

## Entwicklung mikroverkapselter Polyphenolextrakte aus pflanzlichen Reststoffen zur Nutzung als Lebensmitteladditive

<b>Koordinierung:</b>	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
<b>Forschungsstelle I:</b>	Universität Bonn Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften FG Lebensmitteltechnologie und -mikrobiologie Prof. Dr. B. Kunz/Dipl.-oec.troph. N. Schulze
<b>Forschungsstelle II:</b>	Universität Bonn Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften FG Humanernährung Prof. Dr. P. Stehle/Dr. S. Lesser
<b>Industriegruppen:</b>	Bundesverband der obst-, gemüse- und kartoffelverarbeitenden Industrie e.V. (BOGK), Bonn Fachverband Deutsche Speisezwiebel e.V., Mainz
	Projektkoordinator: M. Sass Rudolf Wild GmbH & Co. KG, Eppelheim
<b>Laufzeit:</b>	2009 – 2011
<b>Zuwendungssumme:</b>	€ 282.800,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

### Ausgangssituation:

Die Nutzung von Reststoffen aus der obst- und gemüseverarbeitenden Industrie gewinnt aufgrund des wirtschaftlichen und ernährungsphysiologischen Potenzials der Pflanzeninhaltsstoffe (vor allem der Polyphenole) zunehmend an Bedeutung. Nach Verzehr von Quercetin mit nativen Lebensmitteln, wie Zwiebeln oder Apfelsaft, konnte eine Verringerung des oxidativen Stresses gezeigt werden. Neben der verstärkten Aufnahme von Obst und Gemüse könnte eine gezielte Anreicherung anderer Lebensmittelgruppen mit natürlichen Polyphenolextrakten die Gesamtaufnahme erhöhen, wodurch erwünschte präventive Effekte erwartet werden.

Zur prinzipiellen Vorgehensweise der Gewinnung von Polyphenolen aus pflanzlichen Reststoffen existieren zahlreiche Veröffentlichungen. Es fehlen jedoch, bis auf wenige Ansätze, detaillierte Angaben über die Prozessbedingungen in den einzelnen Stufen der Gewinnung sowie Untersuchungen zur Stabilität und physiologischen Verwertbarkeit von Polyphenolpräparaten. Einen weiteren limitierenden Faktor für die Lebensmit-

tel-Applikation stellen die Bitternote und die Adstringenz dar.

Ziel des Forschungsvorhabens war es daher, ein geschlossenes technologisches Konzept zu entwickeln, welches es ermöglicht, definiert polyphenolreiche Extrakte aus pflanzlichen Reststoffen auf ökonomisch günstiger Basis zu gewinnen, und deren Zusammensetzung, intestinale Freisetzung und sensorischen Eigenschaften bis hin zum Lebensmittel zu optimieren.

### Forschungsergebnis:

Zunächst wurden die verwendeten Rohstoffe Apfeltrester und Zwiebelschälabfälle hinsichtlich ihrer Polyphenolspektren analysiert. Als Faktoren mit signifikantem Einfluss auf das Extraktionsergebnis der Polyphenolgewinnung hieraus wurden die Temperatur ( $T$ ), das Feststoff-Flüssigkeitsverhältnis ( $S/L$ ) und der Anteil an Isopropanol im Extraktionsmittel ( $I_{so}$ ) identifiziert. Der Prozess zur Gewinnung eines polyphenolreichen Extraktes aus Apfeltrester bzw. Zwiebelreststoffen wurde mithilfe eines zentral zusammengesetzten

Versuchsplan ( $\alpha = 5 \%$ ) optimiert. Als optimale Extraktionsbedingungen für den Erhalt polyphenolreicher Extrakte mit hoher antioxidativer Kapazität ergaben sich für Apfeltrester  $46,6^\circ\text{C}$ ,  $47,8 \%$  Isopropanol und ein  $S/L$  von  $200 \text{ g/L}$  und für Zwiebelreststoffe  $64,8^\circ\text{C}$ ,  $71,3 \%$  Isopropanol sowie ein  $S/L$  von  $798,75 \text{ g/L}$ . Der erhaltene Apfeltresterextrakt wies einen Polyphenolgehalt von etwa  $16 \text{ mg/g}$  Extraktrockengewicht ( $1,6 \%$ ) auf. Der Zwiebelextrakt enthielt etwa  $45 \text{ mg}$  Polyphenole/g Extraktrockengewicht ( $4,5 \%$ ).

Anschließend erfolgte die Abtrennung von Isopropanol aus den optimierten Extrakten. Zunächst wurden als Faktoren mit signifikantem Einfluss auf den Prozess der osmotischen Destillation die Temperatur und die Flussrate der Feedlösung identifiziert. Die optimalen Faktoreinstellungen für die Isopropanolabtrennung wurden mithilfe eines zentral zusammengesetzten Versuchsplanes ermittelt. Da sich jedoch während der Untersuchungen herausgestellt hat, dass die im Extrakt enthaltenen Polyphenole kaum hitzeempfindlich sind, wurde zudem die Abtrennung des Isopropanols mithilfe der Rotationsverdampfung untersucht. Da die Verluste an Polyphenolen hierbei gering waren, wurde diese aus ökonomischen Gründen vorgezogen. Der Restisopropanolgehalt betrug nach der Verdampfung  $< 4 \%$ .

