

# Effizientere Rohstoffnutzung

## Künstliche Transporter-Enzymkomplexe steigern Zuckerverwertung in Bäckerhefe

Stroh zu Gold spinnen: Im Märchen der Gebrüder Grimm ist diese Fähigkeit der Magie des garstigen Männleins Rumpelstilzchen vorbehalten. In der modernen Biotechnologie hingegen ist es sehr wohl möglich, mit Hilfe gentechnisch veränderter Mikroorganismen wichtige Substanzen aus pflanzlichen, also nachwachsenden Rohstoffen zu gewinnen – dabei setzen die Mikroorganismen sogar solche Pflanzenstoffe um, die von der Natur gar nicht dafür vorgesehen sind. Das geschieht zum Beispiel, wenn Xylose (Holzzucker) durch Hefe zu Bioethanol verarbeitet wird.

Wirtschaftlich lohnend war das allerdings bislang nicht: Ein Reaktionsweg, an dessen Ende die Produktion von Treibstoffen, Kunststoffen und Pharmazeutika stehen kann, ist nämlich im Allgemeinen kein eindeutiger Pfad, sondern besitzt Seitenstraßen und Abzweigungen, die zu unerwünschten Nebenprodukten führen. In der aktuellen Ausgabe der renommierten Fachzeitschrift „Nature Chemical Biology“ stellen die Frankfurter Biotechnologen um Dr. Mislav Oreb und Prof. Eckhard Boles eine Möglichkeit vor, bei der Umwandlung von Xylose in Ethanol durch

Bäckerhefe solche unerwünschten Nebenprodukte weitestgehend zu vermeiden und auf diese Weise die Ausbeute der Ethanol-Produktion entscheidend zu steigern.

Damit die Xylose verarbeitet werden kann, müssen die Xylose-Moleküle erst einmal aus dem umgebenden Medium ins Innere der Hefezellen gelangen. Dazu passieren sie die Membranen von Hefe-Zellen mit Hilfe sogenannter Transporter-Proteine, die jeweils darauf spezialisiert sind, eine ganz bestimmte Molekülart durchzulassen. In der Hefe-Zelle liegen, nach dem Zufallsprinzip verteilt, verschiedene Enzyme vor, die in die Xylose-Verwertung eingreifen können: solche die letztlich die Ethanol-Produktion katalysieren (ermöglichen), und andere, die bewirken, dass die Xylose in das Nebenprodukt Xylitol umgewandelt wird. Wenn ein Xylose-Molekül das Transporter-Protein verlässt und das Innere der Hefe-Zelle erreicht, hängt sein weiteres Schicksal (das heißt: welchen Reaktionsweg es anschließend einschlägt), nur noch davon ab, welche der beiden Enzym-Arten zuerst zur Stelle ist, um das Xylose-Molekül weiterzuverarbeiten.

Beide Reaktionsprodukte werden normalerweise also in nennenswertem Ausmaß entstehen.

„Unsere Idee war es jetzt, eine ‚Andockstation‘ zu konstruieren: ein spezielles Protein, das sich einerseits an ein Transporter-Protein bindet und an dem andererseits das Enzym Xylose-Isomerase festmachen kann, das an der Ethanol-Produktion beteiligt ist“, erläutert Mislav Oreb. „Die Verbindung zu der Andock-Station ist dabei jeweils geschützt: Die Andock-Station weist an jeder Kontaktstelle eine ganz spezielle räumliche Struktur auf.“ Nur ein Molekül mit der dazu passenden Gestalt könne sich daran binden, genau wie ein Schloss nur durch den passenden Schlüssel geöffnet werden könne, hebt Oreb hervor und fährt fort: „Sobald also ein Xylose-Molekül die Membran der Hefe-Zelle überwunden hat, ist auch schon die Xylose-Isomerase, die ja an der Andock-Station hängt, zur Stelle. Sie ‚stürzt‘ sich auf das Xylose-Molekül, um es weiterzuverarbeiten.“ Das Enzym Aldose-Reduktase, das für die Xylitol-Produktion zuständig ist, habe das Nachsehen.

„Wenn man sich das Innere eines Zucker verarbeitenden Mikro-

organismus wie eine Miniaturfabrik vorstellt, dann könnte man sagen, dass wir hier eine Art molekulares Fließband in Gang gesetzt haben“, sagt Oreb. „Dieses ‚Fließband‘, also der künstliche Komplex aus Transporter-Protein, Andock-Station und Enzym, sorgt dafür, dass alle Xylose-Moleküle, die von den Transporter-Proteinen angeliefert werden, sofort weitertransportiert und abgebaut werden. Wir lassen das Enzym Xylose-Isomerase also gewissermaßen am Fließband arbeiten.“

Damit ist die Fließbandarbeit der bisherigen Xylose-Verarbeitung in Hefezellen gleich dreifach überlegen: Zum einen wird die Xylose weiterverarbeitet, sobald sie im Inneren der Hefezelle angekommen ist. Dadurch sammelt sich gar nicht erst eine nennenswerte Menge an Xylose in den Hefezellen an, wodurch normalerweise der Transport von weiterer Xylose in die Hefezellen verlangsamt würde. Zweitens wird die Xylose-Isomerase, also das Enzym, das die Xylose umsetzt, direkt an der Andock-Station mit Xylose beliefert. Auf diese Weise lässt sich kompensieren, dass dieses Enzym eine niedrige Affinität zur Xylose hat, dass also die beiden

Moleküle eigentlich nur widerwillig miteinander reagieren. Drittens wird das konkurrierende Enzym, das die unerwünschte Xylitol-Produktion katalysiert, von der Xylose ferngehalten – schließlich passt seine Struktur nicht an die Kontaktstelle.

Zu diesen drei Aspekten kommt ein vierter: Der Ansatz, mit Hilfe einer Andock-Station einen künstlichen Transporter-Enzym-Komplex zu schaffen und so die Arbeit von Enzymen in Mikroorganismen zu optimieren, beschränkt sich bei weitem nicht auf die Produktion von Bio-Ethanol aus dem Pflanzenbestandteil Xylose. „Nach dem gleichen Prinzip könnten Sie beispielsweise Isobutanol oder Ethanol aus Arabinose herstellen“, erläutert Oreb. „Sie sind bei der kommerziellen Produktion von Treibstoffen, Kunststoffen und Pharmazeutika jetzt also nicht mehr auf Nahrungspflanzen wie Weizen und Mais angewiesen, sondern Sie können Stroh, Sägespäne und andere Pflanzenabfälle verwerten.“ Fast wie im Märchen.

Stefanie Hense

ANZEIGE

## Moderne Studentunterkünfte im Herzen Frankfurts

Sorgfältig ausgewählte Standorte, *All-inclusive-Mieten* und **bestens ausgestattete Wohnräume** machen Dein Studentenleben so angenehm wie möglich.

 **Alvarium**  
Adalbertstraße 44-48  
60486 Frankfurt

 **Urbanum** Eröffnung Oktober 2017  
Mainzer Landstraße 235  
60326 Frankfurt



Vereinbare noch heute einen Besichtigungstermin:

 [frankfurt@unineststudents.de](mailto:frankfurt@unineststudents.de)

 [unineststudents.de](http://unineststudents.de)

**UNINEST**  
**STUDENT**  
RESIDENCES