Die Hefe gibt Gas

Kleine Experimente rund um die Hefe

Science on Stage Switzerland

Stephan Burkhard und Thomas Scheuber, Gymnasium Kirschgarten, Basel

Low-Cost Experiments in STEM Education

Saccharomyces cerevisiae als Modellorganismus

Die Bäckerhefe ist ein eukaryotischer (einzelliger) Pilz. Die Wirkung der Hefeaktivität auf Lebensmittel wurde vermutlich durch Zufall entdeckt. Jahrtausendelang blieb allerdings unklar, wie diese «biotechnologischen» Prozesse vor sich gehen. Erst 1680 sah der Niederländer Antoni van Leeuwenhoek als erster Mensch Hefezellen in seinem Mikroskop. Und erst 200 Jahre später gelang dem Franzosen Louis Pasteur der Nachweis, dass diese Hefen für die Bildung der Gärungsprodukte verantwortlich waren.
Beim Backen dient die Hefe als Triebmittel. Der wissenschaftliche Name „*Saccharomyces cerevisiae*" leitet sich vom Bierbrauen ab. Auch in der Wein- und Ciderherstellung produzieren Hefen den gewünschten Alkohol. In den letzten Jahren haben Hefen bei der Herstellung von Ethanol-Kraftstoffen an Bedeutung gewonnen. Zudem werden sie bei der sogenannten Biosorption von Schwermetallen aus Abwässern genutzt. In der genetischen und medizinischen Forschung dient die Hefe nach wie vor als Modellorganismus für eukaryotische Zellen. Nicht zuletzt kommt die Hefe auch als Protein- und Vitaminquelle für Mensch und Tier in der Nahrungsmittelindustrie zum Einsatz.

Projektbeschreibung

Mit dieser Experimentesammlung wollen wir uns dem Phänomen „Hefe" von verschiedenen Seiten annähern. Unterschiedliche Teilgebiete und Basiskonzepte der Biologie werden dabei angesprochen. Die Versuche können auf der Sek I und Sek II – Stufe durchgeführt werden. Gewisse Bereiche können auch auf die Primarstufe ausgeweitet werden. Zudem kommen auch Aspekte der Fächer Chemie, Informatik und Mathematik zum Tragen.

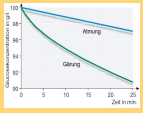
Vergärbare Zuckerarten

Hefepilze vergären nur diejenigen Kohlenhydrate, die in die Zellen aufgenommen werden und dort enzymatisch zerlegt werden können. Bevorzugt sind dies Glukose, Fructose und Saccharose. Laktose aus Milch können Hefezellen

aber nicht verstoffwechseln, weil Ihnen das Enzym Laktase fehlt. Auch künstliche Süssstoffe wie Cyclamat und Saccharin können nicht als Energiequelle genutzt werden. Einfache Gärversuche zeigen dies schnell und kostengünstig.

Gärung vs Zellatmung

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2$
oder
$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ H_2O + 6\ CO_2$



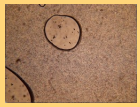
Auch für Hefezellen ist Alkohol toxisch und sie überleben nur einen Alkoholgehalt von bis 19%. Der Energiegewinn bei der alkoholische Gärung ist verglichen mit der Zellatmung sehr gering und wird durch einen hohen Stoffumsatz wettgemacht (= Pasteur-Effekt).

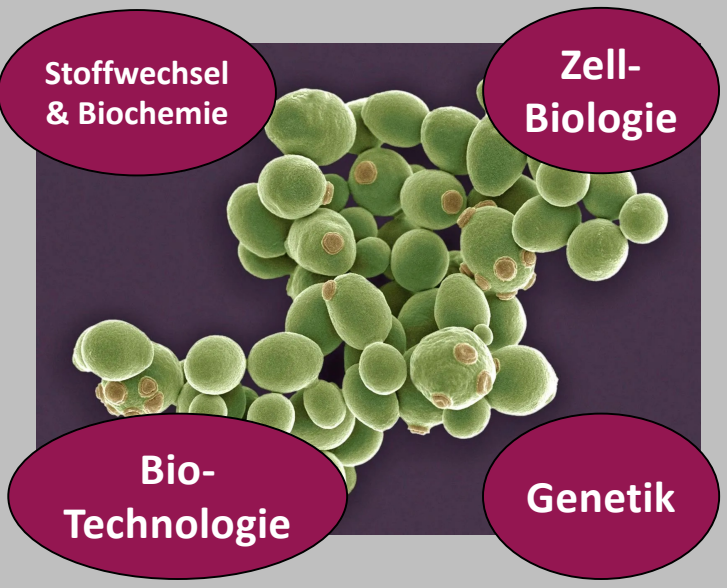
pH-Wert in Hefezellen

Neutralrot wird als Indikator für biologische Untersuchungen wie der Bestimmung der Zellviabilität verwendet. Von pH 13 bis 7.5 liegt es ungeladen und gelb vor und ist membrangängig. Ab pH 7.4 wird der Farbstoff protoniert und nimmt eine rot-violette Farbe an. Als Kation vermag Neutralrot Membranen nicht mehr zu durchdringen. Es reichert sich daher in sauren Kompartimenten von Zellen an (= Ionenfalle).

