

## Untersuchungen und Modellierung eines neuartigen Extrusionsprozesses für die Lebensmittelverarbeitung

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Koordinierung:</b>       | Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn   |
| <b>Forschungsstelle I:</b>  | Süddeutsches Kunststoff-Zentrum (SKZ), Würzburg<br>Dr. M. Bastian/Dr. K. Kretschmer  |
| <b>Forschungsstelle II:</b> | Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück<br>Dr. V. Heinz/Dr. K. Franke  |
| <b>Industriegruppen:</b>    | Verband der ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland e.V. (OVID), Berlin<br>Fördergemeinschaft für das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum (SKZ), Würzburg |
|                             | Projektkoordinator: Dr. J. Kirchhoff,<br>Bayer Technology Services, Leverkusen   |
| <b>Laufzeit:</b>            | 2008 – 2010  |
| <b>Zuwendungssumme:</b>     | € 572.700,--<br>(Förderung durch BMWi via AiF/FEI)   |

### Ausgangssituation:

Bei der Verarbeitung von Lebensmitteln werden Extruder, insbesondere Ein- und Zweiwellenextruder, für die kontinuierliche Prozessierung seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzt. Allerdings ist für einen produktschonenden Prozess die in diesen Extrudern auftretende hohe Scherung nicht geeignet, was eine exakte Temperaturführung gerade bei hochviskosen Medien erschwert. Genau diese Anforderung ist aber für eine kontinuierliche Lösungsmittel-Extraktion von bioaktiven Inhaltsstoffen, z.B. Tocopherole aus Rapspresskuchen, unter Ausnutzung der Vorteile des Extruders (intensive Vermischung und kontinuierliche Prozessführung) von Bedeutung. In der Kunststoffherstellung existiert mit dem Planetwalzenextruder (PWE) ein Extrudersystem, das genau die angestrebte intensive Durchmischung bei geringen Schergradienten verbunden mit einer exakten Temperaturführung realisieren kann.

Ziel des Forschungsvorhabens war es deshalb, beispielhaft eine Anwendung dieser für die Lebensmittelindustrie neuartigen Technologie für die oben dargestellte Aufgabenstellung zu erarbeiten. Dabei sollten die Vorkonditionierung des

Reststoffes im Extruder (Temperierung, Zerkleinerung), die intensive Vermischung mit dem Extraktionsmittel sowie dessen Abtrennung vom Feststoff mit den extrahierten Komponenten am Ende des Extruders (einstufig) bzw. auch im Extruder selbst durch entsprechende Einbauten (mehrstufig) berücksichtigt werden. Integraler Bestandteil des Vorhabens war die Modellierung der Prozesse im PWE basierend auf dem Knowhow der Kunststoffverarbeitung. Durch den allgemeingültigen Ansatz des modellgestützten Transfers wird die Übertragung auf andere Prozesse in der Lebensmittelbranche deutlich erleichtert, so dass über das Vorhaben hinaus ein entsprechender Mehrwert erreichbar sein sollte.

### Forschungsergebnisse:

Bezüglich der Gewinnung der Tocopherole wurden die wichtigsten Verfahrensparameter für den Planetwalzenextruder (PWE) systematisch erarbeitet. Das betrifft sowohl die Stoffseite, z.B. Auswahl und Zusammensetzung der Extraktionsmittel als auch den Einfluss der Prozessführung im PWE, z.B. Temperatur und Durchsatz. Dabei konnte nachgewiesen wer-

den, dass durch geeignete Prozessbedingungen und die Zusammensetzung des Extraktionsmittels eine erhebliche Anreicherung der Tocopherole im extrahierten Rapsöl möglich ist. Besonders vorteilhaft ist in diesem Zusammenhang die Möglichkeit der zweistufigen Extraktion mit einer zusätzlichen Abpresseinheit in der Mitte des Extruders. Auf diese Weise kann die Ausbeute an Tocopherolen weiter erhöht werden bzw. durch eine kombinierte wässrig-alkoholische Extraktion können sowohl das Protein (erster Schritt) als auch die Tocopherole (zweiter Schritt) in nur einem Apparat gewonnen werden. Die entsprechenden Bedingungen wurden im Vorhaben ermittelt und erfolgreich getestet. Für die Modellierung des Extrusionsprozesses wurden zunächst die Materialdaten des Rapspresskuchen- Extraktionsmittel-Gemisches, insbesondere dessen rheologische Eigenschaften, bestimmt. Die ursprünglich vorgesehene Bestimmung mittels Kapillarrheometern war aufgrund der Entmischung des Stoffsystems bei höheren Drücken nicht möglich. Mittels eines Platte-Platte-Rheometers konnten jedoch die Fließeigenschaften gemessen werden. Das rheologische Verhalten ließ sich mit dem Carreau-Modell, welches um Verschiebungsfaktoren für Temperatur, Lösungsmittelanteil und Verarbeitungsvorgeschichte erweitert wurde, modellieren.