Zur Realisierung der Geschmacksmaskierung der Polyphenol-Extrakte fand zunächst ein Kapselmaterial-Screening statt, um zu untersuchen, welche Materialien die enthaltenen Extraktstoffe adsorbieren oder binden können. Zur Beurteilung ihrer Eignung zur Geschmacksmaskierung wurden der Eigengeschmack der Kapselmaterialien, die maximal verwendbare Einwaage, Wechselwirkungen der Materialien mit den Polyphenolen im Extrakt und die sensorischen Eigenschaften der Flüssigformulierung aus Extrakt, Kapselmaterial und MCT-Öl berücksichtigt. Basierend hierauf konnten jeweils 5 Kapselmaterialien für die Verkapselung von Apfel- und Zwiebelextrakt identifiziert werden, welche sich zur Geschmacksmaskierung eignen. Diese wurden sowohl einzeln als auch in Kombination untereinander sprühgetrocknet und analog zur Analyse während des Screenings untersucht, um die beste Kapselmaterialrezeptur zu ermitteln. Zusätzlich wurde der Prozess der Kalt-Extrusion in Kombination mit der Sprühtrocknung angewendet, um eine spezifische Vernetzung von Materialien zu erreichen sowie die Herstellung von Multilayer-Kapseln aus Pisanen und hochver-

estertem Apfelpektin untersucht. Die anschließende Prozessoptimierung mit ausgewählten Kapselmaterialrezepturen für die Geschmacksmaskierung von Apfeltrester- bzw. Zwiebelextrakt erfolgte jeweils unter Variation der Kapselmaterial-Zusammensetzung, des Verhältnisses von Extrakt zu Kapselmaterial, des Trockenmassegehaltes der Feedsuspension, der Eintritts- und Austrittstemperatur sowie der Zugabe von Maltodextrin als Trockenhilfe.

Für die Beurteilung der Anreicherung aus ernährungsphysiologischer Sicht muss die Freisetzung von Wirkstoffen aus den Extrakten berücksichtigt werden. Dieser neue Ansatz erforderte zunächst eine umfassende Methodenentwicklung und -validierung. Die Untersuchungen anhand der Verdauungssimulation wurden erfolgreich abgeschlossen. Die Präparate zeigen eine hohe Freisetzung in der gastrointestinalen Simulation; es ist nicht davon auszugehen, dass die Mikroverkapselung der optimierten Extrakte die natürliche intestinale Aufnahme der Polyphenole behindert.

Die optimierten Pulver wurden abschließend einem Lagertest unterzogen, wobei sich zeigte, dass die sensorischen Profile von angereicherten Joghurtproben sich während der Lagerung veränderten. Eine abschließende hedonische Sensorik-Prüfung verschiedener Lebensmittel, angereichert mit je einem Apfel- bzw. Zwiebelpulver, zeigte eine hohe Konsumentenakzeptanz.

#### Wirtschaftliche Bedeutung:

Pflanzliche Reststoffe der Lebensmittelindustrie sind in sehr großen Mengen verfügbar, allein in der EU fallen jährlich etwa  $30 \text{ Mio. t}$  an. Die Nutzung dieser Biomasse als kostengünstiger Rohstoff für die Herstellung polyphenolreicher Lebensmitteladditive stellt somit einen alternativen Verwertungsweg mit sehr hoher Wertschöpfung dar. Durch den hier vorliegenden allgemeinen Ansatz zur technologischen Gewinnung der Wirkstoffextrakte kann der Prozess ohne großen Aufwand auf andere Reststoffe übertragen werden, woraus sich ein wettbewerbsfähiger Vorteil für eine Vielzahl von Unternehmen ableitet. Auch bei der Lebensmittel-Applikation ist eine breite Übertragbarkeit möglich, so dass Unternehmen der Lebensmittelindustrie branchenübergreifend von den Ergebnissen profitieren können.

Ein Benefit ergibt sich auch für Unternehmen,

die Reststoffe produzieren. Sie erhalten durch die Nutzung als Rohstoffe Vermarktungschancen, durch die sie einerseits ein Reststoffproblem lösen und andererseits zusätzliche Gewinne erzielen können.