CO_2 sichtbar machen

Die Kohlendioxid-Entwicklung kann direkt im Mikroskop beobachtet werden. An gewissen Stellen bilden sich unter dem Deckglas Gas-Ansammlungen. Diese vergrössern sich im Verlauf der Zeit.





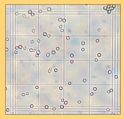
CO_2 messen

Für quantitative CO_2-Messungen können Sensoren verwendet werden. Verfügt man über thermoregulierbare Magnetrührer kann die Temperaturabhängigkeit der Stoffwechselprozesse gezeigt werden.

Mit den Sonden lässt sich dann auch zeigen, wie schnell die Hefe verschiedene Zuckerarten nutzen kann.

Hefezellen zählen

Wie viele Zellen befinden sich in 1 Gramm Hefe? Mittels Verdünnungsreihen wird die Zellzahl mit zwei Methoden bestimmt:
1. Ausplattieren auf YPD Platten
2. Mikroskopieren & auszählen in der Zählkammer

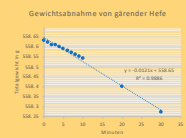


Hefe immobilisieren

Das Verfahren kann zur Erzeugung flaschenvergorener Schaumweine genutzt werden. Anstelle der freien Hefezellen werden diese in Kalzium-alginat-Gel eingeschlossen.

Energiebedarf von Hefe

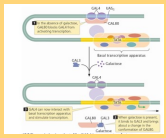
Bei der alkoholischen Gärung gewinnt die Hefe Energie in Form von ATP.

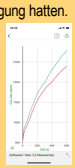


Der Energiebedarf der Hefe kann indirekt über den Gewichtsverlust des abgegebenen Kohlendioxids berechnet werden.

Substratinduktion

Die Hefe stellt die Enzyme für den Galaktoseabbau nur dann her, wenn der Zucker tatsächlich im Medium vorhanden ist (= Substratinduktion). Sind die Gene in einer Zelle einmal angeschaltet, geht der Galaktoseabbau dann schneller, als bei Zellen, die vorher noch keine Galaktose zur Verfügung hatten.





Transkriptionsfaktoren sind nötig, um die Genexpression zur ermöglichen

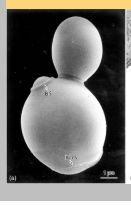
Mitose blockieren

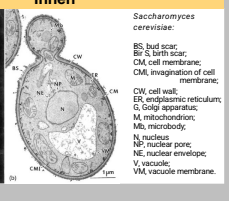
Energiereiche UV-B-Strahlung wird von DNA-Basen absorbiert. Dadurch können Dimere entstehen. Sie sind der Ursprung von UV induzierten DNA-Mutationen.

UV-Licht bestrahlte Hefezellen werden in der Zellteilung gehemmt. Je länger die Expositionsdauer, desto weniger Zellwachstum findet statt.

Aussen

Innen





Quellen

- Steinbüchel, Alexander; Oppermann-Sanio, Fred; (2003) Mikrobiologisches Praktikum, Springer Verlag
- Röckl, Christiane; Standke, Gesche (2014), Hefe als Modellorganismus im Schulunterricht, Schullabor Novartis
- Weber, Ulrich (Hrsg) et al., (2012), Biologie Sekundarstufe 2 – Gesamtband Schweiz, Cornelsen
- https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/biologie-abitur/artikel/genexpression-bei-hefepilzen-experimentalanleitung#
- https://www.fachportal-paedagogik.de/literatur/vollanzeige.html?FId=651376
- Bill, Roland; Könitz Robert; Verkapselte Hefe für innovative Sektherstellung;Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau, 16, 2006, 6-6.
- https://www.britannica.com/science/microsporidian
- https://scienceonstage.ch/de
- https://www.semanticscholar.org/paper/Visualization-of-yeast-cells-by-electron-Osumi/d58146072fcf07cc9e223578926842cf3dcfa33d
- https://www.quora.com/What-does-high-radiation-exposure-do-to-DNA-that-causes-mutations-to-occur
- https://www.bartleby.com/questions-and-answers/gal4-uasg-1-in-the-absence-of-galactose-gal80-blocks-gal4-from-gal80-activating-transcription.-tata-/8204d973-368c-474c-9240-dbc380476b03