

„Von Kohlköpfen und Königen“

[Milchsäuregärung am Beispiel Sauerkrautfermentation]



Inhaltsverzeichnis

| | | | | |
|------|-------------------------------|-------|-------|----|
| II | Einleitung | | Seite | 02 |
| III | Zielsetzung | | Seite | 02 |
| IV | Material | | Seite | 03 |
| V | Hintergrundinformationen | | Seite | 04 |
| VI | Prozesse der Milchsäuregärung | | Seite | 06 |
| VII | Versuchsablauf | | Seite | 06 |
| VIII | Hausaufgaben | | Seite | 07 |
| VIII | Übungen | | Seite | 07 |

I EINLEITUNG

Halten Sie Ihre Abwehrkräfte stark, indem Sie probiotische Joghurts und andere Lebensmittel zu sich nehmen?

Trinken Sie gerne Bio-Limonaden und Fitnessgetränke mit Kombucha oder Kefir?

Oder doch lieber etwas Deftiges mit Sauerkraut?

Solche Produkte entstehen durch Fermentationsprozesse. Unter Fermentation (lat. „fermentum“: „Sauerteig“) verstand man ursprünglich eine anaerobe Umsetzung (unter Ausschluss von Luft). Sie spielt traditionell eine zentrale Rolle bei der Haltbarmachung von Lebensmitteln (z. B. Sauerkraut), der Entwicklung von Aromastoffen (z. B. Sojasauce), der Herstellung von Milchprodukten (Käse, Joghurt) sowie der Gewinnung alkoholischer Getränke.

In der Biotechnologie wird der Begriff allgemein als Oberbegriff für Biotransformation (Umsetzung von biologischen Materialien) mit Hilfe lebender, ganzer Zellen oder Enzymen zur großtechnischen Synthese medizinisch interessanter Produkte verwendet. Beispiele: Insulin, Hyaluronsäure, Antibiotika. Fälschlicherweise wird Gärung oft als Synonym für Fermentation benutzt. Letztere schließt aber sowohl aerobe (z. B. Essigsäuregärung) als auch gänzlich andere mikrobielle oder autolytische, enzymatische Prozesse ein.

III ZIELSETZUNG

In der Mittelstufe beschäftigen sich Schülerinnen und Schüler mit Mechanismen und Funktionsweisen des Körpers. Um einen bewussten und verantwortungsvollen Umgang mit sich selbst zu erlernen, sind die gesundheitliche Aufklärung und die Vermittlung von grundlegenden Kenntnissen über Bau und Funktion des Immunsystems erforderlich. Bakterien werden hierbei als makroskopisch nicht sichtbare Organismen zunächst einseitig angesprochen. Schülerinnen und Schüler sollen sich daher nicht nur mit Gefahren durch Mikroorganismen auseinandersetzen, sondern darüber hinaus den Nutzen sowie ihre Bedeutung für den Menschen kennen lernen.

Der hier vorgestellte Versuch verdeutlicht die Allgegenwärtigkeit von Bakterien an einem Beispiel der Nutzbarmachung. Die bei der Sauerkrautherstellung benötigten Bakterien kommen natürlicherweise auf dem Weißkohl vor und müssen nicht zugesetzt werden. Lediglich anaerobe Bedingungen durch Bedecken mit gesalzenem Wasser (Lake) müssen gewährleistet sein und die mehrstufige Gärung setzt ein.

Die zum Produkt Forensik Lab Kit „Fermentation“ ([108.6404](#)) gehörige Anleitung spielt eine Szene ein, in der die Schülerinnen und Schüler zu Forschern gemacht werden, um einen Beitrag zur Ermittlung von Verantwortlichkeiten in einem Gerichtsprozess zu leisten. Ihre Ergebnisse und Berichte sollen die Entscheidungsfindung eines Richters wissenschaftlich unterstützen. Dieser konstruierte Fall hat den Charme eines Rollenspiels, das den Schülerinnen und Schülern eine besondere Wichtigkeit ihres Tuns vermittelt.

Genauso anregend kann jedoch auch die Wirkung der Vorstellung sein, eine althergebrachte, ehemals alltägliche Technik „aus Großmutterns Zeiten“ aufleben zu lassen. Ein Produkt wird selbst hergestellt und kann – bei genügenden Vorkehrungen – auch gekostet werden. Schließlich weisen die Schülerinnen und Schüler ja nicht nur die Allgegenwärtigkeit von Bakterien nach und untersuchen die ablaufenden Gärprozesse, sondern stellen auch ein köstliches Lebensmittel her.

