

II. Herstellung von Joghurt

Einleitung

Joghurt ist ein einfaches Beispiel für ein Milchprodukt, welches mit Hilfe von Mikroorganismen produziert werden kann. Die Stoffwechselprodukte dieser Mikroorganismen beeinflussen nicht nur den Geschmack des Joghurts, sondern sind auch entscheidend für die Umwandlung von Milch in Joghurt. Ich möchte zunächst kurz auf die Stoffwechselfvorgänge der Milchbakterien eingehen, um danach zu zeigen, wie diese die Inhaltsstoffe der Milch beeinflussen.

Milchsäure Gärung

Milchsäurebakterien werden in der Familie der Lactobacteriaceae zusammengefasst und sind sowohl Stäbchen als auch Kokken (alle Gram-positiv). Die Lactobacteriaceae sind obligate Gärer, aber dennoch in der Lage bei der Anwesenheit von Sauerstoff zu wachsen (= aerotolerante Anaerobier).

Sie sind alle zur Energiegewinnung auf Kohlehydrate angewiesen und scheiden Milchsäure (Lactat) aus. Als primäres Kohlehydrat dient ihnen der Milchzucker Lactose, welcher ein Disaccharid aus Glucose und Galactose ist. Durch die entsprechende Lactase kann der Zucker gespalten und die Glucose direkt verstoffwechselt und in Lactat umgewandelt werden (s.u.)

Des Weiteren teilt man die Laktobakterien in homofermentative (= wandeln Glucose nur in Lactat um) und heterofermentative (= produzieren neben Lactat noch weitere Gärprodukte) ein:

Homofermentative Gärung

Homofermentative Milchsäurebakterien wandeln die von der Lactose abgespaltene Glucose über die Glykolyse zunächst in zwei Moleküle Pyruvat um (Energiegewinn 2ATP), bevor mit Hilfe der Lactat-Dehydrogenase (LDH) aus den Pyruvatmolekülen zwei Lactatmoleküle entstehen. Nur ein sehr geringer Teil des Pyruvates wird zu Acetat, Ethanol und CO₂ umgesetzt. Diese Reaktion ist nach Literaturangaben vom Zutritt des Sauerstoffes abhängig.

Heterofermentative Gärung

Heterofermentativen Milchsäurebakterien fehlen die Hauptenzyme der Glykolyse (wie z.B. die Aldolase), weshalb sie Glucose nicht über den gleichen Weg wie bei den homofermentativen Milchsäurebakterien zu Lactat vergärt werden kann. Dieser "Umweg" über andere Zwischenprodukte bis zum Glycerinaldehyd-3-Phosphat (welches dann wie oben über Pyruvat zu Lactat umgewandelt werden kann) kann bei manchen Milchsäurebakterien unter anderem die Abspaltung von CO₂ von Ribulose-5-phosphat und die Produktion von Acetylphosphat beinhalten, welches zu Ethanol reduziert wird.

Mögliche Nebenprodukte der heterofermentativen Milchsäuregärung sind also Ethanol und CO₂.

Die für unseren Fall der Umwandlung von Milch in Joghurt wichtigen Bakterien sind die thermophilen Arten *Streptococcus thermophilus* und *Lactobacillus bulgaricus*, welche homofermentative Gärung betreiben. Sie sind in dem Joghurt enthalten, welchen wir zum "Animpfen" der Milch verwenden.

Zusammensetzung von (Kuh-) Rohmilch

Wasser:	87,50%	Fett:	3,50%
Proteine:	3,60%	Mineralsalze:	0,70%
Kohlehydrate:	4,70%	Vitamine/Enzyme	

Eiweiß: Den Hauptanteil an Eiweiß macht Casein aus, welches als Calciumsalz löslich vorliegt. Wird bei der Milchsäuregärung das Calcium an Lactat gebunden, fällt das Casein unlöslich aus.

Kohlehydrate: Der Hauptmilchzucker ist Lactose, welcher wie oben beschrieben umgewandelt werden kann.

Milchfett: Das Milchfett enthält viele Triglyceride, deren Fettsäuren als Geschmacksträger der Milch dienen. Außerdem sind Phospholipide enthalten, welche die gelbe Färbung des Fettes hervorrufen.

Mineralsalze: Sind nur zu geringem Teil in der Milch enthalten, abhängig von der Individualität der Kuh, der Fütterung, der Laktationsphase und ggf. Eutererkrankungen.

Enzyme: Die enthaltene Phosphatase spielt bei der Qualitätskontrolle der Milch eine Rolle, da die Phosphataseprobe ein Nachweis der erfolgreichen Pasteurisierung ist.

Material

Biologisches Untersuchungsmaterial

- Vollmilch (siehe Material des Vorversuches)
- Milder Joghurt von "Landliebe", im Glas gereift, aus Vollmilch mit mind. 3,8% Fett hergestellt, Inhaltsstoffe in 100g: 4,9g Kohlehydrate - 4,0g Fett - 3,4g Eiweiß, vorwiegend rechtsdrehende Milchsäuren (L+)

Geräte

- Alufolie
- Brutschrank
- Einmachglas

Versuchsdurchführung

1. pH-Wert der Milch am geeichten pH-Meter bestimmen.
2. 150g Joghurt und 500ml Milch werden in ein sauberes Einmachglas gegeben und das ganze gut vermischt.
3. Das Glas wird mit Alufolie verschlossen und für 12-18h bei 43-45°C im Brutschrank bebrütet.
4. Erneute pH-Wert Kontrolle

Ergebnis

Nach ~ 20h Bebrütung war der Joghurt fertig, bzw. war die Milch dick geworden. Der pH-Wert der Vollmilch hatte sich von 6,9 (vor Bebrütung) auf 4,8 verändert.

Beurteilung des Ergebnisses

Die Veränderung des pH-Wertes und die Verdickung der Milch haben eine gemeinsame Ursache. Wie oben beschrieben, setzen die homofermentativen Milchsäurebakterien die Lactose der Milch zu Lactat um. Das Lactat (= Milchsäure) ändert den pH-Wert der Milch, wodurch die in der Milch enthaltenen Proteine (s.o.) denaturieren. Dadurch dickt die Milch dann ein und es entsteht Joghurt.

Wir haben zur Herstellung des Joghurt Vollmilch verwendet. Wie oben beschrieben hat diese Milch einen Fettgehalt von 3,5% und da Fett ein Geschmacksträger ist hat folglich auch der entstandene Joghurt mehr Geschmack als Joghurt, welches aus fettarmer Milch hergestellt wird. Wenn Joghurt aus Rohmilch hergestellt wird, spielen noch die enthaltenen MO und deren Stoffwechselnebenprodukte bei der Geschmacksbildung eine Rolle.

Zu einer Verunreinigung mit Ethanol kann es in unserem Fall deshalb nicht kommen, da die verwendeten Bakterien homofermentativ arbeiten und somit reines Lactat produzieren. Nur bei heterofermentativer Gärung kann es u.U. zur Bildung von Ethanol kommen.