

## Hefemetabolismus



Bildquelle: Fotolia

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungsniveau	Durchführungsniveau	Vorbereitung
Biologie G-Kurs	Enzymatik	Gärung	...	...	unterschiedlich

### Aufgabenstellung

In diesem Versuch sollen die Schüler untersuchen, inwieweit die Temperatur die Zellatmungsrate von Hefe beeinflusst.

## Einleitung

### Was ist Enzymspezifität / Substratspezifität?

Enzyme können nur dann gut arbeiten, wenn ihr Milieu die passenden Bedingungen bietet. Einige Faktoren spielen dabei hinein, unter anderem die Temperatur, der pH-Wert und die Salzkonzentration. Natürlich ist die Reaktionsgeschwindigkeit aber auch von der Substrat- und Enzymkonzentration abhängig.

Der Begriff Enzymspezifität oder Substratspezifität bezeichnet das Phänomen, dass Enzyme zumeist nur ein Substrat bzw. eine beschränkte Anzahl von Substraten in ihrem aktiven Zentrum aufnehmen können, was einen Aspekt des Schlüssel-Schloss-Prinzips beschreibt. Dieser Sachverhalt ist sowohl für den Organismus, der diese Enzyme besitzt, als auch für die Wissenschaft von fundamentaler Wichtigkeit.

### Physiologie der Zelle

Alle Lebewesen benötigen eine Energiequelle, um die Zellphysiologie und das Wachstum der Zellen aufrechtzuerhalten. Die zelluläre Atmung ist der Prozess, der zur Oxidation von Nahrungsmolekülen und zur Freisetzung der Energie für Lebensvorgänge eingesetzt wird.

Es gibt zwei Arten der zellulären Atmung, die aerobe und die anaerobe Atmung. Beide beginnen mit der Glykolyse. Die Glykolyse ist ein biochemischer Prozess, der von den meisten Organismen, einschließlich der Hefen, genutzt wird, um Glukose in Pyruvat und Adenosintriphosphat (ATP) umzuwandeln. Vor der Glykolyse spalten Enzyme die Stärke in komplexe Zucker (z.B. Saccharose) und dann in einfache Zucker (z.B. Fruktose und Glukose) auf.

Tierische Zellen und einige einzellige Organismen wandeln das Pyruvat in Milchsäure um (Milchsäurevergärung). Einige pflanzliche Zellen und einzellige Organismen wandeln das Pyruvat in Ethanol und Kohlendioxidgas um (alkoholische Gärung).

### Physiologie der Hefe

Hefen sind vielseitig einsetzbare Lebewesen. Im Gegensatz zu den meisten anderen Lebewesen, die ihre Zellenergie entweder durch aerobe Atmung (welche gasförmigen Sauerstoff benötigt) oder durch anaerobe Atmung (die die Abwesenheit von Sauerstoff erfordert) gewinnen, atmen Hefezellen in beiden Zuständen, je nach Verfügbarkeit von gasförmigem Sauerstoff....

Wenn Sauerstoff zur Verfügung steht, atmen die Hefezellen durch aerobe Atmung. Die aerobe Atmung produziert Moleküle aus Kohlendioxidgas und Wasser zusammen mit ATP-Molekülen. Die Hefezellen nutzen dann diese ATP-Moleküle, die wie winzige Chemikalienbatterien wirken, um ihre Lebensprozesse anzukurbeln. Während der aeroben Atmung wachsen und vermehren sich Hefezellen durch ungeschlechtliches Knospen.

Unter anaeroben Bedingungen verlagert sich der Hefemetabolismus in die alkoholische Gärung, eine Art der anaeroben Zellatmung. Während der Fermentation spalten Enzyme komplexe Kohlenhydrate in einfachere auf.

In dieser Aktivität verwenden Hefezellen den gelösten Sauerstoff und den Zucker in der Saftlösung als Reaktanden in der Gleichung:



Im Laufe der Zeit sollte man einen Anstieg des Kohlendioxidspiegels in der Luft über der Lösung beobachten, da Kohlendioxid als Endprodukt der Zellatmung erzeugt wird. Das Kohlendioxid wird aus der flüssigen Lösung ausgasen und ist durch den Kohlendioxidssensor in der Luft über der Flüssigkeit nachweisbar. Enzyme treiben die Gesamtreaktion an. Enzyme funktionieren am besten in einem bestimmten Temperaturbereich, in diesem Fall 32 bis 38 °C. Man erwartet, dass bei niedrigeren Temperaturen weniger Kohlendioxid freigesetzt wird, denn auch wenn aerobe Atmung auftreten kann, funktioniert das Enzym bei wärmeren Temperaturen mit maximaler Kapazität. Wenn Sie die Lösung zu stark erwärmen, würden die Enzyme denaturiert und funktionieren überhaupt nicht mehr.