Unmittelbaren Nutzen können aus dem Projekt v.a. Industriezweige ziehen, in welchen hohe Mengen an polyphenolreichen Reststoffen anfallen. Entsorgungskosten der Lebensmittelbetriebe können minimiert bzw. in Gewinne umgewandelt werden, indem die Betriebe Strategien zur Vermarktung ihrer Reststoffe an die Hand bekommen. Profitierende Unternehmen in diesem Sinne sind hauptsächlich obst- und gemüseverarbeitende Betriebe, welche überwiegend mittelständisch strukturiert sind. Als wichtigster Sektor ist hier die Fruchtsaftindustrie zu nennen. Im Jahr 2007 wurden von den etwa 411 Fruchtsaftherstellern mit insgesamt etwa 7.000 Beschäftigten in Deutschland 4,04 Mrd. Liter Fruchtsaft, -nektar, und -saftgetränke produziert und ein Umsatz von 3,877 Mrd. € erzielt (Verband der deutschen Fruchtsaft-Industrie e.V., 2008). Entsprechend den hohen Produktionsmengen fallen große Mengen an Obstrestern, wie z.B. 250.000 t/a an Apfeltrester, an. Somit kann die Fruchtsaftindustrie nicht nur von den Produkten an sich profitieren, sondern auch ihren Umsatz durch Vermarktung der Reststoffe steigern.

Als Beispiel der gemüseverarbeitenden Branche kann die Zwiebelverarbeitung genannt werden, da Zwiebelabfälle, wie auch Apfeltrester, sich durch einen hohen Gehalt an Polyphenolen auszeichnen. Zudem fallen beide Reststoffe in Deutschland in hohen Mengen an (Apfeltrester ca. 250.000 t pro Jahr; Zwiebelabfälle ca. 54.800 t). Die Anwendung von Apfeltrester und Zwiebelreststoffen ist als exemplarisch zu betrachten, so dass das zu entwickelnde Konzept zur Gewinnung von Polyphenolen auf zahlreiche andere Reststoffe übertragen werden kann, so z.B. auch auf Reststoffe der Speiseölherstellung.

Die Gewinnung wirkstoffreicher Extrakte aus pflanzlichen Reststoffen erfolgte im Rahmen des Projektes erfolgreich mithilfe einfacher Fest-Flüssig-Extraktionen im Batch-Verfahren, so dass

für die benötigte Produktionsanlage keine hohen Investitionen zu erwarten sind. Die Abtrennung von Lösungsmittel wurde neben der osmoti-

schen Destillation erfolgreich unter Nutzung der Rotationsverdampfung durchgeführt. Dies ist aus ökonomischer Sicht vorteilhaft, da die benötigten Anlagen zur Verdampfung in vielen Unternehmen bereits vorhanden sind, während die osmotische Destillation ein sehr innovatives Verfahren darstellt und somit bisher kostenintensiv ist. Die Geschmacksmaskierung mittels Sprühtrocknung unter Verwendung üblicher Kapselmaterialien trägt ebenfalls dazu bei, dass die industrielle Implementierung des entwickelten Prozesses kostengünstig realisiert werden kann.

Des Weiteren ist der Markt für funktionelle bzw. angereicherte Lebensmittel aus wirtschaftlicher Sicht ausbaufähig. Hiervon können dank der erzielten breiten Anwendbarkeit als Lebensmittelzutaten verschiedene Wirtschaftszweige mit größtenteils mittelständischer Struktur profitieren. Typische Einsatzgebiete sind u.a. Backwaren, Getränke, Milchprodukte und Süßwaren. Aufgrund der Ergebnisse der sensorischen Beliebtheitsprüfung liegen hier bereits erste Hinweise auf die Akzeptanz von Lebensmitteln, die mit polyphenolhaltigen Zwiebel- oder Apfelextrakten aus Reststoffen angereichert sind, aus den Bereichen der Milchprodukte und Backwaren, vor. Diese können für Lebensmittelproduzenten als Richtlinie dienen.

#### Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2011.
2. Kühn, S., Schulze-Kaysers, N., Wollseifen, R. und Kunz, B.: Optimization of polyphenol extraction from onion processing residues by response surface methodology. *J. Agric. Food Chem.* (2013) (im Druck).
3. Isik, N., Altehled, B., Kühn, S., Schulze-Kaysers, N., Kunz, B., Wollenseifen, R., Galensa, R., Stehle, P. und Lesser, S.: Phenol release from various protein/polysaccharide embeded extracts of onion (*Allium cepa* L.) processing residues and apple (*Malus domestica*) pomace using an in vitro digestion model. *Food Res. Intern.* (2013) (im Druck).
4. Kühn, S., Kunz, B., und Schulze-Kaysers, N.: Adsorption of flavonols from onion (*Allium cepa* L.) processing residues onto a macroporous acrylic resin. (2013) (im Druck).

**Weiteres Informationsmaterial:**

Universität Bonn  
Institut für Ernährungs- und Lebensmittel-  
wissenschaften  
FG Lebensmitteltechnologie und -mikrobiologie  
Römerstraße 164, 53117 Bonn  
Tel.: +49 228 73-4459  
Fax: +49 228 73-4429  
E-Mail: b.kunz@uni-bonn.de

Universität Bonn  
Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissen-  
schaften  
FG Humanernährung  
Endenicher Allee 11-13, 53115 Bonn  
Tel.: +49 228 7336-80  
Fax: +49 228 7332-17  
E-Mail: p.stehle@uni-bonn.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)  
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn  
Tel.: +49 228 3079699-0  
Fax: +49 228 3079699-9  
E-Mail: fei@fei-bonn.de

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

gefördert durch/via:

