

Mikrobiologie von Hartkäse

1. Milch :

Die Keimzahl der Verarbeitungsmilch ergibt sich aus der Kontamination während der Gewinnung, der Vermehrung während Lagerung, Transport und Stapelung im Betrieb und der Kontamination im Betrieb.

Anforderung an die Kesselmilch vor Einlaben bei Rohmilchhartkäse:

	Sollwert	Warnwert
Fremdkeimzahl:	unter 100.000 / ml	über 300.000 / ml
Coliforme Keime :	unter 1000 / ml	über 10.000 / ml
Käsereischädliche Clostridiensporen:	unter 50 pro Liter	über 200 pro Liter

1.1. Verarbeitung von Rohmilch bei gebranntem Hartkäse :

Die Rohmilchkeime können sich bis zum Brennen vermehren. Ihre Enzyme gehen in den Käse über und können bedingt durch die lange Reifungszeit im Käse aktiv werden.; Dies führt in der Folge zu einer verstärkten Proteolyse, Lipolyse und zu Geschmacksfehlern. Hitze resistente anaerobe Sporen (Clostridien) überstehen die Brenntemperaturen während Käsung und Pressen und können sich im Käse bei geeigneten Bedingungen vermehren. Pathogene Keime wie Tuberkulose- und Brucelloseerreger, *Staph. aureus*, Listerien werden durch das Brennen und die Säuerung abgetötet.

1.2 : Verarbeitung von pasteurisierter Milch :

Alle hitzeempfindlichen Rohmilchkeime werden durch die Pasteurisierung abgetötet, ihre Enzyme bleiben zum Teil erhalten und können im Käse wirksam werden. Die Wirkung der Enzyme ist umso größer je höher der pH-Wert im Käse, je höher die Reifungstemperaturen und je länger die Reifung sind.

Hitze resistente Rohmilchkeime überstehen die Pasteurisierung und können sich , wenn sie anaerob sind, im Käse vermehren:

z.B. Clostridiensporen : bei Verkäsung von Silagemilch (*Clostridium tyrobutyricum*)

Streptococcus thermophilus : Vermehrung im Austausch der Pasteurs

1.3 Thermisierung :

laut Milchhygieneverordnung : 57 - 68° C mindestens 15 sec. phosphatasepos.

Durch die Thermisierung werden sehr hitzeempfindliche Keime wie Coliforme oder Pseudomonaden um etwa 80 bis 90 % reduziert.

Anwendung : bei Rohmilchkäse und beim Einstapeln von zweitägig gesammelter Milch

2. Kulturen für Hartkäse :

2.1 Kulturen für gebrannten Hartkäse :

2.11 : Anwendung :

Emmentaler :

Streptococcus thermophilus : 0.2 %

Lactobacillus lactis : 0.02 %

optional: *Lactobacillus helveticus* : 0.002 %

Propionsäurebakterien : 1 - 10 ml pro 1000 l Milch

Zur Vorreifung können bei Emmentaler auch mesophile Kulturen (Säurewecker) zugesetzt werden. Zusatzmenge : 0.1 - 0.2 %

Bergkäse :

Streptococcus thermophilus : 0.2 %

Lactobacillus lactis : 0.1 – 0.2 %

optional: *Lactobacillus helveticus* : 0.05 – 0.1 %

optional: *Lactobacillus casei*: 0.1 % oder Direktstarter

optional: Hefen und Rotschmierebakterien: bis 1 % zum Schmierwasser

2.12 Einfluß der Kulturen bei gebranntem Hartkäse :**Säuerung - Synärese:**

Je schneller die Säuerung abläuft, umso stärker ist auch die Synärese. Das heißt, das Zusammenziehen des Bruchkornes und das Auspressen der darin enthaltenen Molke.

Je schneller und stärker die Synärese abläuft, umso geringer ist der Wassergehalt und umso mehr Calcium verbleibt im Käse und umso elastischer ist der Teig.

Säuerung - Teig:

Je tiefer der pH-Wert ist, umso geringer ist der Anteil des proteingebundenen Calciums. Sehr saure Käse haben einen weichen, pappigen Teig.

Säuerung - Lochung bei Emmentaler :

Je geringer der Milchsäuregehalt des Käses ist, umso schneller beginnt die Propionsäuregärung im Heizkeller. Je früher die Propionsäuregärung einsetzt, umso mehr Lochansatzstellen sind noch vorhanden und umso größer ist die Lochzahl des Käses.

Säuerung - Geschmack:

Ein hoher Milchsäuregehalt trägt zur Geschmacksrichtung sauer bei.

