

GESCHMACK UND AROMA VON KÄSE

Diskussionsgruppen



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches
Volkswirtschaftsdepartement EVD
Forschungsanstalt
Agroscope Liebefeld-Posieux ALP

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Die sensorische Wahrnehmungen	3
2.1 Geschmack	3
2.2 Aroma	4
2.3 Trigeminale Wahrnehmungen	4
2.4 Nachgeschmack	5
2.5 Geschmacks- und Aromaintensität	6
3. Entstehung des Käsearomas	7
3.1 Bedeutung der Proteolyse für die Aromabildung im Käse	7
3.2 Bedeutung der Lipolyse für die Aromabildung	9
4. Beeinflussung des Käsearomas durch die Käsetechnologie	11
4.1 Übersicht	11
4.2 Bedeutung der Rohmilch und Milchlagerung	11
4.3 Milchstandardisierung und Behandlung	12
4.4 Kulturen	13
4.5 Bedeutung des Kochsalzes	13
5. Aromafehler durch Veränderung der Fettphase	14
5.1 Fettoxidation / Talgigkeit	14
5.2 Ranzigkeit	14
5.2.1 Gefährdete Käsesorten	14
5.2.2 Ursachen	14
5.2.3 Nachweis von lipolyseanfälliger Milch	15
5.2.4 Praxisfall: Ranzige Käse verursacht durch Melkroboter	16
6. Geschmacks- und Aromafehler durch fehlerhafte Proteolyse	17
6.1 Bittergeschmack	17
6.2 Geschmacks- und Aromafehler verursacht durch biogene Amine	18
7. Ergebnisse aus Versuchen und Praxiserfahrungen	19

1. Einleitung

Geschmack und Aroma sind wohl die wichtigsten Qualitätsmerkmale von Käse, obgleich Geschmack und Aroma zusammen nur eines von vier Beurteilungskriterien bei der Käsetaxation bilden. Ob eine Konsumentin oder ein Konsument einen bestimmten Käse wieder kauft oder nicht, entscheidet sich aber ohne Zweifel daran, ob er ihn gut findet. Ob ein Käse gut schmeckt oder nicht, ist auch Geschmackssache. Und, was bei der einen Käsesorte zum sortentypischen Charakter gehört, kann bei einer anderen Sorte als eigentlicher sensorischer Fehler wahrgenommen werden.

Der vorliegende Diskussionsgruppenstoff gibt einen Überblick über die Geschmacks- und Aromabildung im Käse. Im Weiteren werden sensorische Mängel von Käse und deren Ursachen behandelt und Möglichkeiten aufgezeigt, wie die sensorischen Mängel verhindert werden können.

2. Die sensorische Wahrnehmungen Vorverpacktes Lebensmittel

Wenn wir im Alltag von Geschmack sprechen, beschreiben wir damit meist mehrere Wahrnehmungen miteinander, die Sensoriker strikte trennen: nämlich Geschmack (gustatorische Wahrnehmung), Aroma (olfaktorische Wahrnehmung) und so genannt trigeminale Wahrnehmungen.

2.1 Geschmack

Der Geschmack ist eine Empfindung, die durch das Geschmacksorgan (die Zunge) wahrgenommen wird, wenn es durch gewisse lösliche Stoffe stimuliert wird. Der Mensch besitzt fünf verschiedene Typen von Geschmacksrezeptoren, entsprechend gibt es nur fünf Geschmacksqualitäten: süß, sauer, salzig, bitter und umami.

- **Süßer Geschmack** wird nicht nur durch Zucker, Zuckeralkohole (Sorbit, Xylit etc.) und künstliche Süsstoffe (Saccharin, Cyclamat, Acesulfam) ausgelöst. Auch Glycerin sowie gewisse Aminosäuren (v.a. Glycin) schmecken süß. Als süßlich nehmen wir in Käse interessanterweise auch die Propionsäure wahr.
- **Saurer** Geschmack wird durch Säuren hervorgerufen. Nicht alle Säuren schmecken bei gleicher Konzentration gleich stark sauer: je tiefer der pH-Wert desto saurer der Geschmack. Wird die Säure mit Lauge oder Ammoniak (Käsereifung!) neutralisiert, d.h. ins entsprechende Salz umgewandelt, so verschwindet auch der saure Geschmack.
- **Salziger** Geschmack wird durch Kochsalz (Natriumchlorid) hervorgerufen. Weitere Salze wie z.B. Kaliumchlorid schmecken ebenfalls salzig, lösen aber noch andere Wahrnehmungen aus (bitter, metallisch etc.)
- **Bittergeschmack** wird z.B. durch Stoffe wie Coffein, einige Aminosäuren (L-Leucin, L-Valin), hydrophobe Peptide (Bitterpeptide) ausgelöst.
- Die Geschmacksrichtung „**umami**“ (aus dem Japanischen, zu Deutsch „fleischig, wohlschmeckend“) ist weniger bekannt, weil ihre Existenz lange umstritten war. Umami-Geschmack wird durch Glutaminsäure (Glutamat) hervorgerufen und signalisiert eiweissreiche Nahrung. Weil freie Glutaminsäure (Glutamat) in reifen Käsen reichlich vorkommt (Tab. 1), dürfte der Umami-Geschmack unsere sensorischen Eindrücke von Käse wesentlich mitprägen.

Tab. 1: Gehalt von Emmentalerkäse an freier Glutaminsäure (Mittelwerte \pm Standardabweichung für N=4)

	g/kg	Reifungsdauer		
		3 Monate	6 Monate	12 Monate
Glutaminsäure		5.4 \pm 0.6	8.1 \pm 0.3	11.6 \pm 1.2

2.2 Aroma

Als Aroma bezeichnen wir ein sensorisches Merkmal, das durch so genannte retronasale Olfaktion wahrgenommen wird (Abb. 1). Dabei steigen flüchtige Stoffe (Aromastoffe) vom hinteren Rachenraum in die Nasenhöhle auf und werden vom Riechorgan wahrgenommen. Bei verschlossener Nase oder Erkältung ist die Wahrnehmung von Aromen – im Gegensatz zur Wahrnehmung

des Geschmacks – stark eingeschränkt. Umgekehrt kann die Wahrnehmung von Aromen intensiviert werden, indem das Lebensmittel im Mund gut zerkleinert und erwärmt wird, so dass sich die Aromastoffe gut verflüchtigen. Anschliessend mit geschlossenem Mund stossweise ausatmen und so die Aromawolke durch die Nase leiten.

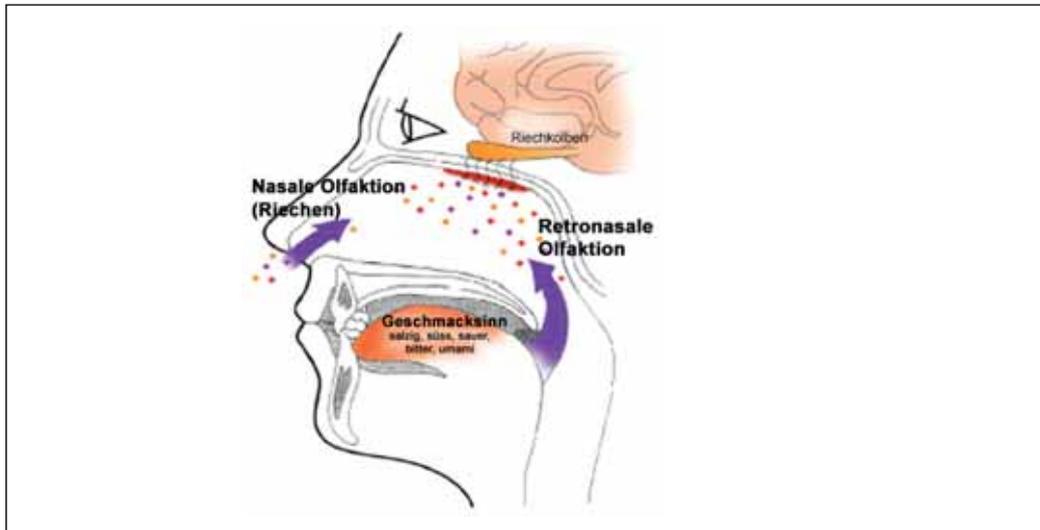


Abb. 1: Wahrnehmung von Geschmacksstoffen und Aromakomponenten in Lebensmitteln

Die Vielfalt von Aromen ist naturgegeben riesig. Man teilt die Aromanoten darum in Familien ein. Abbildung 2 zeigt ein Aromarad, wie es zur Beschreibung von Käse verwendet wird. In Käse finden wir typischerweise Aromen der Familien „milchig“, „tierisch“, „pflanzlich“

und „fruchtig“, aber auch pilzige Noten und Röstaromen sind häufig vertreten. Der Mensch ist schlecht trainiert, Aromen zu benennen oder zu beschreiben und muss dies gezielt trainieren.

