rheological properties of some cheese varieties

This paper describes two methods permitting to measure four parameters characterizing the rheological properties of cheese. With these methods it was possible to study closer the development of the body of Emmental cheese. During ripening, the cheese texture became firmer, shorter and less elastic. This was principally due to increasing proteolysis «in depth».

Different storage temperatures (5, 10, 15 and 20°C) after the main fermentation had a great influence on ripening and texture. The higher the storage temperature the more intense was proteolysis and the firmer and shorter the cheese body. The greatest differences were found between storage temperatures of 15 and 20°C.

The correlation between chemical composition and rheological measurements was determined in 195 Emmental cheeses. The results show that chemical parameters predict cheese firmness better than cheese elasticity and consistency. The higher the water or fat content, the softer was the cheese body. With increasing protein breakdown the cheese texture became firmer. High residues of lactate, low pH and intense proteolysis were related to a short, less elastic cheese texture.

Résumé

Propriétés rhéologiques de quelques variétés de fromages

Ce travail décrit deux méthodes destinées à mesurer quatre paramètres qui caractérisent les propriétés rhéologiques du fromage. Ces méthodes de mesure ont permis d'approfondir l'étude du développement de la pâte du fromage d'Emmental. Pendant la maturation, la pâte des fromages devenait plus dure et plus courte et perdait de son élasticité. Ces modifications doivent être attribuées, en premier

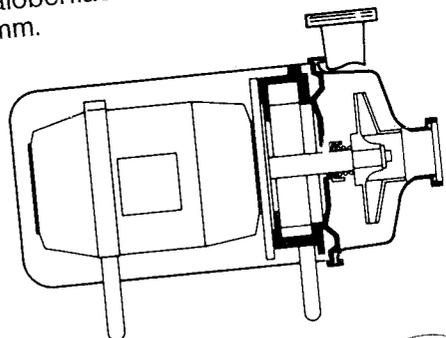
lieu, à l'intensification de la protéolyse en profondeur.

La différence des températures au cours du stockage (5, 10, 15 et 20°C), après la fermentation principale, se répercutait nettement sur la maturation et la pâte. Une température de stockage plus élevée entraînait une intensification de la protéolyse ainsi que le durcissement et le raccourcissement de la pâte des fromages. La protéolyse la plus forte était provoquée par l'augmentation de la température de 15 à 20°C.

Les relations entre la composition chimique et les résultats de mesures rhéologiques ont été étudiées dans 195 fromages d'Emmental au cours de la maturation. Il en ressort qu'à l'aide de paramètres chimiques, on peut estimer plus fidèlement la dureté de la pâte que sa longueur et son élasticité. La pâte était plus molle lorsque les teneurs en eau et en matière grasse étaient élevées et plus dure lorsque la protéolyse en profondeur était forte. Des taux élevés de lactate résiduel – ou des valeurs de pH basses – ont donné, comme la protéolyse intense, une pâte plus courte et moins élastique.

Sicherheit durch geprüfte Rein-Technik

Neu bei Hilge: Pumpen der Rein-Technik-Klasse. Auf den ersten Blick bekannte Pumpen und doch etwas anderes: Nämlich Pumpen für höchste Anforderung der Reinigbarkeit und Sterilisierbarkeit, konstruiert für die Sicherheitsanforderungen steriler Verfahrenstechniken und geprüft in allen Details. Die Pumpen mit der überlegenen Materialoberfläche mit einer Rauhtiefe von nur 0,001 mm.



HILGE-PUMPEN AG
Hilgestrasse
CH-6247 Schötz/LU
Telefon 0 45-712121
Telex 86 83 58 hipa ch



85.16

ROTAZYME™ von ABBOTT.

Enzymimmunoassay zum Nachweis des Rotavirus im Stuhl

Klinische Bedeutung des Rotavirus-Tests

- Vermindert den unnötigen Einsatz von Antibiotika.
- Macht andere Untersuchungen nach der Ursache der Erkrankung überflüssig.
- Ermöglicht Massnahmen zur Isolierung der Patienten und zur Kontrolle einer Epidemie zu treffen.

Testeigenschaften

- Schnelle Ergebnisse (4,5 Std.).
- Empfindlichkeit vergleichbar mit Elektronenmikroskopie.
- Einfache Methodik, keine Vorbehandlung der Proben, keine spezielle Ausrüstung erforderlich.
- Test spricht auf das allen Rotaviren gemeinsame Antigen an.

Für weitere Informationen respektive detaillierte Unterlagen wenden Sie sich bitte an:



ABBOTT
Diagnostics Division

Industriestrasse 6, CH-6300 Zug
Telefon 042 21 30 22