



Gerinnung der Milch

Um das Kasein auszufällen und in seinem Zustand zu verändern, muss das Gefüge verändert werden. Dies kann auf zwei Arten geschehen. Durch Säure- oder durch Labzusatz.

Säurefällung

Unter Säurefällung versteht man ein Dicklegen der Milch, also Ausfällen des Kaseins, nur durch Säure. Die Säure kann durch Abbau des Milchzuckers zu Milchsäure durch Milchsäurebakterien gebildet werden, oder aber durch Zusatz von Mineralsäure (zum Beispiel Salzsäure) erfolgen.

In beiden Fällen geht das gleiche vor. Betrachtet man die chemische Formel einer Säure, so ist zu sehen, dass ein Molekül dabei immer ein positiv geladenes Wasserstoffatom enthält (Milchsäure zum Beispiel $\text{H}_2\text{CO}_3\text{COOH}^+$). Jedes über Säure in die Milch kommende positiv geladene Wasserstoffatom bindet eine negative Ladung des κ -Kaseins und kompensiert die negative Überschussladung des Kaseins. Die Kaseinmizellen verlieren dadurch ihren Wassermantel. Bei einer bestimmten Wasserstoffionenkonzentration ist die Anzahl der positiven und negativen Ladungen gleich. Es gibt auf Grund dieses "neutralen" Zustandes keine Abstoßung der einzelnen Kaseinmizellen mehr, das Eiweiß ist instabil und lagert sich aneinander, es fällt aus. Dieser Zeitpunkt wird als "isoelektrischer Punkt" bezeichnet. Diese eher zwanglose Anlagerung von Kaseinmizellen ergibt eine sehr feine, zarte Gallerte.

Der pH-Wert, bei dem der isoelektrische Punkt erreicht wird, ist von der Temperatur abhängig. Je tiefer die Temperatur, umso tiefer ist auch der pH-Wert. Bei normalen Bedingungen (20-30 °C) liegt dieser pH-Wert bei 4,9-4,6. Zu erkennen ist der isoelektrische Punkt daran, dass die Milch vom flüssigen in den festen Zustand übergeht.

Interessant ist, dass die Säurefällung des Kaseins ein reversibler (= rückführbarer) Vorgang ist. Durch Laugenzugabe werden wieder negative Ladungen an das Kasein gebunden und wenn genügend negative Ladung vorhanden ist, stoßen sich die einzelnen Kaseinmizellen wieder gegenseitig ab und es herrscht der gleiche Zustand wie in frischer Milch. Die durch Säure einmal dickgelegte Milch wird wieder flüssig und ist mit freiem Auge nicht von frischer Milch zu unterscheiden, weil bei der Säurefällung nur die negative Ladung an der Kaseinmizellenoberfläche aufgehoben wird, die Kaseinmizelle selbst jedoch unbeschädigt bleibt. Nur durch chemische Untersuchung kann dieser Vorgang nachgewiesen werden.

Labfällung

Unter Labfällung versteht man ein Dicklegen der Milch, also Ausfällen des Kaseins, durch Lab. Lab das aus Kalbermägen oder mikrobiell gewonnen wird, enthält einen Wirkstoff (Enzym) das Chymosin, der die Eigenschaft hat, den hydrophilen Teil des κ -Kaseins abzuspalten.

Mit der Spaltung des κ -Kaseins ist der Verlust des hydrophilen Teils, also der Wasserhülle, und damit ein Verlust von negativer Ladung verbunden. Damit geht auch der Schutzmantel gegen das Kalzium verloren und die Kalziumempfindlichen Kaseinteile reagieren mit dem Kalzium. Es kommt zur Ausbildung von so genannten Kalziumsalzbrücken.

Diese Verbindungen bilden sich in jede Richtung zu einem dreidimensionalen Netzwerk aus, einem schwammartigen Gebilde. Die Milch ist dickgelegt.

