

2.6.8.1.1 Kontrolle des Eiweißabbaues

Die Käsereifung erfolgt hauptsächlich durch den proteolytischen Abbau des Caseins (2.6.2.2). Dieser beeinflusst den Geruch, den Geschmack (2.9.5.3) und die Teigbeschaffenheit (2.9.5.2.1) des Käses. Bei der Proteolyse (2.6.2.2) entstehen Stickstoffverbindungen und es treten pH-Änderungen auf, wodurch die Reifung beeinflusst wird. Wegen der Bedeutung der Proteolyse für die Qualität des Käses wird der Eiweißabbau zur Bestimmung des Reifegrades der Käse genutzt.

Es gibt zahlreiche Methoden zur Diagnose des Eiweißabbaus im Käse. Für das Routinelabor eignen sich vor allem photometrische Methoden. Neben Ninhydrin, Trinitrobenzol oder ρ -Benzochinon wird nun bevorzugt *o*-Phthaldialdehyd als Reagenz eingesetzt. Mit den OPA-Methoden (2.9.5) kann sowohl die Eiweißspaltung in die Breite als auch in die Tiefe erfasst werden. Der OPA-Wert des Trichloressigsäure-Filtrates (OPA-NPN-Wert) ist eine einfache Alternative für den Nicht-Protein-Stickstoff nach Kjeldahl. Die Hydrolysierung des Filtrates der Essigsäure/Natriumacetat-Fällung (pH 4,6) mit Salzsäure ergibt einen bestimmten OPA-Wert (= OPA-WLN-Wert). Er ist ein Maß für die Gesamtproteolyse (niedermolekulare und höhermolekulare Proteolyseprodukte) und deshalb eine einfache Alternative für den wasserlöslichen Stickstoff nach Kjeldahl. TSCHAGER fand bei den untersuchten Käsen OPA-NPN-Werte von 2,5...60,7 und OPA-WLN-Werte von 20,4...137,2 g Glu/kg. Diese Werte steigen mit zunehmendem Reifegrad der Käse. Jeder Käsesorte ist jedoch ein typischer Verlauf dieser Werte eigen. Erhöhte Werte, >40 g Glu/kg OPA-NPN sowie >70 g Glu/kg OPA-WLN, im 4-monatigen Emmentaler beeinträchtigen seine Haltbarkeit (2.6.9). Die Gefahr der Rissbildung (2.9.5.1.3) und der Nachgärung (2.9.5.2.2) nimmt vor allem zu. FRISTER modifizierte zur Bestimmung des PWS-löslichen Aminostickstoffes die OPA-Methode. Die Käseaufarbeitung erfolgt durch wässrige Extraktion. Mit Hilfe elektrophoretischer Verfahren lassen sich die originären Caseine sowie deren primäre Proteolyseprodukte sowohl nach ihrer molekularen Größe als auch nach ihren isoelektrischen Punkten trennen. Zur Erfassung der wasserlöslichen Peptide werden die wässrigen Käse-Extrakte der chromatographischen Untersuchung direkt zugeführt. Die löslichen flavourtragenden Peptidfraktionen können durch zusätzliche Behandlung mit 10 %-iger Phosphorwolframsäurelösung (PWS) isoliert werden. Die dabei gewonnenen PWS-löslichen Peptid- und Aminosäurefraktionen lassen sich mit Hilfe der oben angeführten OPA-Methode spektralphotometrisch als PWS-löslicher Aminostickstoff quantitativ bestimmen. Die sensorisch im sehr frühen Reifestadium nur schwer feststellbare Aussage zur Flavourentwicklung kann nun instrumentell-analytisch realisiert werden. Die bessere Flavourentwicklung naturgereifter Käse der Sorte Gouda, Edamer, Tilsiter im Vergleich zu den foliengreiften Exemplaren ist somit nicht nur sensorisch nachweisbar. Zur Qualitätssicherung lässt sich die proteolytische Käsereifung nun instrumentell-analytisch erfassen. Folgend eine Auswahl an Bestimmungsmethoden:

- Bestimmung des relativen Caseingehalts (Kennzahl für den Reifezustand und das Alter der Käse)
- Diagnose des Nicht-Protein-Stickstoffs (NPN) nach Kjeldahl oder der OPA-Wert des Trichloressigsäure-Filtrats (OPA-NPN-Wert)
- Bestimmung des wasserlöslichen Stickstoffs (WLN); wird das Filtrat der Essigsäure/Natriumacetat-Fällung (pH 4,6) mit Salzsäure hydrolysiert, dann stellt der so bestimmte OPA-Wert (OPA-WLN-Wert) ein Maß für die Gesamtproteolyse (niedermolekulare und höhermolekulare Proteolyseprodukte) dar und ist eine einfache Alternative für den wasserlöslichen Stickstoff nach Kjeldahl
- Fraktionierung des wasserlöslichen Stickstoffs mit verschiedenen Fällungsmitteln
- Bestimmung der Summe der freien Aminosäuren nach Anfärbung, zum Beispiel mit Ninhydrin, ρ -Benzochinon und anderen Reagenzien
- Diagnose von Aminosäuregruppen, nämlich Tyrosin und Tryptophan mit Folin
- Bestimmung von einzelnen Aminosäuren, wie Glutaminsäure durch enzymatische Analyse
- Diagnose von Verbindungen, die als Abbauprodukte der Aminosäuren entstehen, zum Beispiel Ammoniak (nach *Nessler*) oder enzymatisch
- Trennung der Eiweißabbauprodukte mit Gelchromatographie
- Trennung der Eiweißprodukte mit Hilfe von Ionenaustauscher

- Bestimmung des Aminosäurespektrums durch HPLC (Vor- und Nachsäulenderivatisierung)
- elektrophoretische Messmethoden
- Reaktion der freien Aminosäuren mit *o*-Phthaldialdehyd in Gegenwart einer Thiolkomponente und photometrische Messung des Reaktionsproduktes. *

* *Die früher verwendeten Thiolkomponenten 2-Mercaptoethanol und Ethanthiol bilden keine stabile Verbindung und bewirken einen sehr intensiven und äußerst unangenehmen Geruch. TSCHAGER setzt deshalb als Thiolkomponente das Natriumsalz der 2-Mercaptoethansulfonsäure ein. Diese Substanz ist eine ionogene Verbindung, hat eine geringe Flüchtigkeit und liefert mit dem *o*-Phthaldialdehyd sehr stabile Beziehungen. Die Methode ist sehr einfach und kann in jedem Betriebslabor sowohl manuell als auch automatisiert für Einzeluntersuchungen sowie für Serien- und Routinemessungen durchgeführt werden. Das Verfahren ermöglicht eine sehr gute Differenzierung und Charakterisierung der Käsereifung.*

FRISTER überprüft mit der RP-HPLC-chromatographischen Untersuchung im Caseinsediment die primäre Proteolyse und im wässrigen Käseextrakt die sekundäre Proteolyse (2.6.2.2 Tab. 2.104 Seite 370). Die im sehr frühen Reifestadium nur schwer durchführbare Prognose zur Flavourentwicklung ermöglicht die modifizierte OPA-Methode, ein instrumentell-analytisches Verfahren. Hierbei wird der Phosphorwolframsäure(PWS)-lösliche Aminostickstoff bestimmt.

ROY et al. überprüften den Einfluss der Milchbehandlung – kurzzeit-pasteurisierte Milch (P), thermisierte Milch (TH), mikrofiltrierte Milch (MF) und eine Mischung aus Magermilch, behandelt mit dem Bactocatch®-Verfahren (2.2.2.2.11) und pasteurisierten Rahm (MM + RM) – auf die Proteolyse der daraus hergestellten Käse und auf deren Qualität. Die β -Caseinproteolyse war beim MF-Käse signifikant höher als bei den anderen Käsetypen. Das Plasmin-Plasminogen-System wird möglicherweise durch das Filtrationsverfahren aktiviert. Alle Käse erfüllten hinsichtlich Flavour und Gesamtqualität die Anforderungen der Klasse I. Die MF-Käse wiesen jedoch geringfügig bessere organoleptische Qualitäten auf. Der Cheddarkäse-Flavour war etwas besser ausgeprägt. KRAUSE et al. stellten fest, dass nach Einsatz der Baktofugation zur Herstellung von Emmentaler Käse deren Anteile an Putrescin und Cadaverin abnehmen. Die Bildung von Histamin und Tyramin wird jedoch nicht signifikant beeinflusst. Zur Käseuntersuchung wurde ein effizientes Verfahren zur simultanen Bestimmung von freien Aminosäuren (FAS) – engl. Säure = acid, deshalb auch FAA bezeichnet – und biogenen Aminen (BA) eingesetzt. In den aus Rohmilch hergestellten Emmentaler-, Berg-, Schnitt- und Weichkäsen variierten die absoluten Mengen an FAS und BA beträchtlich, jedoch konnten die relativen Mengen in 4 Gruppen klassifiziert werden, nämlich: **1.** Glutaminsäure, Lysin und Leucin (10...20 %) der gesamten FAA; **2.** Prolin, Phenylalanin und Isoleucin (3...6 %); **3.** Methionin, Alanin, Glutamin und Isoleucin (3...6 %); **4.** BA und restliche FAS (<3 %). Die Bildung von BA ist von der Decarboxylaseaktivität der Mikroorganismen abhängig. Ihre Zusammensetzung resultiert aus der Mikroflora der Rohmilch, den eingesetzten Starter- und Reifungskulturen sowie den kontaminierenden Bakterien. Die Folge ist deshalb eine große Variation zwischen und innerhalb der einzelnen Käsearten. Eine regelmäßige FAS- und BA-Kontrolle der reifenden Käsesorten je Betriebsstätte ist der Qualitätssicherung (2.9.4) dienlich. Unregelmäßigkeiten, vor allem Flavourdefekte (2.9.5.3) können frühzeitig erkannt werden. Die Untersuchungen der Proteolyse von reifenden Käsesorten liefern viele Hinweise über Ausmaß und Spezifika des Reifungsverlaufs. Es besteht auch ein gesicherter Zusammenhang zwischen Reifungsindizes und sensorischer Qualität des Käses. Der Stand der Proteolyse ermöglicht die Beschreibung jedes einzelnen Käses und seine Einordnung in die jeweilige Sorte beziehungsweise Gruppe.

2.6.8.1.2 Höhenmessung der Käse

GÜNTNER überwacht und misst das vom Reifegrad abhängige Volumen- und Höhenwachstum in Lagereinheiten an den Lagerplätzen der Käse im Reifungsraum. Diese Höhenkontrolle kann mit wenig aufwendigen technischen Mitteln zuverlässig an einer Vielzahl von Lagerplätzen vorgenommen werden. Jeweils eine Lichtschranke oder dergleichen opto-elektrische Höhenprüfvorrichtungen eignen sich dazu. Die jeweils gelieferten Signale aus einer Gruppe von Lagerplätzen, auch von mehreren Regalen, lassen sich einfach und vor allem vollautomatisch auswerten. Sie geben Auskunft über die