

Mit Chemie zu mehr Bio

Mit neuem HMF-Verfahren zu biobasierten Getränkeflaschen

PET (Polyethylenterephthalat) ist einer der wichtigsten Kunststoffe in der heutigen Zeit. Uns ist er vor allem als Getränkeflasche und als Polyester in der Kleidung bekannt. Seit Jahrzehnten wird versucht, einen vollständig biobasierten Ersatz für diesen Kunststoff herzustellen. Dies scheiterte bislang daran, die Schlüsselverbindung 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) effizient herzustellen. Mit einem neuen Verfahren des Thünen-Instituts könnte sich dies nun endlich ändern.

Rund 50 Mio. Tonnen an PET werden weltweit jedes Jahr produziert, Tendenz steigend. Damit steht PET auf Platz 4 der am meisten produzierten Kunststoffe. Zu mehr als 60% wird PET zu Fasern für Textilien, dann meist einfach Polyester genannt, verarbeitet. Der Rest wird für Verpackungen genutzt, wobei rund 30% zu Getränkeflaschen verarbeitet werden.

Erste Schritte zu etwas Bio

PET besteht aus den beiden chemischen Verbindungen Terephthalsäure (TPA) und Ethylenglycol. Beide Substanzen werden auch heute noch praktisch ausschließlich aus Erdöl hergestellt. In den letzten Jahren hat in Teilen der Industrie jedoch ein Umdenken begonnen. Einige Unternehmen haben das Ziel ausgerufen, bald nur noch vollständig biobasierte, das heißt aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellte Verpackungen einzusetzen. Coca-Cola hat diesen Prozess mit der PlantBottle™-Initiative merklich angestoßen. In PlantBottle™-PET-Flaschen

wird biobasiertes Ethylenglycol verwendet, das aus Bio-Ethanol hergestellt wird. Gewichtsmäßig beträgt der Bio-Anteil der Rohstoffe jedoch nur knapp 30%, das heißt gut 70% werden als TPA nach wie vor aus Erdöl hergestellt.

Die vollständige Bio-Alternative

Ein taugliches Verfahren zur Herstellung von Bio-TPA ist derzeit nicht Sicht, aber es gibt eine mögliche Alternative: Furandicarbonsäure (FDCA) – herstellbar aus Fructose, dem Fruchtzucker. Aufgrund der strukturellen Ähnlichkeit zwischen TPA und FDCA kann zusammen mit Bio-Ethylenglycol der verwandte und dann vollständig biobasierte Kunststoff Polyethylenfuranoat (PEF) hergestellt werden, der im Vergleich zu PET sogar bessere Eigenschaften aufweist. Da PEF weniger Gas durchlässt als PET, werden die Getränke wirksamer vor Luftsauerstoff geschützt. Auch der Sprudel hält länger, da das CO₂ nicht so schnell entweicht. Damit wären zwei Fliegen mit einer Klappe geschlagen: eine vollständig

Reaktorfließschema zur Umsetzung von Fructose zu HMF, dargestellt aus Fructose und dem verwendeten Katalysator (siehe auch »Thünen intern«, Seite 17).





biobasierte Getränkeflasche, die zudem noch besser als die alte ist.

Woran hapert es?

Um FDCA aus Fructose herzustellen, muss zunächst einmal die Fructose zu HMF umgesetzt werden. Zwar ist die weitere Umsetzung von HMF zu FDCA problemlos, der erste Schritt der HMF-Herstellung jedoch ist im höchsten Maße schwierig und bis heute technisch nicht befriedigend gelöst. Von den verschiedenen in Forschung und Entwicklung ausprobierten Lösungsansätzen erscheint die Verwendung von Wasser als Lösungsmittel – auch nach den Prinzipien der grünen Chemie – am sinnvollsten. In Wasser zerfällt das HMF jedoch unter genau den Bedingungen, unter denen es gebildet wird. Eine Stabilisierung des HMF kann durch die zusätzliche Verwendung eines zweiten, nun organischen Lösemittels erzielt werden. In diesem Fall wird HMF nach dessen Bildung aus dem Wasser in das organische Lösemittel extrahiert, sodass es vor dem Zerfall geschützt wird. Alle bislang verwendeten Lösemittel sind jedoch nur sehr mäßig für die HMF-Extraktion geeignet und bereiten aufgrund ihres hohen Siedepunktes auch bei der Abtrennung Schwierigkeiten.

HFIP: ein neues effizientes Extraktionsmittel

Wissenschaftler des Thünen-Instituts für Agrartechnologie haben entdeckt, dass das bisher zur Extraktion unbekanntes Lösemittel Hexafluoroiso-

propanol (HFIP) unter bestimmten Voraussetzungen hervorragende Eigenschaften zur Extraktion von HMF zeigt. Gegenüber den bisher verwendeten Extraktionsmitteln ist HFIP mehrfach selektiver. Sein Siedepunkt beträgt zudem nur rund 60°C, sodass es zur Isolierung des HMF einfach und wenig energieaufwendig abgetrennt werden kann. Mit HFIP als Extraktionsmittel sind HMF-Ausbeuten von rund 90% zu erzielen, ein Wert, der diese Verfahrensweise auch industriell interessant macht.

Dies gilt übrigens nicht nur für die HMF-Herstellung. Auch andere Verbindungen lassen sich mit dieser neuen Methode effizient herstellen, zum Beispiel Furfural aus dem Zucker Xylose. Hier wird sogar eine Ausbeute von rund 99% erzielt, deutlich mehr als im bestehenden industriellen Prozess.

Ziel ist die industrielle Umsetzung

Die überraschenden Erkenntnisse zur Verwendung von HFIP haben die Thünen-Forscher zum internationalen Patent angemeldet. Dieses ist inzwischen offengelegt, sodass die Erkenntnisse nun auch auf internationalen Fachkonferenzen und in wissenschaftlichen Fachzeitschriften publiziert werden. Parallel dazu wurden bereits Kontakte zu potenziell interessierten Unternehmen der chemischen Industrie hergestellt, um dieses neue Verfahren vom Labor in den technischen Maßstab zu übertragen. **UP ●**

KONTAKT: ulf.pruesse@thuenen.de