Säuerung - Haltbarkeit:

Käse mit einem hohen Milchsäuregehalt haben üblicherweise eine geringe Haltbarkeit;

Säuerung - Proteolyse:

Je stärker die Anfangssäuerung durch *Streptococcus thermophilus* ist, umso geringer ist die Vermehrungsmöglichkeit für die proteolytisch aktiven Lactobazillen und umso geringer ist daher die Proteolyse im Käse.

Proteolyse - Teig:

Je intensiver die Proteolyse in die Tiefe ist, umso kürzer ist der Teig.

Proteolyse - Lochung bei Emmentaler :

Bei einer zu geringen Proteolyse und einer raschen Propionsäuregärung - wie sie z.B. bei sehr aktiven *Streptococcus thermophilus* Kulturen auftreten - werden die Bruchkorn Grenzen im Loch sichtbar; die Folge sind nußschalige - glänzend gewölbte - Löcher.

Bei einer zu starken Proteolyse durch die Lactobazillen ist die Elastizität des Teiges nicht mehr gegeben und es kommt zum rauhen Loch und Rissen.

Proteolyse - Geschmack:

Die Proteolyse liefert den Grundgeschmack des Käses. Eine zu starke Proteolyse kann den Geschmacksfehler "scharf" bewirken, eine ungenügende Proteolyse kann den Fehler "herb, bitter" verursachen.

Proteolyse - Haltbarkeit bei Emmentaler :

Je höher der Eiweißabbau in die Tiefe ist, umso kürzer ist die Haltbarkeit.

Die Ursachen dafür sind:

Starke Proteolyse in die Tiefe verursacht einen kürzeren Teig und es wird durch den höheren pH-Wert die Propionsäuregärung gefördert. Aus den freigesetzten Aminosäuren kann CO₂ abgespalten werden, wie dies z.B. durch die Propionsäurebakterien bei der Succinatbildung aus Aspartat geschieht.

Propionsäuregärung - Lochung bei Emmentaler :

Folgende Tabelle enthält die Faktoren für die Lochbildung bei Großlockkäse.

Lochbildung bei Käse mit Propionsäuregärung :

1. Lochzahl : abhängig von den Lochansatzstellen : Molkeeinschlüsse, Partikel, Bruchstellen im Teig, Gasblasen (Luft, CO₂, H₂)
2. Lochausbildung : durch das CO₂ aus der Propionsäuregärung
3. Lochausformung : abhängig von der Teigelastizität

Die Lochzahl hängt von den Lochansatzstellen und dem Gasdruck ab.

Die Lochausbildung erfolgt durch das CO₂ - das bei der Propionsäuregärung entsteht.

Die Ausformung der Löcher hängt von der Elastizität des Teiges ab.

Die Propionsäuregärung im Käse hängt ab

* von der Temperatur (über 18° C)

* vom pH-Wert des Käses (über 5.35)

Durch Kochsalz wird sie gehemmt und durch Proteolyseprodukte gefördert.

Propionsäuregärung - Geschmack:

Die Propionsäuregärung ist bekanntermaßen wesentlich am süßen Geschmack des Großlockkäses beteiligt.

Propionsäuregärung - Haltbarkeit:

Je schneller und intensiver die Propionsäuregärung bei Emmentalerkäse eintritt, umso weniger läßt sie sich im Lagerkeller verlangsamen und umso weniger haltbar sind die Käse.

Bei Bergkäse ist häufig eine Propionsäuregärung die Ursache von Rissen.

3. Fehler bei Hartkäse**3.1 Äußeres :**

Verschimmelt : mangelnde Pflege, ungenügende Schmiere

Schwarze Flecken unter der Rinde : kurzer Teig im Rindenbereich, feine Risse, Schimmelwachstum in den Rissen

Verhinderung : keine Abkühlung auf der Presse, kein Molkenrückstau, keine Übersäuerung im Randbereich

Schüsselig : Propionsäuregärung / Lochbildung nur im Randbereich

Ursache : zu starke Abkühlung im Randbereich, zu hohe Abfülltemperatur, Vermehrung der Laktobazillen im Randbereich, stärkere Proteolyse, schnellere Propionsäuregärung

Aufgerissen / Froschmaul : starke Gasbildung durch Buttersäuregärung oder Nachgärung eventuell gleichzeitig mit Beschädigung der Kante

3.2 Lochung :

Nachgärung bei Emmentaler : zu starker Eiweißabbau, zu wenig Löcher, zu kurzer Teig, zu schnelle Propionsäuregärung

Nachgärung bei Bergkäse : Hauptursache Propionsäuregärung

Verhinderung : tiefere Temperatur, höherer Kochsalzgehalt

Lochungsfehler bei Emmentaler :

zu reichlich : Coliforme in Kesselmilch, Lufteschluß, mechan. Beschädigung, Clostridien

zu wenig / blind : keine Propionsäurebakterien, zu tiefer pH-Wert, zu wenig

Lochansatzkeime, zu hoher Kupfergehalt

hochgezogen : beginnende Nachgärung

Risse : Gasbildung bei kurzem Teig

Buttersäuregärung : durch *Clostridium tyrobutyricum*

3.3 Teig :

fest / zäh : zu geringe Proteolyse

Käse mit Buttersäuregärung = schnelle Lochbildung sind häufig zäh und fest

pappig / weich / schmierig : Übersäuerung / zu hoher Milchsäuregehalt, zu niedriger

Calciumgehalt, zu starke Proteolyse

Putrifikus / Faulstellen : zu hoher Gehalt von Clostridium sporogenes Sporen zu niedriger

Milchsäuregehalt (Verbrennen, über 15 % Wasserzusatz)

braune Punkte : = Kolonien von Propionsäurebakterien ; zuwenig Propionsäurebakterien,

Hemmung der Vermehrung durch Kupfer

zweifärbig : starke Entwicklung der Laktobazillen und starke Proteolyse in der Randzone

durch Molkenrückstau oder Abkühlung auf der Presse.

marmoriert : unterschiedliche Bruchkornstruktur

3.4 : Geschmack :

unrein / fischig / seifig / ranzig : hohe Rohmilchkeimzahl

herb / bitter : hängt mit Proteolyse zusammen

sauer : zu hoher Milchsäuregehalt

leer / fad : zu geringe Reifung (Propionsäuregärung bei Emmentaler, Schmiere bei Bergkäse zu geringe Proteolyse

scharf : zu starke Proteolyse, zu viel *Lactobacillus helveticus*

4. Entwicklung der Mikroorganismen bei Hartkäse

4.1. Emmentaler :

* **hitzeempfindliche Rohmilchkeime** : Coliforme, Pseudomonaden, Laktokokken, Mikrokokken, Staphylokokken

Vermehrung bis zum Brennen, Abtötung durch Temperatur und Säuerung bei Brennen und Pressen; die Enzyme werden nicht vollständig inaktiviert.

* **hitzeresistent Rohmilchkeime** : Anaerobe Sporen

überstehen Brennen; können im Käse auskeimen und vermehren

Buttersäuregärung, Putrifikus

* **thermophile Milchsäurebakterien** : (Kulturen) Vermehrung bis Brennen, bei hohen

Temperaturen Stop bzw. nur geringe Vermehrung; bei Abkühlung unter 48°C

Vermehrung solange Zucker (Laktose, Galaktose oder Glukose) vorhanden sind.

Keimzahl im jungen Käse : 10^8 / g.

Während der Reifung Absterben und Freisetzung intrazellulärer Enzyme.

- * **Propionsäurebakterien** : (Kultur) Vermehrung erst im Heizkeller bei Temperaturen über 20°C und pH-Wert über 5.30.
Keimzahl im reifen Käse : 10^9 / g.
Im Lagerkeller läuft der Stoffwechsel weiter; Nachgärung.
- * **sekundäre Milchsäurebakterien** : Vermehrung im Käse während der Reifung;
Lb. casei, *Lb. plantarum*, *Lb. brevis*, Enterokokken
Keimzahl im reifen Rohmilchemmentaler : Laktobazillen : 10^7 - 10^8 / g
Enterokokken : 10^4 - 10^6 / g
Gefahr der Bildung Biogener Amine : Enterokokken : Tyramin aus Tyrosin
Lb. buchneri : Histamin aus Histidin

4.2. Bergkäse :

- * **Rohmilchkeime** : gleiche Entwicklung wie bei Emmentaler; durch niedrigere Reifungstemperatur - niedere Enzymwirkung, durch höheren Salzgehalt geringere Gefahr einer Buttersäuregärung.
- * **thermophile Milchsäurebakterien** : (Kultur) Entwicklung wie bei Emmentaler
- * **Propionsäurebakterien** : eine stärkere Vermehrung ist unerwünscht \Rightarrow Gefahr von Rissen.
- * **sekundäre Milchsäurebakterien** : Entwicklung wie bei Emmentaler
- * **Oberflächenflora** : (Kultur) zuerst Entsäuerung der Oberfläche durch Hefen; dann Entwicklung der säureempfindlichen und salztoleranten Schmierebakterien (*Coryneforme*, *Brevibacterium linens*)