In den Hohlräumen dieses Gerüsts ist Wasser mit den darin gelösten Milchinhaltsstoffen Zucker, Salzen und auch Fett eingeschlossen. Dies ist die Molke. Die frisch geronnene Milch hat normalerweise das Bestreben, sich durch Verringerung der Bindungsabstände zwischen den Kaseinmizellen und durch Vervielfachung der Verknüpfungspunkte zu verfestigen, also sich zusammenzuziehen.

Da eine Flüssigkeit nicht komprimierbar ist, wird die Molke bei der Verfestigung herausgedrückt.



Je nachdem wie stark die Salzbrücken ausgebildet sind oder wie stark die Kontraktionskräfte der Salzbrücken sind, kommt es unter dem Einfluss von Zeit, Temperatur und Säuerung zu einer besseren oder schlechteren Entmolkung. Die Ausbildung der Salzbrücken hängt vom Kalziumgehalt der Milch ab, die Stärke der Kontraktionskraft von der Temperatur und von der Säuerung. Je höher der Kalziumgehalt, je höher die Temperatur und je besser die Säuerung also ist, desto mehr Molke tritt aus.

Bei der Käseherstellung wird das Zusammenziehen des Kalziumgerüsts und damit die Entmolkung durch Zerschneiden der Gallerte, Vorkäsen, Wärmen und Ausrühren des Bruch-Molkegemisches noch gefördert.

Bei einer Temperatur von 20-40°C läuft die Labgerinnung in der beschriebenen Art ab. Bei anderen Temperaturen gibt es Einflüsse, die diesen Ablauf stören.

Man unterscheidet in der Fachsprache auf Grund dieser Vorgänge drei Phasen der Labgerinnung:

Enzymatische Phase:

Die erste Phase ist die Enzymatische Phase, in der das Enzym das κ -Kasein spaltet. Sie dauert vom Einlaben weg bis zur ersten Ausbildung von Kalzium-Salzbrücken.

Vernetzungsphase:

In der zweiten Phase oder Vernetzungsphase kommt es zur Ausbildung der Salzbrücken und in der Folge zu einem dreidimensionalen Netzwerk.

Synäresephase:

Das Zusammenziehen der Kalzium-Salzbrücken und die dadurch bedingte Entmolkung bildet die dritte Phase der Labgerinnung, die Synäresephase (Synärese = Entmolkung).

In der Praxis stehen für diese drei Phasen Begriffe, die uns bei der Käseherstellung noch öfter begegnen werden. Die enzymatische Phase kommt der Gerinnungszeit gleich. Gerinnungszeit ist also die Zeit vom Einlaben bis die Milch zu dicken beginnt.

Die Zeit, wieder vom Einlaben ab gerechnet, bis die Milch geronnen (dick) ist und mit der Bruchbereitung (Zerschneiden der Gallerte in Würfel) begonnen werden kann, wird als Dickungszeit bezeichnet und umfasst also die Enzymatische Phase und die Vernetzungsphase. Dabei gilt als Faustregel:

Gerinnungszeit x 2 (bis 2,5) = Dickungszeit

Die Synäresephase beginnt mit der Bruchbereitung und dauert bis zur vollständigen Entmolkung des Käses. Sie umfasst also die eigentliche Käsungszeit ebenso wie das Ablaufenlassen der Molke in den Formen oder das Pressen.

Jeder dieser drei Abschnitte ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Diese Faktoren können sich auf nur eine oder zwei, aber auch auf alle drei Phasen der Labgerinnung und damit der Käseherstellung auswirken. Durch Kenntnis der Vorgänge bei der Labgerinnung ist der Einfluss der Labmenge, der Temperatur und Säuerung, des Fettgehaltes oder einer Hoherhitzung der Milch in der Theorie erklärbar und dadurch verständlich. Mit der Anwendung dieses Wissens in der Praxis wird es jederzeit gelingen, durch mehr oder weniger Entmolkung Käse in der gewünschten Festigkeit zu erzeugen, Produktionsstörungen auszuschalten und dadurch Fehlproduktionen zu vermeiden.