2.3 Trigemurale Wahrnehmungen

Die trigeminalen Wahrnehmungen sind Reizgefühle, die sich häufig durch ein Prickeln äussern, das bis in ein Schmerzgefühl übergehen kann (wie das Stechen feiner Nadeln). Diese Empfindungen sind im ganzen Mund, am Gaumen und auf der Zunge wahrzunehmen. In Käse vorkommende trigeminale Wahrnehmungen sind: prickelnd/stechend, brennend/feurig, scharf, anästhesierend, kühlend, metallisch, herb.

Metallisch: Zeichnet ein Produkt aus, das vor allem auf der Zunge und dem Zahnfleisch ein elektrisches Prickeln verursacht und ein unangenehmes Gefühl an den Zähnen hervorruft.

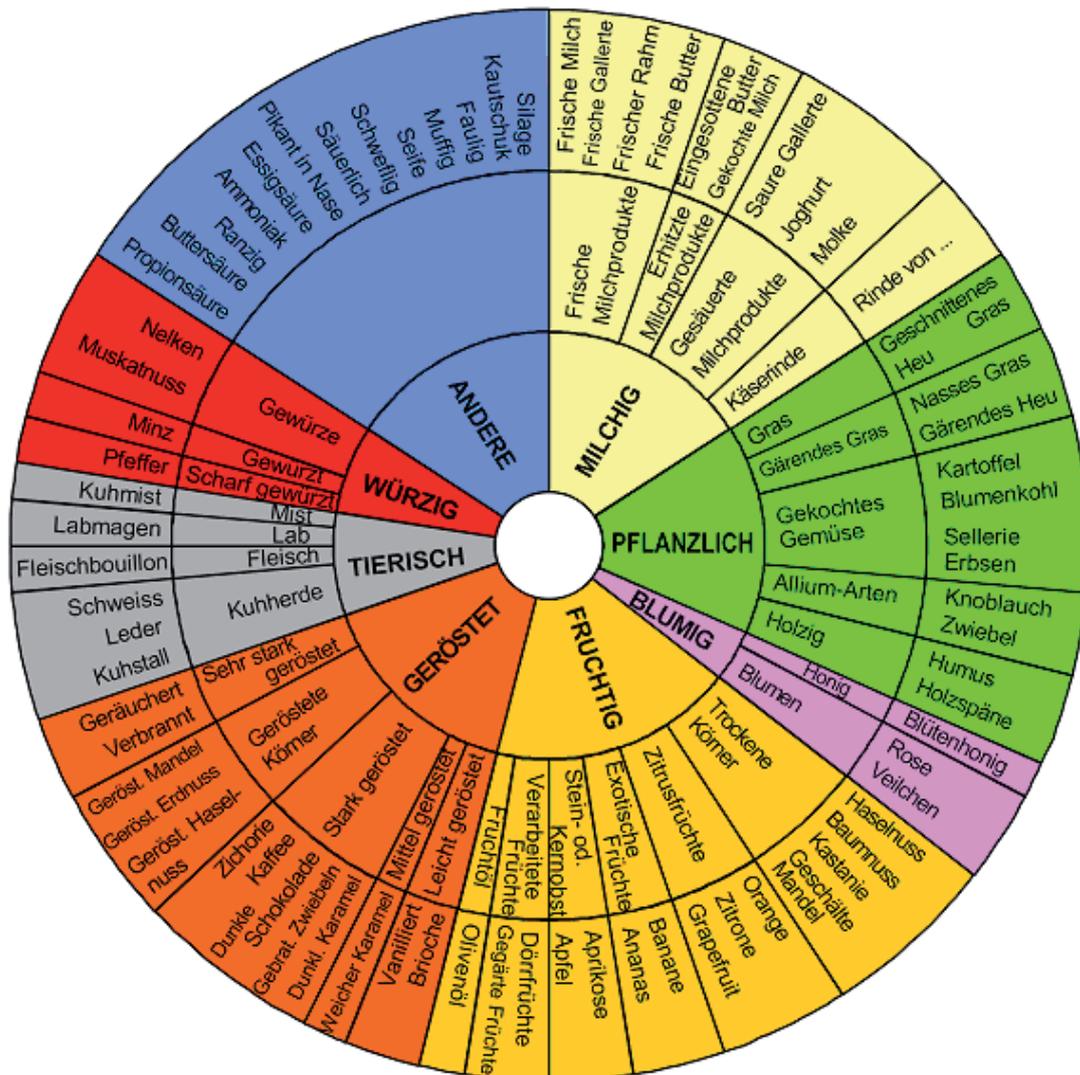


Abb. 2: Wahrnehmung von Geschmacksstoffen und Aromakomponenten in Lebensmitteln

2.4 Nachgeschmack

Tritt nach dem Hinunterschlucken einer Lebensmittelprobe ein neuer Geschmack auf, handelt es sich um den

Nachgeschmack. Das Wort „Geschmack“ ist hier im allgemeinen Sinn zu verstehen und umfasst die Gesamtheit der olfaktorisch-gustatorischen Merkmale.

2.5 Geschmacks- und Aromaintensität

Neben der Qualität der Wahrnehmungen (Geschmacks-empfindungen, Aromanoten) interessiert deren Intensität. Um die Intensität zu beurteilen, braucht der Sensoriker einen Massstab und Referenzproben, und zwar für jede Geschmacksqualität und jede Aromanote, deren

Intensität es zu beurteilen gilt. Objektive sensorische Tests sind daher aufwändig. Abbildung 3 zeigt eine Beurteilungsskala für Bittergeschmack von Käse.

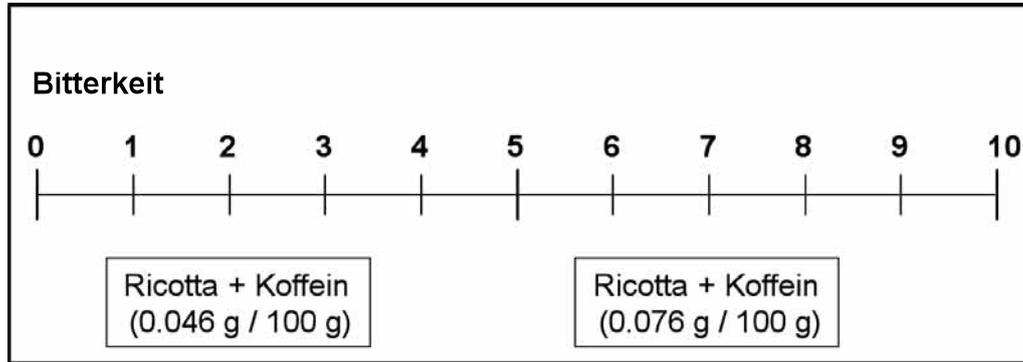


Abb.3. Beispiel einer Intensitätsskala zur Beurteilung des Bittergeschmacks von Käse. Je nach Käsesorte können die Referenzmuster (Ricotta + Koffein) anderen Werten auf der Intensitätsskala zugeordnet sein.