IV MATERIAL

Der Forensik Lab Kit „Fermentation“ ([108.6404](#)) enthält folgende Arbeitsmaterialien:

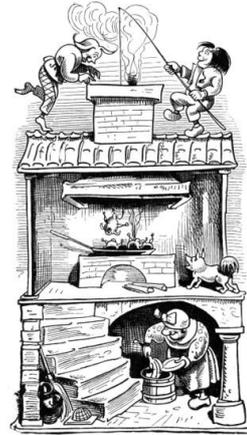
- 12 gläserne, verschraubbare Probengefäße mit weißem Emaille-Deckel, ca. 500 ml
- 2 Packungen universal pH-Indikatorstreifen, pH-Bereich 0-6
- 1 Packung Petrifilm™ Microbiologisches Medium, E.B. - Auszählplatten (25 Platten)
- 5 Allzweck- Petrifilm™- Spatel
- 1 Flasche Methyleneblau (1%), 50 ml
- 1 Schachtel mit 144 Objektträgern
- 1 Schachtel mit 100 Deckgläschen
- 1 Handbuch für Lehrer
- 1 Leitfaden für Schüler mit Fall*

* Bitte Schülerleitfaden mit Fall entsprechend der Anzahl der Gruppen fotokopieren.

V HINTERGRUNDINFORMATIONEN

„Eben geht mit einem Teller
Witwe Bolte in den Keller,
dass sie von dem Sauerkohle
eine Portion sich hole,
wofür sie besonders schwärmt,
wenn er wieder aufgewärmt.“

Wilhelm Busch (1865):
„Max und Moritz“



Der Aufschluss und die Konservierung von Nahrungsmitteln durch bakterielle Milchsäuregärung sind eng mit der Kulturgeschichte des Menschen verbunden. Obwohl schon die Römer vor 2000 Jahren ihren ganzen Kohl in hölzernen oder irdenen Töpfen in Salzlake konservierten, geistert seit dem zweiten Weltkrieg das Klischee der „German Krauts“ in den Köpfen anderer Nationen. An diesem Bild hat – neben Wilhelm Busch – auch der Dichter Ludwig Uhland fleißig mitgewirkt. Dabei war das Säuern als einfache Methode des Haltbarmachens bereits den Menschen der Prähistorie bekannt. In Deutschland nahmen sich im ausgehenden Mittelalter als erstes die Mönche der Sauerkrautherstellung an.

Sauerkraut gilt als ausgesprochen bekömmlich und gesund. Im rohen Sauerkraut sind die meisten Vitamine und Mineralstoffe des Weißkohls enthalten. Dank seinem hohen Vitamin C Gehalt konnte bereits der englische Weltumsegler James Cook 1775 seine Schiffsmannschaft vor Darmfäule, Skorbut und anderen Mangelkrankheiten bewahren. Der berühmte Chirurg Ferdinand Sauerbruch empfahl Sauerkraut nach Operationen zum schnellen Wundverschluss und selbst Pfarrer Sebastian Kneipp beschrieb es als „Besen für Magen und Darm“. Es ist sehr kalorienarm (etwa 19 kcal je 100 g), praktisch fettlos, enthält 3 bis 4 % Kohlenhydrate und 1 bis 2 % Proteine. Das ebenfalls enthaltene Histamin kann allerdings pseudoallergische Reaktionen bei Personen mit einer Histamin-Intoleranz auslösen.

Durch den Prozess der Milchsäuregärung können unterschiedlichste Gemüsesorten haltbar gemacht werden. Das Verfahren hierbei ist simple: Milchsäurebakterien wandeln unter Luftabschluss die im Gemüse enthaltenen Kohlehydrate in Milch-, Essigsäure und Kohlendioxid um. Hierbei vermehren sich die Bakterien zunächst exponentiell und „vergiften“ sich schließlich mit dem eigenen Stoffwechselprodukt Milchsäure. Ab einer Konzentration von 1% sind **alle** Mikroorganismen zerstört. Die Milchsäure verleiht dem Gemüse den pikant-sauren Geschmack.

Milchsäurebakterien treten als Kokken sowie als Lang- und Kurzstäbchen auf. Sie sind eine physiologisch einheitliche Bakteriengruppe mit GRAM-positiver Zellwand, die Zucker nur fermentativ unter Bildung von Milchsäure verwerten kann. Sie haben einen anaeroben Stoffwechsel, sind aber sauerstofftolerant.

Die homofermentative Milchsäuregärung, die zur Bildung von (fast) reiner Milchsäure führt, verläuft über den Fructose-bisphosphat Weg. Zu den homofermentativen Milchsäurebakterien gehören die Arten der Familie *Streptolactobacillus*, ein Teil der Arten der Gattung *Lactobacillus*, *Sporolactobacillus* sowie wie die Wein- und Bierhefen.

Die heterofermentative Milchsäuregärung verläuft hingegen über den Pentosephosphat-Weg, sodass neben der Milchsäure auch Ethanol und Kohlendioxid entstehen.