## Material & Methoden

Für jeden Schüler oder jede Gruppe werden folgende Materialien benötigt:

- SPARKvue
- Smart CO<sub>2</sub>-Sensor
- Probenflasche (im Lieferumfang des Sensors enthalten)
- Hefe, getrocknet (1 Packung)
- Becher (2 Stück), 250 ml
- Messzylinder, 100 ml
- Messzylinder, 10 ml
- Wasser, 1 l
- Heizplatte
- Rührstäbchen
- Traubensaft

ACHTUNG! Vermeiden Sie den Smart CO<sub>2</sub>-Sensor mit der Hefesuspension in Kontakt zu bringen. Die Messung erfolgt über der Suspension. Die Hefesuspension schäumt auf.

## Durchführung

Starten Sie ein neues Experiment auf dem Datenerfassungssystem und schließen Sie den CO<sub>2</sub>-Sensor an das System an und kalibrieren Sie den Sensor gemäß der mitgelieferten Anleitung.

Stellen Sie die Anzeige so ein, dass der CO<sub>2</sub>-Gehalt (ppm) auf der y-Achse gegen die Zeit auf der x-Achse dargestellt wird.

Geben Sie 100 ml warmes Leitungswasser in ein Becherglas und achten Sie darauf, dass die Temperatur unter 40 °C bleibt.

Dann geben Sie eine Packung Trockenhefe in das Becherglas und rühren gut um - die Hefe wird innerhalb von 15 bis 20 Minuten aktiviert.

Überführen Sie anschließend 25 ml der Hefelösung in ein anderes Becherglas und stellen Sie das Becherglas auf die Heizplatte, um die Lösung zum Kochen zu bringen.

### Teil 1 - Raumtemperatur Traubensaft und Hefe (aerob)

1. Füllen Sie 75 ml Traubensaft bei Raumtemperatur in die Probenflasche ein
2. Verrühren Sie die Hefesuspension gut und geben Sie 5 ml davon zu dem Saft
3. Stecken Sie das Ende des CO<sub>2</sub>-Sensors lose in die Probenflasche
4. Achten Sie darauf, dass sich der Gasdruck in der Probenflasche zu hoch aufbaut
5. Starten Sie die Datenaufzeichnung
6. Passen Sie die Skalierung des Diagramms so an, dass alle Daten zu sehen sind

**Was erwarten Sie?**

**Was wird mit dem Kohlendioxidgehalt bei der Datenerhebung passieren?**

7. Sammeln Sie für 5 Minuten die Daten
8. Nehmen Sie erst dann den CO<sub>2</sub>-Sensor aus der Probenflasche
9. Entsorgen Sie den Inhalt der Flasche vorschriftsmäßig und spülen Sie die Flasche aus

### Teil 2 - Traubensaft und gekochte Hefe bei Raumtemperatur

1. Füllen Sie 75 ml Traubensaft bei Raumtemperatur in die Probenflasche ein
2. Verrühren Sie die Hefesuspension gut und geben Sie 5 ml davon zu dem Saft
3. Stecken Sie das Ende des CO<sub>2</sub>-Sensors lose in die Probenflasche
4. Achten Sie darauf, dass sich der Gasdruck in der Probenflasche zu hoch aufbaut
5. Starten Sie die Datenaufzeichnung
6. Passen Sie die Skalierung des Diagramms so an, dass alle Daten zu sehen sind

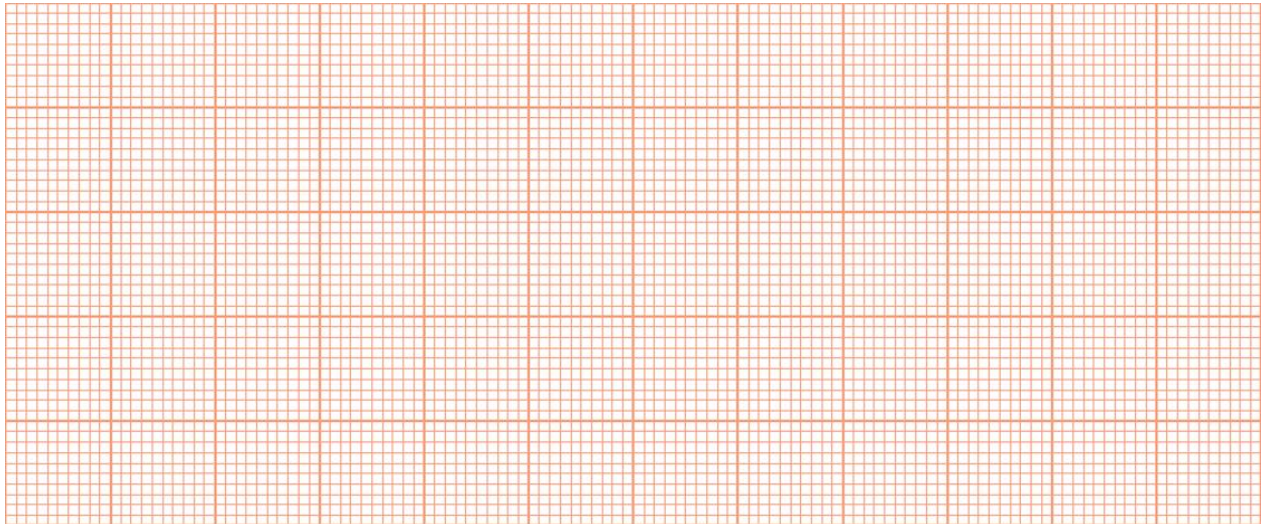
**Was erwarten Sie?**

**Was wird mit dem Kohlendioxidgehalt bei der Datenerhebung passieren?**

7. Sammeln Sie für 5 Minuten die Daten
8. Nehmen Sie erst dann den CO<sub>2</sub>-Sensor aus der Probenflasche
9. Entsorgen Sie den Inhalt der Flasche vorschriftsmäßig und spülen Sie die Flasche aus

### Dokumentation

Erstellen Sie eine Grafik der beiden Datenläufe. Achten Sie darauf, den Gesamtgraphen, die x-Achse und die y-Achse zu beschriften und Einheiten auf den Achsen anzugeben.



Mit den verfügbaren Analysewerkzeugen können Sie die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (ppm) sowie die Gesamtzeit (s) der Datenläufe ermitteln und in der Tabelle festhalten.

Berechnen Sie die CO<sub>2</sub>-Produktionsrate für jeden Datenlauf unter Verwendung der folgenden Formel:

$$\text{CO}_2\text{-Produktionsrate} = \frac{\text{Endgültige CO}_2\text{-Konzentration} - \text{Anfangs-CO}_2\text{-Konzentration}}{\text{Gesamtdauer}}$$

Datenlauf	CO <sub>2</sub> -Konzentration Start (ppm)	CO <sub>2</sub> -Konzentration Ende (ppm)	Zeit gesamt (s)	CO <sub>2</sub> -Produktion Rate (ppm/s)
Traubensaft + Hefe (Raumtemperatur)				
Traubensaft + Hefe (gekocht)				

## Auswertung und Fragen

1. Wie hoch ist die Gesamtrate der CO<sub>2</sub>-Produktion im Traubensaft bei der Zugabe von Hefe bei Raumtemperatur und wie verändert sich die Rate im Laufe der Zeit?
2. Wie verhält sich die CO<sub>2</sub>-Produktionsrate im Traubensaft bei der Zugabe von gekochter Hefe im Vergleich zur CO<sub>2</sub>-Produktionsrate für Traubensaft und Hefe bei Raumtemperatur?
3. Welche Schlussfolgerungen lässt sich über den Einfluss von hohen Temperaturen auf die Hefesuspension ziehen?
4. Basierend auf diesen Beobachtungen: Denken Sie, dass sich im Brot noch lebende Hefen befinden?
5. Wenn Hefe fakultative Anaerobier und entscheidend für die Herstellung von Produkten wie Bier und Wein sind, leben die Hefen in diesen Produkten noch, wenn man sie konsumiert?

**Lückentext (verwenden Sie zum Füllen die unten genannten Schlüsselbegriffe)**

\_\_\_\_\_ ist eine Reihe komplexer chemischer Reaktionen, bei denen gespeicherte Energie in der Nahrung freigesetzt wird, um Lebensvorgänge anzuheizen. Es gibt zwei Arten der zellulären Atmung, \_\_\_\_\_ (verwendet Sauerstoff) und \_\_\_\_\_ (verwendet keinen Sauerstoff). Beide beginnen mit \_\_\_\_\_. Während der Glykolyse spaltet sich die Glukose in \_\_\_\_\_ auf. Einige Organismen wandeln das Pyruvat in Ethanol und Kohlendioxidgas (\_\_\_\_\_). Hefen können entweder aerob atmen oder alkoholische vergären. Wenn Sauerstoff zur Verfügung steht, atmen die Hefezellen aerob. Dabei wird aus \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_ Moleküle von \_\_\_\_\_ gebildet. Wenn kein Sauerstoff zur Verfügung steht atmen die Hefen durch alkoholische Gärung. Bei diesen Reaktionen werden aus jedem Glukosemolekül nur \_\_\_\_\_ Moleküle von CO<sub>2</sub> und \_\_\_\_\_ ATP gebildet. Diese Reaktion ist also viel weniger effizient bei der Herstellung von ATP-Molekülen, die die Zelle für ihre Lebensvorgänge nutzen kann. Der größte Teil der Energie des Zuckermoleküls verbleibt in den Ethanol-Molekülen.

**Schlüsselbegriffe**

aerob / alkoholische Gärung / anaerob / Calvin-Zyklus / Zellatmung / Glycolyse / Krebszyklus / oxidative Phosphorylierung / Pyruvat / ADP / ATP / CO<sub>2</sub> / Pyruvat / 2 / 6 / 38

**Literaturverzeichnis:**

<http://www.bio-kompakt.de/stoffwechsel/enzyme/abhaengigkeit-der-enzymwirkung>  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Enzymspezifit%C3%A4t>  
[http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/8/bc/vlu/biokatalyse\\_enzyme/enzyme.vlu/Page/vsc/de/ch/8/bc/biokatalyse/enzym\\_temp.vscml.html](http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/8/bc/vlu/biokatalyse_enzyme/enzyme.vlu/Page/vsc/de/ch/8/bc/biokatalyse/enzym_temp.vscml.html)