„Fade“ versus „rezent“

Wenn von fadem Geschmack die Rede ist, bezieht sich dies in der Regel tatsächlich auf den Geschmack. Gemeint ist z.B. wenig salzig, wenig sauer, wenig süß oder leer. Letztere Bewertung mag auch die Absenz von Aroma beinhalten. Der Bezeichnung „fade“ entgegengestellt wird – bei Käse - in der Regel die Bezeichnungen wie „rezent“ oder „würzig“. Damit meint man

ganz klar nicht einfach „stärker salzig“. Vielmehr ist das Wort „Geschmack“ auch hier im allgemeinen Sinn zu verstehen und umfasst die Gesamtheit der olfaktorisch-gustatorischen¹ Merkmale, insbesondere auch der trigeminalen Empfindungen.

¹ olfaktorisch = mit dem Geruchssinn wahrnehmbar
gustatorisch = mit dem Geschmackssinn wahrnehmbar

3. Entstehung des Käsearomas

Die Ausbildung des Käsearomas geht - in Abhängigkeit von der Käsesorte - mit einem mehr oder weniger langen Reifungsprozess einher und erfolgt nahezu ausschließlich auf enzymatischen bzw. mikrobiologisch-biochemischen Reaktionswegen. Hierbei unterliegen die Milchbestandteile Protein, Fett und Laktose als wichtigste primäre Substrate der Aromabildung unter der Einwirkung von Lab und den an der Käsereifung beteiligten Mikroorganismen mannigfaltigen Veränderungen.

Milchqualität und -vorbehandlung, die Technologie der Käseherstellung sowie die Arten der beteiligten Mikroorganismen sind neben weiteren Faktoren für die Ausbildung der sortenspezifischen Merkmale entscheidend.

Am Käsearoma sind zahlreiche Stoffklassen beteiligt, wie freie Fettsäuren, schwefelhaltige Verbindungen, Alkohole, Aldehyde und Ketone, Ester, Laktone, Aminosäuren, Peptide, Amine, Phenole und andere mehr.

3.1 Bedeutung der Proteolyse für die Aromabildung im Käse

Die grossen Proteinmoleküle haben in der Regel wenig Wirkung bezüglich Geschmack und Aroma, dies im Gegensatz zu ihren Abbauprodukten. Die Proteolyseprodukte sind in der Regel umso geschmacksaktiver je kleiner sie sind. Geschmacksaktiv sind z.B. die Aminosäuren. Doch der Abbauprozess macht vor den Aminosäuren nicht halt (Abb. 4). Sie können durch Mikroorganismen bzw. deren Enzyme in eine Vielzahl weiterer geschmacksaktiver Stoffe gespalten werden.

Beitrag der Proteinase zur Geschmack- und Aromabildung im Käse

1. Proteolyse in die Breite → Bildung geschmacksaktiver Peptide (können bitter sein!)
2. Die gebildeten Peptide sind Substrat für mikrobielle Peptidasen
3. Veränderung der Teigkonsistenz → leichtere Freisetzung der Aromakomponenten (Aminosäuren, Fettsäuren etc.) beim Kauen.

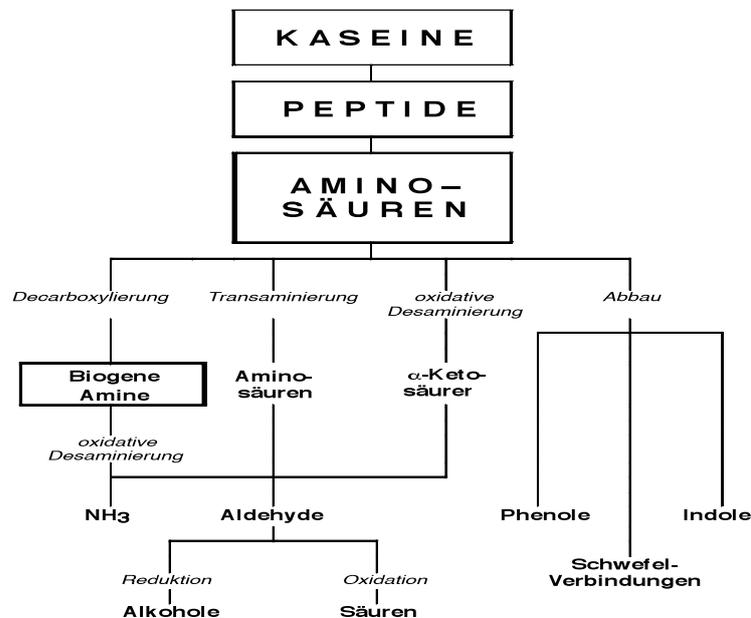


Abb. 4: Wege der Aromabildung durch Proteolyse

Tab. 2. Geschmacksbildung in Käse durch freie Aminosäuren

Aminosäure	sensorischer Schwellenwert mg/100ml	Sbrinz	Gruyère	Emmentaler	Appenzeller	Geschmack			
		18 m mg/100g	8 m mg/100g	6 m mg/100g	4 m mg/100g	süss	sauer	bitter	umami
Alanin	60	93	110	70	58	+++			
Asparaginsäure	3	66	112	30	37		++		+
Glutaminsäure	5	722	1'151	422	492		+++		++
Glycin	130	102	94	47	41	+++			
Histidin	20	135	171	41	70		+++		
Isoleucin	90	177	269	72	115			+++	
Leucin	190	440	524	306	306			+++	
Lysin	50	511	601	280	327	++		++	
Methionin	30	99	114	58	63			+++	
Phenylalanin	90	243	280	156	167			+++	
Prolin	300	416	533	178	238	+++		+++	
Valin	40	306	326	178	-			+++	

Quellen:
 McSweeney PLH et al. In: Fox PF (Ed.), *Advanced Dairy Chemistry*, 2nd ed., vol. 3, 1997, pp. 403–468
 Lavanchy P, Sieber R., *Schweiz. Milchwirtsch. Forschung* 22(4) 59-64, 1993

Tab. 3: Proteolyseprodukte und deren Einfluss auf die sensorische Wahrnehmungen bei Käse

Molekülgrösse	Inhaltsstoffe	Einfluss	Mögliche Attribute
	Proteine	-	
	↓		
	Peptide	(Geschmack)	(ev. bitter)
	↓		
	Oligopeptide	Geschmack	umami, Bouillongeschmack, bitter, süss
	↓		
	Aminosäuren	Geschmack	z.T. umami, süss, bitter; geschmacksverstärkend
	↓↓↓↓		
	Flüchtige Carbonsäuren	Aroma Trigeminale Empfindung	ranzig, muffig, unrein, stechend, beissend
	Ammoniak Biogene Amine	Geschmack Aroma Trigeminale Empfindung	bitter putrid, faulig seifig, brennend
Ketosäuren Ketone, Alkohole	Aroma	süsslich, fruchtig, muffig, ...	
Schwefelverbindungen	Aroma	pilzig, nussig, fruchtig, kohlig, ...	

Herkunft der proteolytischen Enzyme im Käse

- Milcheigene Proteinase (Plasmin, Cathepsin)
- Proteinase und Peptidase der Rohmilchflora
- Proteinase der Gerinnungsmittel
- Proteinase und Peptidase der Kulturorganismen

Bei den **milcheigenen Proteinase** handelt sich um Enzyme, die aus dem Blut in die Milch übergehen. Ihre Aktivität verändert sich in Abhängigkeit vom Laktationsstadium der Kühe und schwankt dadurch mit der

Jahreszeit. Die wichtigste milcheigene Proteinase ist das Plasmin. Stark erhöht ist die proteolytische Aktivität der Rohmilch bei erhöhter Zellzahl! Bei Temperaturen über 50° stellt man eine Zunahme der Plasminaktivität fest, was mit der Inaktivierung von Plasmin-Inhibitoren erklärt wird. Deshalb und weil die Milchgerinnungsenzyme beim Brennen inaktiviert werden, sind die milcheigenen Proteinase sehr wichtig für die primäre Proteolyse im Hartkäse, und damit auch für die Geschmacksbildung im Käse.