Im Anschluss wurden Modelle zur Beschreibung der Geometrie des PWE entwickelt und die aus der Ein- und Doppelschneckenextrudersimulation bekannten Modelle an die Bedingungen des PWE angepasst. Die einzelnen Teilmodelle wurden in einem Zusatzprogramm zur Tabellenkalkulation gekoppelt. Dies ermöglicht eine Abschätzung von Druck-Durchsatz-Verhalten, Leistungsaufnahme, Temperaturentwicklung und Mischgüte. Ein Vergleich der berechneten und experimentellen Daten zeigte, insbesondere unter Berücksichtigung der bei der Modellierung getroffenen Vereinfachungen, eine weitestgehend gute Übereinstimmung. Parallel dazu wurden ein Modell zum Abpressverhalten des Extraktionsmittels an der Austrittseinheit entwickelt und die entsprechenden Materialdaten zum Abpressen des Stoffgemisches anhand von Laborversuchen bestimmt. Über dieses Modell kann der Druck am Ende des PWE in Abhängigkeit von Durchsatz und Abpressgrad an Flüssigkeit berechnet werden, so dass erstmalig ein vollständiges Modell von PWE und Abtrennung der wertgebenden Inhaltsstoffe vorliegt.

### Wirtschaftliche Bedeutung:

Die im Projekt erarbeiteten und getesteten numerischen Methoden zur Abschätzung der Prozesse im PWE ermöglichen es gerade Kunststoffcompoundeuren, im Vorfeld zu den realen Versuchen das Versuchsprogramm festzulegen und auf die erfolversprechendsten Versuchseinstellungen zu reduzieren. Die konsequente Anwendung dieser Methoden minimiert die benötigten Technikumstage und damit auch die Entwicklungskosten. Gleichzeitig wird die Maschinenverfügbarkeit durch die Reduzierung der Technikumstage erhöht.

Das am Beispiel der Tocopherole dargestellte innovative Konzept zur Gewinnung von bioaktiven Inhaltsstoffen aus Reststoffen erfordert neue Lösungen im Bereich des Anlagenbaus für die Applikationen in der Lebensmittelverarbeitung. Somit trägt das im Projekt erarbeitete Knowhow zu einer Erweiterung des Anwendungsbereichs der Extrusionstechnologie und damit zur Erschließung neuer, auch internationaler Absatzmärkte für den entsprechenden Anlagenbau bei.

Die neuen Verwertungsmöglichkeiten der Reststoffe bei der Gewinnung hochwertiger Speiseöle mittels Extraktion haben für die Ölmühlen, gerade im Bereich der dezentralen Ölgewinnung, unmittelbare wirtschaftliche Bedeutung. Durch die Möglichkeit von zusätzlichen Einnahmen aus den fraktionierten Inhaltsstoffen wird sich die Erlössituation verbessern. Die im Projekt erarbeiteten Prozessparameter für die Gewinnung der Tocopherole aus dem Rapspresskuchen ermöglichen diesen Unternehmen eine schnellere Verwertung der Ergebnisse, da diese z.B. bezüglich Temperaturführung und Zusammensetzung des Extraktionsmittels direkt übernommen werden können. Auch die im Projekt dargestellte zweistufige Extraktion mittels PWE kann für die Unternehmen zur Erweiterung der Verwertungsmöglichkeiten ihrer Reststoffe genutzt werden.

### Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2010.
2. Rudloff, J., Kretschmer, K., Heidemeyer, P. und Bastian, M.: Modellierung von Planetwalzenextrudern. *Kunststoffe* 6, 55-58 (2011).

3. Rudloff, J., Kretschmer, K., Heidemeyer, P. und Bastian, M.: Modeling Planetary Roller Extruders. *Kunststoffe intern.* 6, 28-32 (2011).

**Weiteres Informationsmaterial:**

Süddeutsches Kunststoff-Zentrum (SKZ)  
Friedrich-Bergius-Ring 22, 97076 Würzburg  
Tel.: 0931/4104-235, Fax: 0931/4104-277  
E-Mail: [m.bastian@skz.de](mailto:m.bastian@skz.de)

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V.  
(DIL)  
Prof.-von-Klitzing-Str. 7, 49610 Quakenbrück  
Tel.: 05431/183-228, Fax: 05431/183-200  
E-Mail: [info@dil-ev.de](mailto:info@dil-ev.de)

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)  
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn  
Tel.: 0228/372031, Fax: 0228/376150  
E-Mail: [fei@fei-bonn.de](mailto:fei@fei-bonn.de)

... ein Projekt der **Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**

gefördert durch/via:

