



Sonnenblumen können das Öl für die biokatalytische Gewinnung von Fettnitrilen für Schmierstoffe liefern. Foto: FNR

Biokatalyse für Schmierstoffe

Grundstoffe für Schmierstoffe oder Emulgatoren lassen sich durch Einsatz eines bakteriellen Enzyms in hoher Ausbeute bereits bei milden Temperaturen aus nachwachsenden Rohstoffen ohne hochgiftige Cyanidchemikalien herstellen. Die Übertragung in einen technischen Produktionsmaßstab scheint vielversprechend.

Harald Gröger & Nicole Paul

Der Rohstoffwandel weg von der Petrochemie und hin zu nachwachsenden Rohstoffen hat in den letzten Jahren in mittelständischen und großen Chemie-Unternehmen eine sehr hohe Priorität erlangt. Eine Herausforderung stellt dabei die Umstellung der Produktion insbesondere großvolumiger Massenchemikalien auf nachwachsende Rohstoffe als Ausgangsverbindungen dar. Nicht minder wichtig ist dabei, alternative, umweltfreundliche Produktionsverfahren zu

entwickeln. Biokatalytische Verfahren bieten hier eine hervorragende Perspektive, beide Ziele zu erreichen.

In der Biokatalyse werden die bislang oft als Katalysatoren etablierten Metallverbindungen durch insbesondere bakterielle Enzyme ersetzt. Zu den Vorteilen der Biokatalyse gehören umweltfreundliche Reaktionsbedingungen wie milde Reaktionstemperaturen und der Einsatz von Wasser als Lösungsmittel.

Daneben ist auch eine hohe ökonomische Effizienz der Herstellprozesse für die im mehrere 1 000- oder 10 000-t-Maß-

stab produzierten Massenchemikalien erforderlich. Denn der Marktpreis dieser Chemikalien liegt oft im niedrigen Preisbereich von unter 5 €/kg Produkt.

Noch haben biokatalytische Verfahren bei der Produktion solcher Massenchemikalien diese ökonomische Wettbewerbsfähigkeit erst ganz selten erreicht. So stellen Chemiefirmen große Mengen an Acrylamid mithilfe von Enzymen her. In der Regel spielen diese Verfahren aber bei der Herstellung von Basis- und Spezialchemikalien noch eine untergeordnete Rolle. Dass die großen Vorteile und auch

das grundsätzlich große wirtschaftliche Potenzial aber durchaus realisierbar sind, zeigt ein vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über den Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) geförderte Forschungsprojekt der Universität Bielefeld, in das als Industriepartner der Schmierstoffhersteller Klüber Lubrication München eingebunden war.

In dem Projekt „Biotechnologisches Produktionsverfahren zur industriellen Herstellung von Fettnitrilen aus Fetten, Ölen und deren Derivaten“ entwickelten die Forscher ein biokatalytisches Verfahren, um Fettnitrile (siehe **Kasten**) zu gewinnen. Die Bielefelder Wissenschaftler*innen fokussierten sich dabei unter anderem auf ein Fettnitril: das *n*-Oktannitril. Chemisch gesehen ist es ein Nitril, an dem sich eine Kohlenwasserstoffkette aus weiteren sieben Kohlenstoffatomen befindet.

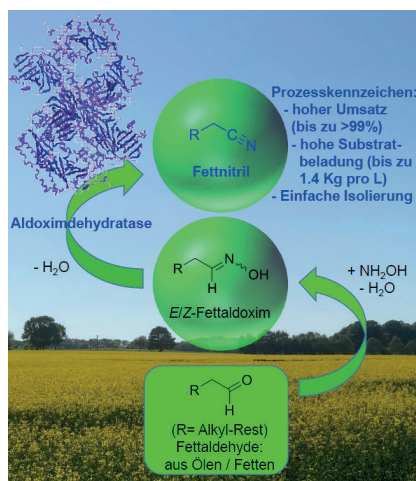
Die Ausgangssubstanzen, um die Produktklasse der Nitrile herzustellen, sind „Aldoxime“. Sie sind beispielsweise aus Fettaldehyden zugänglich, die aus pflanzlichen Ölen gewonnen werden können: aus Raps-, Sonnenblumen- oder Leinöl als heimische Rohstoffquelle genauso wie aus Palm-, Soja- oder Rizinusöl.

Die Fettaldehyde lassen sich bei Raumtemperatur mit der Chemikalie Hydroxylamin dann zu Fettaldoximen umsetzen. Hydroxylamin ist eine preisgünstige Massenchemikalie, die für die großtechnische Herstellung des Kunststoffes Nylon-6 eingesetzt wird.