Die **Milchgerinnungsenzyme** gehen normalerweise zu weniger als 10% von der Kessmilch in den Käseteig über. Je tiefer der pH-Wert beim Ausziehen und je niedriger die Brenntemperatur umso mehr Restaktivität finden wir im Käse. Bei Halbhart- und Weichkäsen tragen

die Gerinnungsenzyme wesentlich zum Proteinabbau und damit auch zur Geschmacksbildung im Käse bei. Bei Hartkäsen werden sie wegen der hohen Brenntemperaturen weitgehend inaktiviert.

Die proteolytischen Enzyme der Milchsäurebakterien

Wegen ihrer zahlenmässigen Dominanz im Käse sind die Milchsäurebakterien sehr wichtig für die Proteolyse. Bei mesophilen Kulturen ist vor allem die Proteolyse in die Breite ausgeprägt (Proteinase-Aktivität dominiert), wogegen thermophile Kulturen wegen der Präsenz von Laktobazillen mit ihrer höheren Peptidase-Aktivität die Proteolyse in die Tiefe verstärken (Tab.4). Letzteres gilt besonders für *Lb. helveticus*, weshalb dieser gerne zur Intensivierung der Reifung eingesetzt wird. Da eine forcierte Proteolyse auch mit einem erhöhten Nachgärungsrisiko einhergeht, sind die RMK von ALP frei von *Lb. helveticus*.

Der Verlauf der Proteolyse im Käse ist äusserst komplex, weil so viele verschiedene Enzyme beteiligt sind, die teilweise zu unterschiedlichen Zeitpunkten „ins Spiel“ kommen (Bsp. Späte Freisetzung aus lysierenden Bakterienzellen) und ihre Aktivität während der Käsereifung (steigender pH-Wert!) in unterschiedlicher Weise verändern. In Tab.4 sind Tendenzen aufgezeigt, wie Prozessparameter und Millieufaktoren die Proteolyse beeinflussen. Die Komplexität der Proteolyse macht es auch schwierig, sie – z.B. Auftreten von Bittergeschmack (siehe weiter unten) – ganz gezielt zu beeinflussen.

Tab. 4: Einfluss der Fabrikationsschritte auf die Proteolyse im Käse

Einflussfaktor	Proteolyseintensität insgesamt	Proteolyse in die Breite	Proteolyse in die Tiefe
Mesophile Kultur		↑	
Thermophile Kultur			↑
- Anteil Laktobazillen ↑	↑	↑	↑↑
<i>Lb. helveticus</i>	↑	↑	↑↑↑
Schüttmenge ↑	↑	↑	↑
Labmenge ↑	↑	↑↑	sekundär ↑
Wassergehalt ↑	↑↑	↑↑	↑
pH-Wert ↑	↑	↑↑	↑
Brenntemperatur ↑	↓	↓	↑
Reifungstemperatur ↑	↑↑	↑↑	↑
Reifungsdauer ↑	↑	↑	↑

3.2 Bedeutung der Lipolyse für die Aromabildung

Die enzymatische Spaltung des Milchfettes (Triglyceride) ist ein Vorgang, der wesentlich zum Käsearoma beiträgt, aber auch zu Fehl aroma (Ranzigkeit) führen kann. Die Beeinflussung des Aromas beruht auf der Freisetzung der flüchtigen und sehr geruchsintensiven Fettsäuren, genauer von Buttersäure und Capronsäure, aus den Triglyceriden (Abb. 5).

Die Lipasen katalysieren die Reaktion, die nur in Gegenwart von Wasser abläuft. Man spricht darum auch von der Fetthydrolyse. Für die Lipolyse im Käse sind Lipasen aus verschiedenen Quellen verantwortlich:

- milcheigene Lipase (ausser bei hoch gebrannten Käsen und Käsen aus pasteurisierter Milch, da die milcheigene Lipase thermolabil ist)
- Lipasen der Rohmilchflora. Vor allem psychrotrophe (kältetolerante) Keime sind bekannt für die Bildung von hitzeresistenten Lipasen von zum Teil hoher Aktivität
- Lipasen der Milchsäurebakterien, deren Beitrag aber in der Regel bescheiden ist
- Lipasen der Propionsäurebakterien (beim Emmentaler)

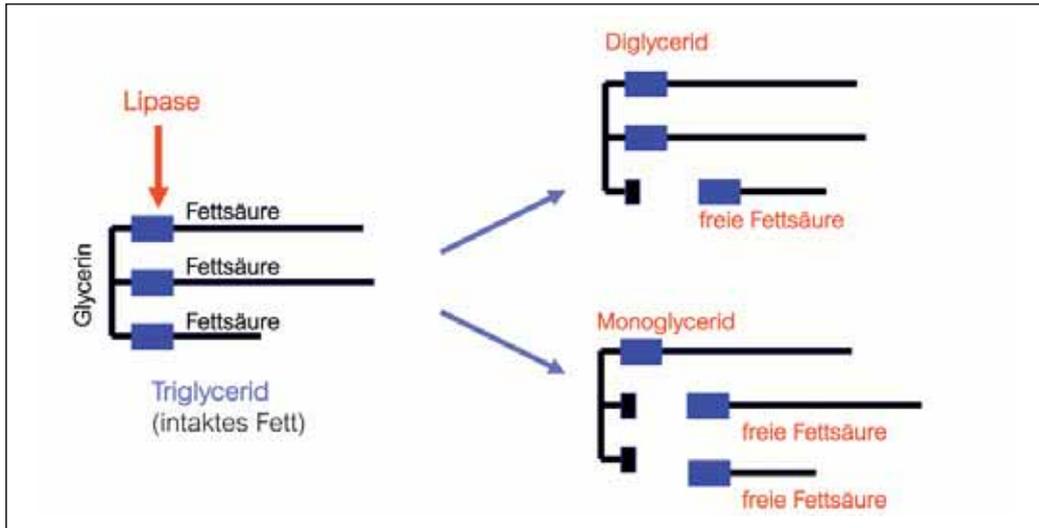


Abb. 5: Schematische Darstellung der Fetthydrolyse

Bei gewissen Käsesorten wie z.B. Provolone wird die Lipolyse durch den Zusatz von lipasehaltiger Labpaste bewusst gefördert. Stark lipolytisch ist auch Penicillium roqueforti, weshalb die Blauschimmelkäse vergleichsweise sehr hohe Gehalte an freien Fettsäuren aufweisen. Um die Lipolyse zu fördern, wird die Milch bei der Herstellung des dänischen Blauschimmelkäses „Danablu“ homogenisiert.

Eine minimale, für die Ausprägung des Aromas trotzdem bedeutende Lipolyse ist aber in jedem reifenden Käse festzustellen. Sie verläuft oft nicht linear. Der Grund da-

für liegt möglicherweise in der Auflösung der Zellwände von Milchsäurebakterien und der dadurch bedingten Freisetzung von Lipasen. Beim Emmentaler verstärkt sich die Proteolyse abhängig von der Dauer der Prop-Gärung.

Da Buttersäure im Käse auch durch Fehlgärung entstehen kann, ist die Capronsäure der bessere Indikator für die Lipolyse. Sofern nicht noch Buttersäure aus Fehlgärungen oder aus der Proteolyse gebildet wurde, liegt der Buttersäurewert 2.5 bis 4 x höher als der Capronsäurewert. Bei Gruyère beträgt der Faktor proteolysebedingt bis 7x.

Tab. 5: Typische Gehalte an freier Buttersäure und Capronsäure in verschiedenen Käsesorten

	Lipase-Aktivität IE/kg	Buttersäure mmol/kg	Capronsäure mmol/kg
Emmentaler (4m)	200 - 240	< 1	< 0.3
Gruyère (4 m)		< 1 (< 1.5)	< 0.2
Raclette past.	130	< 1	< 0.2
Sbrinz (18 m)		< 1	< 0.2
Berner Alpkäse (13 m)		2 – 3	0.5 – 0.8
Blauschimmelkäse	500 - 1300	15	5

Freie Fettsäuren und Glycerin können weiter umgesetzt werden zu Ketosäuren, Methylketon, Aceton und an-

deren Produkten, die ebenfalls als Aromakomponenten von Käse in Erscheinung treten.

