

Versuche zu Umweltfaktoren

10. Klasse Biologie, 2. Halbjahr

Ein Programm zur Kompetenzschulung bezüglich Erkenntnisgewinnung mit sehr hoher Schüleraktivierung

Hinweise für die Lehrkraft:

1 Phänomene

Die Schüler werden über natürliche Phänomene informiert, z. B. anhand eines Arbeitsblatts. Im folgenden Beispiel (Bierhefe, Milchsäurebakterien) werden das Reaktionsschema der Zellatmung sowie ATP als universeller Energieträger der Zelle vorausgesetzt.

2 Aufstellen von Hypothesen

Aus den Informationen leiten die Schüler überprüfbare Hypothesen bzw. Fragestellungen ab, beispielsweise zu den äußeren Umständen, unter denen Hefe Zellatmung bzw. Gärung betreibt, zu der Frage, ob Milchsäurebakterien unter aeroben Bedingungen Zellatmung bzw. Gärung betreiben oder zur Temperaturabhängigkeit dieser mikrobiellen Vorgänge.

3 Nachweismöglichkeiten

Die Schüler überlegen qualitative und ggf. quantitative Nachweismöglichkeiten für die zu untersuchenden Stoffwechselprozesse. Hierbei ergibt sich auch Gelegenheit, eventuelle Fehlerquellen zu besprechen, z. B. dass der Farbumschlag eines Indikators ins Saure sowohl durch Milchsäure als auch durch Kohlenstoffdioxid hervorgerufen werden kann.

4 Planung des Versuchsaufbaus

Die Schüler entwerfen einen durchführbaren Versuchsaufbau zur Überprüfung ihrer Hypothese (Geräte, Chemikalien, Durchführung, Messmethode, Art des Protokolls), präsentieren ihn und diskutieren ihn mit der Klasse; ggf. korrigiert die Lehrkraft unstimmmige Details.

5 Durchführung der Versuche

Die Schüler führen die Versuche in Kleingruppen durch und protokollieren ihre Messergebnisse.

6 Auswertung der Versuchsergebnisse

Die Ergebnisse der Arbeitsgruppen werden präsentiert und zusammengeführt. Soweit sinnvoll, werden die Versuchsergebnisse graphisch dargestellt. Unter Bezug auf die eingangs aufgestellte Hypothese bzw. Fragestellung werden die Versuchsergebnisse zudem in ganzen Sätzen verbalisiert. Fehlerquellen werden diskutiert. Die eingangs gestellte Hypothese wird entsprechend der Versuchsergebnisse verifiziert oder falsifiziert.

Ergeben sich aus den Versuchsergebnissen weitere Hypothesen bzw. Fragestellungen, kann der Prozess erneut bei Ziffer 2 beginnen.

Hinweis:

Die Erfahrung zeigt, dass die hier dargestellte kleinschrittige Vorgehensweise in den meisten Klassen notwendig ist und deshalb von den Schülern auch schriftlich fixiert werden sollte, da nur in wenigen Ausnahmefällen ein Schüler diese Gliederung von sich aus alleine zuwege bringt.

Umweltfaktoren beeinflussen Stoffwechselprozesse

Bierhefe und Milchsäurebakterien sind einzellige Lebewesen, die der Mensch zur Herstellung von Lebensmitteln nutzt.

Die eukaryotische Bierhefe, *Saccharomyces cerevisiae*, die zu den Pilzen zählt, dient der Herstellung von Wein und Bier, aber auch von Hefeteig. Je nach den äußeren Umständen betreibt die Hefe Zellatmung oder alkoholische Gärung.

Milchsäurebakterien, z. B. *Lactobacillus*, sind für die Herstellung von Joghurt, Sauer Milch, aber auch von Sauerkraut notwendig.

Abbauweg	Reaktionsschema	ATP-Ausbeute pro Glucose
Zellatmung		30-32
alkoholische Gärung	Glucose → Ethanol + Kohlenstoffdioxid	2
Milchsäuregärung	Glucose → Milchsäure	2

Aufgaben:

- 1 Ergänzen Sie in der Tabelle das Reaktionsschema der Zellatmung.
- 2 Erstellung von Hypothesen:
 - 2.1 Hypothese 1: Erstellen Sie eine Hypothese darüber, unter welchen äußeren Umständen die Hefe den einen oder den anderen Stoffwechselweg betreibt. Geben Sie für Ihre Hypothese eine kurze Begründung an.
 - 2.2 Hypothese 2: Erstellen Sie eine Hypothese darüber, wie die Temperatur die alkoholische Gärung beeinflussen könnte.
- 3 Nachweis der Produkte:
 - 3.1 Überlegen Sie Möglichkeiten, wie die drei unterschiedlichen Stoffwechselprodukte (außer Wasser) im Experiment qualitativ nachgewiesen werden können.
 - 3.2 Überlegen Sie eine Möglichkeit, die Intensität der alkoholischen Gärung im Experiment quantitativ nachzuweisen.
- 4 Erarbeiten Sie für das Schülerlabor eine Versuchsanordnung (Geräte, Chemikalien, Durchführung, Messmethode, Protokollierung) für folgende Hypothesen bzw. Fragestellungen:
 - 4.1 zur Hypothese 1
 - 4.2 zur Hypothese 2
 - 4.3 zur Hypothese 3: „Milchsäurebakterien betreiben unter anaeroben Verhältnissen Milchsäuregärung und unter aeroben Verhältnissen Zellatmung.“
- 5 Führen Sie die geplanten Versuche praktisch durch und protokollieren Sie die Ergebnisse. Notieren Sie dabei auch mögliche Fehlerquellen.
- 6 Auswertung der Versuche:

Entscheiden Sie, ob es sinnvoll ist, die Versuchsergebnisse graphisch darzustellen, und erstellen Sie ggf. ein entsprechendes (vollständig beschriftetes) Diagramm.

Formulieren Sie die Versuchsergebnisse (zusammengefasst) in ganzen Sätzen. (Wird die Hypothese verifiziert oder falsifiziert?)

Hinweise zum Schülerarbeitsblatt:

- 1 Glucose + Sauerstoff → Kohlenstoffdioxid + Wasser
bzw.: $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$
- 2.1 Weil die ATP-Ausbeute bei der Zellatmung viel größer ist als bei der Gärung, wird die Hefe Zellatmung betreiben, soweit dies möglich ist, also unter Anwesenheit von Sauerstoff (aerobe Bedingungen).
Unter anaeroben Bedingungen fehlt der Sauerstoff für die Zellatmung, so dass die Hefe alkoholische Gärung betreibt.
- 2.2 z. B. „Je höher die Temperatur ist, desto intensiver verläuft die Gärung.“
- 3.1 Qualitative Nachweise:
 - Kohlenstoffdioxid: Kalkwasserprobe (entstehendes Gas durch Kalkwasser leiten; Trübung weist Kohlenstoffdioxid nach)
 - Ethanol: typischer Geruch
 - Milchsäure: färbt Säure-Base-Indikator charakteristisch, wenn das Milieu vorher nicht sauer war (z. B. Bromthymolblau wird gelb); der Nachweis ist aber nur dann eindeutig, wenn gleichzeitig durch die Kalkwasserprobe nachgewiesen wird, dass die saure Reaktion nicht auf Kohlenstoffdioxid beruht
- 3.2 Quantitativer Nachweis von Kohlenstoffdioxid:
 - Bläschenzählmethode: Anzahl der Bläschen, die aus einem pipettenartig verengten ableitenden Glasrohr in einem bestimmten Zeitintervall durch eine Flüssigkeit (Wasser, Kalkwasser) gehen
 - Volumenmessung des in einem bestimmten Zeitintervall erzeugten Gases, das anhand einer pneumatischen Wanne in einem Messzylinder aufgefangen wird
- 4.1 Versuchsaufbau zur Hypothese aus 2.1:
abgewogene Menge Bäckerhefe in Glucoselösung einer bestimmten Konzentration aufschlännen, Reaktionsgefäß luftdicht verschließen (z. B. Erlenmeyerkolben mit Gärrohr), im handwarmen Wasserbad (Kontrolle der Temperatur mit Thermometer);
identischer zweiten Versuchsansatz, aber mit guter Sauerstoffversorgung (z. B. in breiter Glasschale durchgeführt oder Luft mit der Wasserstrahlpumpe durchleiten) bei gleicher Temperatur wie der Parallelversuch;
am besten jeweils einen Blindversuch parallel laufen lassen (ohne Hefe)

Oder man schlämmt Hefe in wenig Wasser auf, gibt Mehl und Zucker dazu und bildet daraus einen Teig, den man im einen Fall luftdicht in einem Glas verschließt (z. B. Marmeladenglas) und im anderen Fall offen stehen lässt (mit feuchtem Tuch bedecken, damit der Ansatz nicht austrocknet); bei gleicher Temperatur stehen lassen (plus Blindversuche)
- Untersuchung: geruchlich auf Anwesenheit von Ethanol

Hinweis: Es ist durchaus wünschenswert, unterschiedliche Vorschläge für Versuchsaufbauten parallel durchzuführen, um zu beobachten, ob sie zu gleichen Ergebnissen führen.
- 4.2 Versuchsaufbau zur Messung der Temperaturabhängigkeit der Gärung:
Hier sind unbedingt mehrere parallele Versuchsansätze notwendig, die bei unterschiedlichen Temperaturen ablaufen, aber ansonsten völlig identisch sind. Hierbei ist eine quan-

titative Messung der Aktivität notwendig, am besten durch Volumenmessung z. B. in 20 min:

Jeweils die selbe Menge an Hefe in der selben Menge identischer Glucoselösung aufschlänmen, in einem genügend großen Erlenmeyerkolben (250, besser 500 mL) mit Ableitungsrohr, pneumatische Wanne mit Messzylinder zum Auffangen des Kohlenstoffdioxids; Wasserbäder mit unterschiedlichen Temperaturen, auf isolierender Unterlage (Blindversuche ohne Hefe parallel laufen lassen)

Die Ergebnisse der Schülergruppen werden in einer Wertetabelle zusammengestellt.

- 4.3 Es ist zu unterscheiden, ob Milchsäure (ein sehr gut wasserlöslicher Stoff) oder Kohlenstoffdioxid entsteht. Zwar zeigen beide in Frage kommenden Produkte saure Reaktion, aber zumindest bei längerer Laufzeit sollte sich Kohlenstoffdioxid durch Bildung von Gasbläschen nachweisen lassen. Dies muss geklärt werden, bevor die Schüler den Versuchsaufbau entwerfen.

Man verrührt z. B. einen halben Teelöffel Naturjogurt (mit lebenden Keimen) in 200 mL Zuckerlösung (z.B. Milchzucker), gibt Bromthymolblaulösung zu und stellt durch vorsichtiges Einrühren von sehr wenig sehr stark verdünnter Ammoniaklösung einen schwach basischen pH-Wert ein (grünblaue Indikatorfärbung).

Mit der Hälfte des Ansatzes füllt man ein verschließbares Reaktionsgefäß, so dass nur noch wenig Luft darin bleibt. Die andere Hälfte gibt man in eine flache Schale, so dass guter Kontakt zu Luft besteht.

(Aufwendige Alternative: Die Ansätze jeweils in große Erlenmeyerkolben geben, den Gasraum mit Stickstoff bzw. Sauerstoff aus der Stahlflasche füllen und jeweils mit einem Gärröhrchen, das Kalkwasser enthält, verschließen.)

- 5 Aufbau und Durchführung der Versuche müssen umsichtig begleitet werden, weil den Schülern erfahrungsgemäß dabei gerne Fehler unterlaufen, v. a. wenn sie als Nicht-NTG-Schüler nur wenig experimentelle Erfahrung besitzen

- 6.1 Auswertung von Versuch 4.1:

In jedem Fall ist Gasentwicklung zu beobachten, aber nur die anaeroben Ansätze zeigen Geruch nach Ethanol => Hypothese verifiziert.

Eine graphische Darstellung der Ergebnisse bietet sich hier nicht an.

- 6.2 Auswertung von Versuch 4.2.:

Säulen- oder Liniendiagramm mit der Temperatur als unabhängiger Variable (x-Achse) und dem erzeugten Gasvolumen pro Zeitintervall als abhängiger Variable (y-Achse); im Temperaturbereich zwischen 0 °C und 40 °C wird die These verifiziert, dass die Aktivität mit zunehmender Temperatur steigt

Erklärung durch die RGT-Regel

Möglichkeit für eine weitere Hypothese: „Bei zu hoher Temperatur ist die Aktivität niedrig (bis Null).“

- 6.3 Auswertung von Versuch 4.3:

B: In beiden Fällen tritt keine Gasbildung auf, das Kalkwasser trübt sich nicht.

E: Zellatmung findet nicht statt, weil dabei CO₂ entstünde.

=> Die Hypothese wird falsifiziert.

Milchsäurebakterien betreiben sowohl unter aeroben als auch unter anaeroben Bedingungen Milchsäuregärung.