Das Enzym Lactat-Dehydrogenase, welches Brenztraubensäure zu Milchsäure reduziert, ist je nach Bakterienart verschieden spezifisch. Deshalb bilden manche Bakterien optisch rechts drehende D(+), andere dagegen optisch links drehende L(-) Milchsäure. Wieder andere bilden zusätzlich das Enzym Lactat-Racemase, welches die beiden optischen Formen der Milchsäure ineinander umwandelt. Das Endprodukt solcher Gärung ist dann das racemische Gemisch D(+),L(-)-Milchsäure. Der Mensch baut D(+)-Milchsäure normal ab, während die D(-)-Milchsäure langsamer vom Organismus eliminiert wird, so dass sie sich im Blut anreichern kann (Acidose bei Säuglingen).

..... weitere Themen die im Handbuch zu diesem Versuch erläutert werden: einzelne Phasen der Gärung mit entsprechenden Organismen und deren Besonderheiten // Gebrauch und Funktion von Petrifilm™ // Datenanalyse mit Auswertung // Fragenkatalog (mit Antworten) //

Hinweis: Diese Übungen dieses Kit wurden entwickelt, um Schüler zum Nachdenken und zur eigenen Kreativität anzuregen und weichen somit von standardisierten „Kochbuch“- Experimenten ab.

Die Handbuch enthaltenen Hintergrundinformationen beabsichtigen die Minimalvoraussetzungen an Wissen zu vermitteln, welche die Schüler brauchen, um die Übung mit Erfolg zu meistern. Angesichts dieser Überlegung, entscheiden Sie selbst wie viel und welche(n) Teil(e) der Hintergrundinformationen Sie Ihren Schülern zukommen lassen wollen. Eventuell möchten Sie zusätzliches Unterrichtsmaterial einbringen. Ermutigen Sie Ihre Schüler, nach Begleitinformation im Internet zu suchen.

VI PROZESSE DER MILCHSÄUREGÄRUNG

Der Ablauf der Gärung wird in drei Phasen eingeteilt:

1. Phase (die ersten drei Tage)

Die Mikroorganismen, die bereits im Ansatz vorhanden sind verbrauchen den restlichen Sauerstoff. Beim Kohlehydratabbau entstehen Ethanol, Säuren (Milchsäure, Essigsäure) und Ester.

2. Phase (weitere drei Tage; Schritt 1 der BA)

Heterofermentative Milchsäurebakterien bilden Milchsäure, Essigsäure, Mannit und Kohlenstoffdioxid. Der pH-Wert sinkt. Das im Substrat vorhandene Ethanol verbindet sich mit Säuren zu Estern und wird zu einer wichtigen Geschmackskomponente im Sauerkraut.

3. Phase (ab einem Säuregehalt von 1-2 %, 3 bis 6 Wochen; Schritte 2 und 3 der BA)

Andere heterofermentative, säuretolantere Milchsäurebakterien beherrschen nun die Stoffwechselprozesse und bauen andere Zuckerarten als Trauben- und Fruchtzucker (z. B. Arabinose, Xylose) ab. Die Gärdauer beträgt bei Raumtemperatur 3 bis 4 Wochen, bei Kellertemperatur 5 bis 6 Wochen.

VII VERSUCHSABLAUF

Die Probengefäße (500ml) werden mit kleingeschnittenem Weißkohl gefüllt und mit 2,5% Kochsalzlösung bedeckt.

Mikroskopische Untersuchung der Kohlblatt-Epidermis (Gewebsschnitt, Methyleneblau-Färbung, Übersichtszeichnung)

→ Wiederholung nach 4 Tagen und am Versuchsende

Ausführliche Beschreibung im Handbuch Forensik Lab Kit „Fermentation“ (108.6404)

Von der Lake jedes Probengefäßes wird eine Flüssig-Kultur angelegt (PetriFilm™ - Fertigkulturmedium), diese 24 Stunden bei 35-39°C inkubiert und abschließend das Vorhandensein, die Art, sowie Anzahl der Bakterien-Kolonien überprüft.

→ Wiederholung nach 4 Tagen und am Versuchsende

Ausführliche Beschreibung im Handbuch Forensik Lab Kit „Fermentation“ (108.6404)

Die Proben werden hinsichtlich Farbe, Textur, Geruch, Gasbildung, pH-Wert und Trübung untersucht und anschließend mit Salzlake aufgefüllt und bei RT gelagert.

VIII HAUSAUFGABEN

Die Schüler finden Antworten auf die Fragen des Richters anhand der Daten, die sie in der Gruppe zusammengetragen haben. Die Schüler müssen die Frage, ob sich die für die Gärung verantwortlichen Bakterien immer noch auf den Kohlblättern befinden, eindeutig beantworten und dazu Beweismittel und Daten zitieren.

VIII ÜBUNGEN

1. Schüler können eine Scheinverhandlung des Falles durchführen.
2. Thema „Nutzung von chemischen und organischen Düngemitteln und Pestiziden auf Kulturpflanzen in der Landwirtschaft“
3. Lassen Sie Ihre Schüler zusätzliche Nachforschungen zu Fragen, die sie selbst nach dem Erstversuch vorbringen, anstellen.
4. Bestimmung des Gehalts an gelöstem Sauerstoff / Temperatur des Kohls über einen Zeitraum von sieben Tagen.