4. Beeinflussung des Käsearomas durch die Käsetechnologie

4.1 Übersicht

Die grosse Käsevielfalt verdanken wir der Tatsache, dass sich die vielen Herstellungsschritte in spezifischer Weise auf die Zusammensetzung und die mikrobiologi-

schen und biochemischen Vorgänge im Käse auswirken (Tab. 6).

Tab. 6: Die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Entwicklung von Geschmack und Aroma von Käse

Faktor		Geschmack	Aroma	Trigeminale Empfindungen
Rohmilch	Fütterung		X	
	Zellzahl	X	X	
	Lipolyseanfälligkeit		X	X
Milchlagerung	Mikroflora	X	X	X
	Temperatur / Zeit	X	X	X
Entrahmung	Fettgehalt		X	X
Thermische Behandlung	Temperatur / Zeit	X	X	X
Kulturen	Kulturen(-Mix)	X	X	X
	Schüttmenge	X		
Dicklegung	Labstoff	X	X	
	Labmenge	X	X	
Bruchbereitung	Bruchkorngösse	X		
Brennen	Brenntemperatur	X	X	
	pH beim Ausziehen	X	X	
Pressen	Temperatur- und pH-Verlauf	X	X	
Salzbad	Salzaufnahme	X		X
Reifung	Oberflächenflora	X	X	
	Feuchte	X	X	
	Temperatur	X	X	
	Dauer	X	X	X

4.2 Bedeutung der Rohmilch und Milchlagerung

Der Einfluss der Rohmilch besteht zunächst in deren Gehalt an Aromakomponenten aus dem Futter, welche z.B. bei Alpkäse von Bedeutung sind. Milch enthält zudem verschiedene aus dem Blut und aus somatischen Zellen stammende Enzyme, die wichtige Abbauprozesse katalysieren, insbesondere Proteasen und die milcheigene Lipase. Für Rohmilchkäse sind zudem Aktivität und Zusammensetzung der Rohmilchflora von entscheidender Bedeutung.

Bei verschiedenen Rohmilchkäsesorten wird die Abendmilch im Interesse der Geschmacks- und Aromaentwick-

lung bei Temperaturen von 13 bis 15°C (bei gewissen Alpkäse sogar 18°C) gelagert. Dies geht aber mit einem höheren Risiko von Käsefehlern einher und erfordert daher eine ausgezeichnete Milchqualität. Höhere Milchlagerertemperaturen können gewisse Käsefehler aber auch vermindern. Bei Lagerung im Kessi nimmt die Milch bei höherer Temperatur mehr Kupfer auf und gleichzeitig wird die Aktivierung der Lipase reduziert. Beides wirkt sich hemmend auf die Fettspaltung aus.

Tab. 7. Einfluss von Mikroorganismen der Rohmilchflora auf Geschmack- und Aromabildung in Käse

	Proteolyse	Lipolyse	Spezielle Wirkungen bzgl. Geschmack und Aroma
Obligat heterofermentative Laktobazillen	stark proteolytisch Aminosäureabbau	wenig lipolytisch	bilden Histamin (brennend, pikant) Essigsäure aus Laktose
Enterokokken	stark proteolytisch Aminosäureabbau	wenig lipolytisch	bilden Tyramin (brennend, reif)
Mikrokokken	stark proteolytisch	ja	
Enterobakterien	mässig bis stark proteolytisch Aminosäureabbau	wenig bis stark lipolytisch	Bildung von Essigsäure und Ameisensäure (stechend, säuerlich) bilden Cadaverin, Putrescin (faulig, fäkal)
Clostridien	mässig bis sehr stark proteolytisch	mässig bis stark lipolytisch	Bildung von Buttersäure und iso-Carbonsäuren (starker Off-Flavour)
Hefen	mässig bis stark proteolytisch Aminosäureabbau	mässig bis stark lipolytisch	Milchsäureabbau/ starke pH-Erhöhung Ammoniakbildung
Schimmelpilze	mässig bis stark proteolytisch Aminosäureabbau	stark lipolytisch	Milchsäureabbau/ starke pH-Erhöhung Ammoniakbildung
Brevibakterien und andere Coryneforme Bakterien	mässig bis stark proteolytisch Aminosäureabbau	stark lipolytisch	Milchsäureabbau/ starke pH-Erhöhung Ammoniakbildung Schmierearoma

4.3 Milchstandardisierung und Behandlung

Fett ist ein Aromaträger und beeinflusst über den Wff des Käses, den es mit beeinflusst, nicht nur die Konsistenz, sondern auch die mikrobiologischen und biochemischen Vorgänge im Käse. Magerkäse, Vollfett- und Rahmkäse sind daher deutlich verschieden in der Geschmacks- und Aromaentwicklung.

Ein noch wichtigerer Faktor ist die thermische Behandlung der Milch. Sie verändert, je nach Temperatur in

unterschiedlichem Masse, die Mikroflora der Milch und die Aktivität der Enzyme in der Milch. Käse aus pasteurisierter Milch sind darum milder im Geschmack und von gewissen Käsefehlern wie z.B. Ranzigkeit, Nachgärung, Bildung von biogenen Aminen etc. seltener betroffen. Bei Hartkäse kann eine Hitzebehandlung der Milch aber auch von Nachteil sein, indem die Entstehung von Bittergeschmack eher gefördert wird.

4.4 Kulturen

Die grosse Bedeutung der Kulturen für die Geschmack- und Aromaentwicklung ist wohlbekannt. Je nach Art der Organismen sind sie zu ganz anderen Stoffwechsellösungen fähig, denken wir nur an homo- und heterofermentative Milchsäurebakterien, an Propionsäurebakterien oder Brevibakterien (Tab. 8). Aber selbst die verschiedenen Stämme derselben Bakterienspezies unterscheiden sich in vielfältiger Weise, häufig bezüglich:

- Hitzeresistenz
- Säuretoleranz
- Wachstumsgeschwindigkeit
- Proteolytische Aktivität (Proteinasen und Peptidasen)
- Spezifische Stoffwechselprodukte. Beispiel: Diacetylbildung

Kulturenentwickler machen sich dies bei der Entwicklung von Kulturen mit massgeschneiderten Eigenschaften zunutze. Auch ALP forscht an der Entwicklung von aromabildenden Kulturen. Ein Produkt dieser Arbeiten ist die Fackel-Kultur „Lc 18121“, die eine sehr starke Diacetylbildung zeigt und dadurch ein starkes Butteraroma entwickelt. Mit Yogodu von Emmi gab es auch bereits einen Frischkäse, der diese Kultur enthielt. Das Diacetyl kommt in Frischkäse am besten zur Geltung. Bei längerer Reifung von Käse wird der Aromastoff selbst wieder abgebaut. Ob der Wechsel von einer Kultur eine Verbesserung der Käsequalität bringt, zeigt im Prinzip erst ein Versuch mit dem gegebenen Rohstoff und unter den gegebenen Fabrikationsbedingungen. Ob der Wechsel von einer Kultur eine Verbesserung der Käsequalität bringt, zeigt im Prinzip erst ein Versuch mit dem gegebenen Rohstoff und unter den gegebenen Fabrikationsbedingungen.

Tab 8: Geschmack- und aromarelevante Eigenschaften der Gärungsorganismen

	Proteolyse	Lipolyse	Sonstige Wirkungen bzgl. Geschmack und Aroma (nicht abschliessend)
<i>Lactococcus lactis</i>	betont in die Breite	stärker als bei thermophilen Kulturen	bilden z.T. Diacetyl (Butteraroma)
<i>Streptococcus salivarius ssp. thermophilus</i>	wenig proteolytisch	wenig lipolytisch	bilden Aldehyde
<i>Lactobacillus delbrückii ssp. lactis</i>	stark proteolytisch Betont in die Tiefe	wenig lipolytisch	bilden Aldehyde
<i>Lactobacillus helveticus</i>	stark bis sehr stark proteolytisch Betont in die Tiefe	wenig lipolytisch	
<i>Lactobacillus casei</i>	stark proteolytisch	wenig lipolytisch	Bildung von Essigsäure und Ameisensäure (stechend), teilweise Diacetyl
Propionsäurebakterien	fördern Proteolyse Aminosäureabbau (Asparaginsäure)	stärker lipolytisch	Bildung von Propionsäure (süßlich, nussig) und Essigsäure (stechend)

4.5 Bedeutung des Kochsalzes

Kochsalz hat eine mehrfache Bedeutung für die sensorische Qualität von Käse:

1. Kochsalz ist verantwortlich für den salzigen Geschmack. Die meisten Leute mögen Salziges. Dies ist einerseits eine angeborene Reaktion, andererseits wird die Vorliebe für Salziges in der Kindheit weiter geprägt.
2. Salz steht in Wechselwirkung mit anderen Komponenten des Flavours. So ist Salz ein leistungsstarker Suppressor zahlreicher bitterer Substanzen und verstärkt die Wahrnehmung von Zucker. Ausserdem wirkt Salz geschmacksverstärkend.

Je nach Käsesorte ist ein anderer Salzgehalt erforderlich, damit wir ihn nicht als fade empfinden. Bei Emmentaler liegt dieser Wert bei 0.4 %, bei Gruyère bei etwa 1.2%, bei Sbrinz bei 1.5 %, bei Halbhartkäse bei rund 1.5 %. Noch salzreicher sind gewisse Weisschimmelkäse. Aus oben Gesagtem folgt auch, dass Geschmacks- und Aromafehler bei tiefen Salzgehalten eher wahrgenommen werden.

5. Aromafehler durch Veränderung der Fettphase

5.1 Fettoxidation / Talgigkeit

Das Milchfett enthält rund 30% ungesättigte Fettsäuren. Diese reagieren in Gegenwart von Licht oder Kupfer leicht mit Sauerstoff zu Peroxyden, welche in der Folge zu flüchtigen Stoffen wie Hexanal zerfallen. Wir nehmen die Reaktionsprodukte der Fettoxidation als talgigen, muffigen Geruch und Geschmack wahr. Fettoxidation schädigt ausserdem die Bekömmlichkeit des Fettes.

Fettoxidation tritt bei geschmierten Käsen selten auf, da kaum Sauerstoff ins Käseinnere diffundieren kann. Tritt Talgigkeit bei solchen Käsen auf, so wurde die Fettoxi-

tion schon in der Milch initiiert. Mechanische Fettschädigung verbunden mit Lichteinwirkung und/oder Kontamination mit Kupfer oder Eisen sind mögliche Ursachen.

Bei trocken gereiften Käsesorten (Sbrinz, Emmentaler, Hobelkäse) kann Fettoxidation in der Randzone auftreten. Da bei Hobelkäse vor dem Konsum kaum Rinde entfernt wird, trägt die Fettoxidation ohne Zweifel mit zum typischen Aroma dieser Käse bei. Übermässig lange Reifung von 30 und mehr Monaten sollte vermieden werden.

5.2 Ranzigkeit

5.2.1 Gefährdete Käsesorten

Ranzigkeit ist ein gefürchteter Käsefehler, der sporadisch auftritt, aber immer wieder grosse Einzelschäden verursacht. Besonders gefährdet sind Käse, die aus Rohmilch oder thermisierter Milch hergestellt sind, denn bei Pasteurisationsbedingungen wird die milcheigene Lipase inaktiviert. Leichter wahrnehmbar ist Ranzigkeit in noch eher jungen, milden Käse. Und, je tiefer der pH-Wert des Käses, desto eher steigen Buttersäure und Capron-

säure in die Nase! Mit steigendem pH-Wert werden die Säuren nämlich zunehmend als Salze gebunden. Ranzige Käse sind aber wegen der bei der Lipolyse freigesetzten Säuren gerne etwas tiefer im pH-Wert als normale Käse.

Ranziger Käse hat häufig auch einen adstringierenden, ev. sogar bitteren Off-Flavour, hervorgerufen durch nicht flüchtige freie Fettsäuren und Diglyceride.

5.2.2 Ursachen

Ranziges Aroma ist ein Käsefehler, dessen Ursache in der Regel in der Milch zu suchen ist. Anders gesagt: Eine übermässige Fettspaltung im Käse beginnt schon in der Kessmilch und nur sehr selten, wenn überhaupt, ist das Problem mikrobiologisch-hygienischer Natur.

Lipase kommen im Gewebe des Körpers in grösseren Mengen vor. In der Milch sind kleine Mengen dieser „originären“ Lipase normal. Im Zusammenhang mit hormonalen Störungen oder Hormonbehandlungen können deutlich grössere Mengen ausgeschüttet werden.

In der Regel ist nur ungeschütztes Milchfett lipolyseanfällig. Doch es gibt Ausnahmen. Wir unterscheiden deshalb:

Induzierte Lipolyse

mechanisch induzierter Lipolyse

- Wird ausgelöst durch mechanische Schädigung der Fettkügelchenmembran

temperatur- induzierte Lipolyse

- Wird ausgelöst wenn vorgekühlte Milch wieder auf 25-35°C erwärmt und dann wieder auf <10°C gekühlt wird

Spontane Lipolyse:

- Die Lipolyse schreitet ohne mechanische Schädigung des Milchfettes voran

Da das Milchfett in der Kessmilch immer eine gewisse mechanische Fettschädigung aufweist, sind spontane und induzierte Lipolyse in der Praxis schwer auseinanderzuhalten. Grundsätzlich enthält jede Rohmilch genügend Lipase, um das vorhandene lipolysierbare Fett zu spalten.

Gemäss Literatur fördern die folgenden Faktoren die Lipolyseanfälligkeit des Milchfettes.

Faktoren auf Ebene Tier – Milchgewinnung

- kurze Melkintervalle unter 8 h
- Melktechnik (siehe Praxisfall unten)
- Fütterungsfehler (Energiedefizit)
- Zellzahlen > 500'000/ml
- Blutbestandteile in der Milch
- Hormonelle Störungen im Sexualzyklus, Eierstockzysten
- Spätlaktation
- < 3kg Milch pro Gemelk

Faktoren auf Ebene Milchezusammensetzung

- Milchfettkügelchengrösse: Grosse Fettkügelchen sind anfälliger auf mechanische Schädigung
- Schmelzpunkt des Fettes (Jahreszeit: Wi > So)
- Präsenz von Lipase-Aktivatoren (gewisse Blutkomponenten)
- Präsenz von Lipase-Inhibitoren (Proteose-Pepton)

Faktoren im Bereich Milchlagerung und -transport

- Temperaturwechsel (siehe oben: temperaturinduzierte Lipolyse)
- Anfrieren/Gefrieren der Milch
- Rühren im kalten Zustand
- Turbulente Strömungen
- Schaumbildung

Faktoren im Bereich Käseherstellung

- **Zentrifugation** bei einer Temperatur zwischen 25°C und 35°C erhöht das Risiko. Bei 40°C und höher resultiert die beste Entrahmung und gleichzeitig geringste Fettschädigung
- **Mischmilch ist immer weniger lipolyseanfällig** als der Durchschnitt der Einzelgemelke. Kleine Produktionen sind daher mehr gefährdet.
- **Kupferhemmt die Lipolyse.** Durch die Lagerung der Abendmilch im Kessi vermindert sich das Risiko. Tanklagerung der Milch, grosse Fertiger sowie Chargenfabrikation erhöhen das Risiko.
- **Thermische Milchbehandlung** und hohe **Brenntemperaturen** senken das Risiko, da die Lipase inaktiviert wird (weitgehend vollständige Inaktivierung des Enzyms bei 72°/15s)

Obwohl die mechanische Schädigung des Milchfettes von wesentlicher Bedeutung für die Lipolyse ist, so zeigt die Käsepraxis gleichwohl, dass die mechanische Fettschädigung in der Regel nicht die eigentliche Ursache, sondern ein fördernder Faktor ist.