Die so gewonnenen Fettaldoxime reagieren bei Raumtemperatur jedoch nicht weiter zu den Fettnitrilen. Dafür braucht es einen Katalysator. Die Forschenden setzten hierfür das Enzym Aldoximdehydratase ein. Es bewirkt, dass das Aldoxim bei Raumtemperatur unter Abspaltung von Wasser dann zum gewünschten Fettnitril reagiert.

Einzigartige Bio-Katalyse

Dies Verfahren ist das bislang einzige, das bei Raumtemperatur, im rein wässrigen Reaktionsmedium und zudem ohne Verwendung giftiger Cyanide erlaubt, Fettnitrile sehr effizient mit hohen Raumzeit-Ausbeuten sowie in hohen Ausbeuten herzustellen. Das ist besonders für eine perspektivische Nutzung in der Industrie interessant: Bei einer sehr hohen Konzentration des Aldoxims von 1,4 kg/l Reakti-



Konzept der alternativen Herstellung von Fettnitrilen ausgehend von biobasierten Ölen und Fetten unter Einsatz einer Aldoximdehydratase als Enzymkomponente im biokatalytischen Schlüsselschritt der Aldoxim-Dehydratisierung. Foto: Uni Bielefeld

onsmedium wurde das Aldoxim zu 93 % zum gewünschten Produkt *n*-Oktannitril umgesetzt. Bei einer für Anwendungen in der chemischen Großindustrie ebenfalls hochattraktiven Substratbelastung von 655 g/l erzielten die Forschenden sogar eine Ausbeute von 97,5 %.

Zu den weiteren Vorteilen dieses chemo-enzymatischen Zugangs zu Fettnitrilen zählt, dass die Nutzung verschiedener Herstellungsrouten für die Fettaldehyde ein breites Produktspektrum an Fettnitrilen ermöglicht. Auch ist eine Aufreinigung der Zwischenstufen ebenso entbehrlich wie der Einsatz zusätzlicher Lösungsmittel, der sonst oftmals bei der Produktiso-

lierung in chemischen Verfahren zum Einsatz kommt.

Der nächste Schritt zur Verwirklichung eines im industriellen Maßstab angewandten Verfahrens besteht darin, die Herstellung des Aldoxim-Substrats mit der Biokatalyse ohne dazwischenliegende Aufarbeitungsschritte zu verzahnen.

Eine bioingenieurtechnische Herausforderung stellt auch die Übertragung des Verfahrens vom Batch-Betrieb in eine kontinuierliche Fahrweise dar. Gelingt sie, lässt dies eine weitere Verbesserung der Prozessökonomie erwarten. Eine weitere zukünftige Aufgabe der Ingenieure und Ingenieurinnen besteht darin, Strategien zur Rückführung der wässrigen, den Biokatalysator enthaltenden Phase zu entwickeln und dadurch ein effizientes Biokatalysator-Recycling zu ermöglichen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Entwicklung neuer Verfahren zur Gewinnung biobasierter Industriechemikalien die Kooperation mehrerer Fachdisziplinen erfordert: Biologie, Biotechnologie, Chemie und (Bio- und Chemie-) Ingenieurwesen müssen dafür an einem Strang ziehen. Und nicht zuletzt stellt das Vorhaben ein Beispiel für die öffentlich unterstützte, frühzeitige Verzahnung von akademischer Forschung und Industrie dar – eine Herangehensweise, die für Hochrisiko-Forschungsprojekte dieser Art sehr erfolgversprechend ist.

Das BMEL hat das Vorhaben über die FNR als Projektträger unter dem Förderkennzeichen 22001716 gefördert. ■

www.fnr.de &

www.homes.uni-bielefeld.de/oc1-groeger/HG

FETTNITRILE

Fettnitrile sind Vorprodukte für Fettamine, aus denen etwa Dispersionsmittel und Schmierstoffe hergestellt werden. Sie bestehen aus einer Kohlenwasserstoffkette. An einem Ende sitzt ein Kohlenstoff- und ein Stickstoffatom, die über eine Dreifachbindung verbunden sind, die es erlaubt, aus einem Nitril etwa ein Amin herzustellen. Fettnitrile ähneln Seifen. Beide bestehen aus einer langen wasserabweisenden Kohlenstoffkette und einem polaren wasserliebenden Kopf an einem Ende. Dieser besteht bei Fettnitrilen aus einer Nitril- und bei Seifen aus einer Carboxy-Gruppe.

Prof.
Harald Gröger



Lehrstuhl für Industrielle Organische Chemie und Biotechnologie, Fakultät für Chemie, Universität Bielefeld

harald.groeger@uni-bielefeld.de

Foto: Gröger



Nicole Paul

Abteilung Öffentlichkeitsarbeit, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR)

N.Paul@fnr.de

Foto: FNR