5.2.3 Nachweis von lipolyseanfälliger Milch

Bestimmung der Lipaseaktivität

ALP verwendet hierfür einen kommerziellen enzymatischen Test, der vor allem auf den Nachweis der milcheigenen Lipase zugeschnitten ist. Lipolyseanfällige Frischmilch mit hoher Lipaseaktivität kann mit dem Test erkannt werden. In der Analyse von Rückstellproben aus Schadenfällen waren die Ergebnisse nicht brauchbar.

Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren (GC-Direkt-Methode)

Freie Buttersäure in Milch kann gaschromatographisch mit wenig Aufwand zuverlässig bestimmt werden. Da es in Milch keine anderen Buttersäurequellen gibt als die Lipolyse ist der Wert auch aussagekräftig. Nachteilig ist, dass zwei Messungen im Abstand von 24 h erforderlich scheinen, um eine Milch beurteilen zu können.

Probennahme

Zur Überwachung der Lipolyseanfälligkeit der Milch eignen sich Kessimilchproben. Dazu 10 ml Milch in entsprechend dimensioniertem Röhrchen (1 ml Kopfraum freilassen) möglichst schnell einfrieren. Da der Gefrierprozess zu einer gewissen Fettschädigung führt, wäre die Untersuchung der frischen Milch ohne vorgängiges Einfrieren grundsätzlich vorzuziehen. Frische Proben erfordern aber eine vorgängige Absprache mit dem Labor.

Schlecht geeignet sind Mischproben von über mehrere Tagen gesammelten Einzelgemelken, da sie von stark eingeschränkter Aussagekraft sind (Verlust an Lipaseaktivität; Kontamination mit psychrotrophen, lipolytischen Keimen etc.).

5.2.4 Praxisfall: Ranzige Käse verursacht durch Melkroboter

In einem grossen Schadenfall wegen ranziger Käse wurde ein mit Melkroboter (AMS) ausgerüsteter Milchlieferant als Verursacher identifiziert. Zur Abklärung des Einflusses des Melksystems auf die Milchqualität wurden je 6 Betriebe mit AMS, Melkstand bzw. Rohrmelkanlage miteinander verglichen. Milch aus AMS zeigte eine intensivere Lipolyse als die Milch der anderen Melksysteme. Zwischen den AMS-Betrieben gab es aber grosse Unterschiede.

So wurden die Einflussfaktoren auf die Lipolyse in der Milch des Melkroboter-Betriebes untersucht. Bei Zwischenmelkzeiten von < 7,5 h nahm die Häufigkeit von Gemelken mit erhöhter Lipolyse stark zu. Zwischen den Kühen zeigten sich grosse individuelle Unterschiede. Milch von „robusten“ Kühen zeigte recht tiefe Lipasewerte auch bei kurzen Zwischenmelkzeiten und wenig Lipolyse (Tab. 9). Die Milch von „anfälligen“ Kühen (nur gesunde Tiere!) zeigte eine stets hohe Lipaseaktivität, was aber nur bei kurzen Zwischenmelkzeiten zu stark erhöhter Fettspaltung führte.

Tab. 9: Einfluss der Zwischenmelkzeit auf die Bildung von freier Buttersäure in der Milch von Kühen mit erhöhter Lipolyseanfälligkeit des Milchfettes. Kontrollgruppe: Tiere mit einwandfreier Milch. Alle Tiere mit Melkroboter gemolken.

	Zwischenmelkzeit (ZMZ)	Lipaseaktivität (Durchschnittswert) IE/L	Freie Buttersäure (Durchschnittswert) $\mu\text{mol/L}$
Kontrollgruppe	< 7.5 h	72	24
Gruppen 1+2 mit anfälligen Kühen	5 h	155	460
Gruppen 1+2 mit anfälligen Kühen	11 h	131	85

Die Milch aus dem oben beschriebenen Versuch (Tab. 9) wurde zu Modellkäsen (Rezeptur Gruyère) verarbeitet. Bei den Gruppen mit „anfälligen“ Kühen führte die kurze Zwischenmelkzeit zu einer sensorisch gut

wahrnehmbaren Buttersäurebildung schon während der Fabrikation und die Käse entwickelten einen ranzigen Geschmack (Abb. 6). Bei der langen Zwischenmelkzeit blieben die Buttersäurewerte im Normbereich.

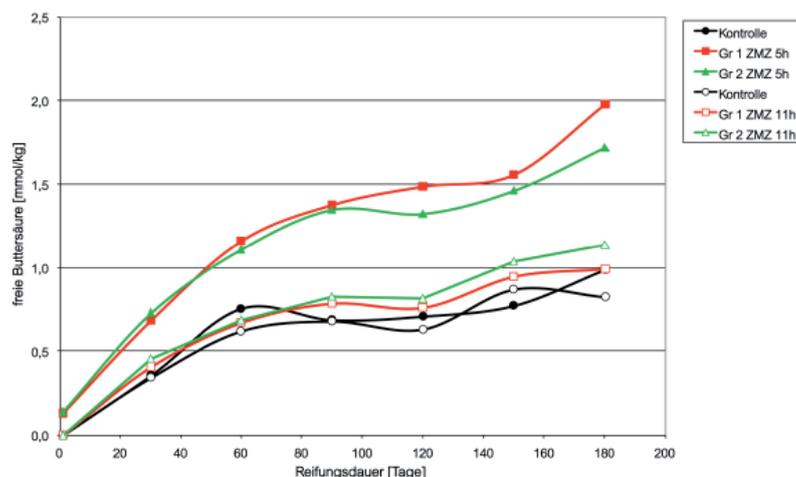


Abb. 6: Einfluss der Zwischenmelkzeit auf die Bildung von freier Buttersäure in Hartkäse (Gruyère-Rezeptur). Beschreibung der Milch siehe (Tab. 9).

Schlussfolgerung aus dem Melkroboter-Versuch

Die Milchgewinnung mit AMS stellt für die Herstellung von Käse aus nicht pasteurisierter Milch ein Risiko dar. Bei Begrenzung der Zwischenmelkzeiten der Einzeltiere

auf Werte nicht unter 7,5 h und einem gutem Management kann aber auch mit AMS einwandfreie Käseeremilch produziert werden.

6. Geschmacks- und Aromafehler durch fehlerhafte Proteolyse

6.1 Bittergeschmack

Bittergeschmack ist in Käse im Allgemeinen sehr unerwünscht, obwohl eine leicht bittere Note für gewisse Halbhartkäsesorten nicht untypisch ist. Im ALP forum Nr. 21/2005 „Bittergeschmack von Käse“ wurde das Thema ausführlich behandelt. Darum sei hier nur das wichtigste zusammengefasst:

- Die Entwicklung von Bittergeschmack geht mit der Reifung in die Breite einher (Bildung von Bitterpeptiden)
- Im Zuge der Reifung in die Tiefe können die Bitterpeptide wieder abgebaut werden
- Besonders bei Hartkäse ist Bittergeschmack meist ein vorübergehendes Phänomen
- Die Entstehung von Bittergeschmack hängt von der Zusammensetzung des „Cocktails“ von Proteinasen und Peptidasen (milcheigene, aus Labstoff, mikrobielle) und deren Aktivität ab, was von zahlreichen Faktoren abhängt, nicht zuletzt auch von technologischen Parametern.

Entstehung von Bittergeschmack im Käse

Folgende Faktoren begünstigen Bittergeschmack (Generelle Tendenz)

- Hohe Labmenge
- ungeeigneter Labstoff (z.B. Suparen für Weichkäse)
- stürmische Säuerung, tiefer pH-Wert beim Ausziehen
- tiefer Kochsalzgehalt (<5% in der wässrigen Phase)
- hoher Wassergehalt
- erhöhte Reifungstemperatur
- schlechte Säuerung

Die wichtigsten Massnahmen beim Auftreten von Bittergeschmack

- Andere Kultur(en) testen (z.B. Kultur mit anderen Stämme, mesophiler Starter mit thermophiler Kultur kombinieren)
- Kulturenmenge reduzieren (Säuerungskurve anpassen)
- Wasserzusatz reduzieren
- Labmenge reduzieren
- ev. Labstoff austauschen
- Kochsalzgehalt - sofern tief - erhöhen
- Wassergehalt tendenziell senken
- Kellertemperatur anpassen

6.2 Geschmacks- und Aromafehler verursacht durch biogene Amine

Biogene Amine entstehen bei der Zersetzung von Aminosäuren unter Bildung von Kohlendioxidgas (Abb. 7) durch unerwünschte Mikroorganismen. Biogene Amine sind also ein Produkt der fortgeschrittenen Proteolyse,

darum finden wir sie vor allem in gut ausgereiften Käsen. Betroffen sind vor allem Emmentaler, Alpkäse sowie Halbhartkäse aus Rohmilch oder thermisierter Milch.

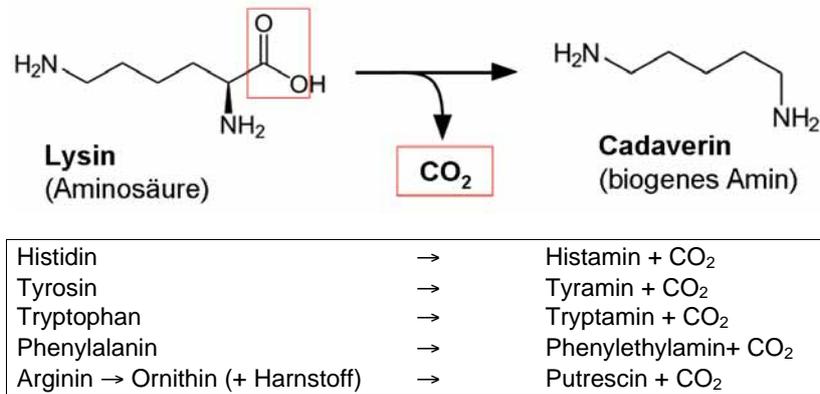


Abb. 7: Bildung der wichtigsten biogenen Amine, die in Käse vorkommen können.

Die Anreicherung von biogenen Aminen im Käse beeinträchtigt Aroma und Geschmack erheblich: fischig, seifig, faulig, fäkal sind wenig schmeichelhafte Aromattribute von Käse, der viel Putrescin und/oder Cadaverin enthält. Käse, die mehrere 100mg Histamin und/oder Tyramin enthalten, brennen auf der Zunge und sind darüber hinaus wenig bekömmlich. Wegen der mit der Bildung von biogenen Aminen verbundenen CO₂-Bildung weisen die fehlerhaften Käse übrigens gerne auch Gläs auf.

Die biogenen Amine sind basische Stoffe, die im sauren Milieu Salze bilden. Nur bei höheren pH-Werten liegen sie als freie Basen vor und sind flüchtig. Stark ausgereifte Käse neigen darum nicht nur wegen der stärkeren Proteolyse, sondern auch wegen der höheren pH-Werte mehr zu Aromafehlern, die durch biogene Amine verursacht sind.

Typische Bildner von Putrescin und Cadaverin sind Enterobakterien (z.B. E. coli). Erhöhte Tyraminwerte gehen oft mit erhöhten Keimzahlen für Salztolerante, insbesondere Enterokokken, einher. Als Histaminbildner treten vor allem gewisse Vertreter der obligat heterofermentativen Laktobazillen (z.B. Lb. buchneri) in Erscheinung.

Um die Bildung von biogenen Aminen einzudämmen, ist vor allem bei der Rohmilchqualität und der Milchlagerung anzusetzen. Käse, die zur Bildung von biogenen Aminen neigen, sollten ausserdem nicht lange ausgereift werden.

7. Ergebnisse aus Versuchen und Praxiserfahrungen

Einfluss der Fabrikationsschritte und Reifung beim Appenzeller

Veränderung	Einfluss auf Geschmack & Aroma
Längere Milchlagerung 12h → 24h, 36 h (8°C)	Geschmack-/Aromaqualität ↓
Milchlagerung >11°C/24h	unrein
Schüttmenge auf die Hälfte reduziert (1 ‰)	weniger bitter (aber weisser, zweifarbig)
Dicklegung mit Suparen	unrein
Dicklegung mit Fromase TL	reifer, bitter, unrein
Brenn- und Ausziehtemperatur >48°C	atypischer Geschmack
tiefe Ausziehtemperatur (<40°C)	unrein
Brenntemperatur 50°C, Ausziehtemp. 44°C	reifer im Geschmack und reiner, besser
weniger Salz	unrein

Einfluss der Fabrikationsschritte und Reifung beim Rohmilchtsiter

Veränderung	Einfluss auf Geschmack & Aroma
Direktstarter (meso-/thermophil, mit Lb. helveticus)	unrein, schlechte Säuerung
Kulturenbebrütung bei 45°C	deutlich bitter
Thermisation (vs. Rohmilch)	feiner, typischer „Geschmack“
Ausziehtemperatur 46→41°C	leicht bitter
Ausziehtemperatur 41→38°C	leicht bitter, leicht sauer
Wasserzusatz in Sirte 12→24%	leicht bitter + leicht metallisch
Dicklegung mit Suparen	deutlich bitter
Dicklegung mit Fromase TL	deutlich bitter
weniger Salz im Käse	stark unrein

Einfluss der Fabrikationsschritte und Reifung beim Sbrinz

Veränderung	Einfluss auf Geschmack & Aroma
RMK 202 / RMK 305	reifer
RMK 305	leicht reifer
RMK 101	tendenziell milder, „leicht bitter“
RMK 202 oder RMK 302 mit RMK 190(50°SH)	bessere Geschmacksnote
FSK Fidenza (allein oder als Zusatzkultur)	reifer / fruchtiger / würziger
Schüttmenge 1.5 – 3.0 ‰	kein Unterschied
längere Fabrikation	weniger bitter
Salzbaddauer 10 – 20 Tage	reifer, weniger bitter
höhere Reifungsfeuchtigkeit	bessere Geschmacksnote, reiner
höhere Reifungstemperatur in Handlung (11–14°C)	frühere Verkaufsreife

Einfluss der Fabrikationsschritte und Reifung beim Gruyère

Veränderung	Einfluss auf Geschmack & Aroma
Säuregrad der Kultur ↑	Proteolyse in die Tiefe ↑, Aromaintensität ↑
Fettsirtenkultur statt Milchkultur	Aromaintensität ↑
Tiefere Pressraumtemperatur	Unrein, bitter
Überstellen der Milch	Bittergeschmack↑
Brenntemperatur 59°C	Restzucker, Proteolyse in die Breite↑ Fehlaroma
Salzgehalt > 16g/kg	zu salzig
Schüttmenge 1.3‰ → 0.2‰	Schlechte Säuerung, Proteolyse↑ Sensorik↓
Schüttmenge 1‰ → 5‰	bitter
Schüttmenge 1‰ → 10‰	unrein
Bruchkorngrosse ↑	Proteolyse↓
Kellertemperatur 15°C→20°C	Reifegrad↑ unrein, atypisch (häufiger Propionsäure)
Ammoniakgehalt der Luft (Keller) ↑	Aroma häufiger atypisch (häufiger Propionsäure)

Einfluss der Fabrikationsschritte und Reifung beim Emmentaler

Veränderung	Einfluss auf Geschmack & Aroma
Vorreifen der Abendmilch mit MMK 501	tendenziell mehr Aroma
MK 401	reifer (mehr Geschmack)
MK 3012	Aromaintensität ↑
Einsatz von Fakhel-Kulturen allgemein	Proteolyse↑
Anteil Laktobazillenreiche Kultur ↑	Aromaintensität ↑
Prop 01 statt Prop 96	Aromaintensität ↑ Proteolyse ↓ (infolge kürzerem Gärtraumaufenthalt)
Milchlagertemperatur↑	Proteolyse (OPA) ↑
Geringer Wasserzusatz	Aromaintensität ↑ (deutlich) aber Gefahr von saurem Teig!
Dauer Gärtraumaufenthalt ↑	Proteolyse (OPA) ↑, mehr Aroma
Brenntemperatur 2°C↓	Proteolyse (OPA) ↑
Pressraumtemperatur↓	Proteolyse (OPA) ↑↑