

## Wertstoffgewinnung durch zweistufige enzymatische Behandlung von Obst- und Gemüsemaische - Analyse und physiologische Charakterisierung der gewonnenen Produkte

<b>Koordinierung:</b>	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
<b>Forschungsstelle I:</b>	Forschungsanstalt Geisenheim Institut für Önologie und Getränkeforschung FG Weinanalytik u. Getränkeforschung Prof. Dr. H. Dietrich/Dr. F. Will
<b>Forschungsstelle II:</b>	Deutsches Institut für Ernährungsforschung (DIFE), Nuthetal Prof. Dr. Dr. H.-G. Joost/Dr. G. Dongowski
<b>Industriegruppe:</b>	Verband der Deutschen Fruchtsaftindustrie e.V., Bonn
	Projektkoordinator: Dipl.-Ing. H. M. Dechent Eckes-Granini GmbH & Co. KG, Nieder-Olm
<b>Laufzeit:</b>	2001 - 2003
<b>Zuwendungssumme:</b>	251.220,-- € (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

### Ausgangssituation:

Die enzymatische Tresterverflüssigung bei der Apfelverarbeitung bedingt sowohl eine partielle Hydrolyse von Polysacchariden als auch eine verstärkte Freisetzung weiterer Fruchthaltstoffe. In den ernährungsphysiologischen Untersuchungen eines Vorläuferprojekts (AiF/FEI 11588 B) wurden die positiven nutritiven Wirkungen dieser Substanzen herausgestellt. Aufgrund der Komplexität der Ballaststoffe und ihres Verhaltens konnten diese Untersuchungen noch nicht abgeschlossen werden. Die Arbeiten sollten deshalb im Rahmen eines Anschlussvorhabens bei dem für die deutsche Fruchtsaftindustrie wichtigsten Produkt, dem Apfelsaft, intensiviert und die bisher gewonnenen Erfahrungen auf die Säfte bzw. Trester von Trauben bzw. Rote Bete übertragen werden.

Ziel der verfahrenstechnischen, analytischen und ernährungsphysiologischen Untersuchungen war die Wertstoffgewinnung aus teilentsafteter, mit Pektinasen und Cellulasen verflüssigter Maische aus Äpfeln, Trauben und Roten Beten über die Produktion von B-Säften. Neben den analytischen Parametern sollte besonders auf Polysaccharide, Polyphenole und Mineralstoffe/Spurenelemente geprüft werden. Des Weiteren

sollten die physiologischen Wirkungen der freigesetzten Ballaststoffe, Polyphenole und Betalaine im Gastrointestinaltrakt ermittelt werden.

### Forschungsergebnis:

An der Forschungsstelle 1 wurden Äpfel, Weintrauben und Rote Beten über den Weg der klassischen Maischeenzymierung mit Pektinasen verarbeitet (A-Saft). Die vorentsäfteten Trester wurden anschließend nach Zugabe von Wasser mit Pektinasen und Cellulasen versetzt und erneut entsaftet (B-Saft). Die entstehenden A- und B-Säfte wurden analytisch verglichen. Durch die Enzymbehandlung stieg der Kolloidgehalt (meist Polysaccharide) von Apfelsaft von etwa 2 g/L auf 13,6 g/L in einem B-Saft. A-Säfte von Trauben enthielten 0,4 g/L, B-Säfte etwa 4 g/L Polysaccharide. Der Kolloidgehalt eines Rote-Bete-Saftes stieg von 1,68 g/L (A) auf 6,18 g/L (B) an. Die freie Galacturonsäure stieg durch die zweistufige Enzymbehandlung bei allen drei Säften ebenfalls signifikant an. Die Konzentration von antioxidativ wirksamen Polyphenolen wurde im B-Saft ebenfalls signifikant gesteigert. Entsprechend den hohen Gesamtphenolgehalten lag die antioxidative Kapazität der B-Säfte aus Trauben bei 42 mmol/L bzw. 25 mmol/L Trolox

bei originaler Trockensubstanz von jeweils 4,6 °Brix. Die Viskositäten der korrespondierenden B-Säfte fielen jeweils niedriger als die der A-Säfte aus. Offensichtlich werden die während der Enzymierung freigesetzten hochmolekularen Pektinstoffe depolymerisiert. Die gewonnenen B-Säfte, die durch die Wasserzugabe verdünnt sind, lassen sich daher, wie die Industrierversuche ergaben, ohne großen Aufwand mittels Konzentratanlagen eindicken.

Die B-Säfte enthielten neben sekundären Pflanzenstoffen bis zu 5,92 g/L Gesamt-Ballaststoffe (BS). Mit ausgewählten B-Säften bzw. hieraus isolierten BS (Kolloiden) und sekundären Pflanzenstoffen wurden an der Forschungsstelle 2 ernährungsphysiologische Untersuchungen in vitro und in vivo durchgeführt.

Die B-Saft-Kolloide wurden durch Faecesflora vom Menschen gut fermentiert. Die Gesamtkonzentration an SCFA und an Butyrat konnten durch Zusatz der Flavonoidextrakte gesteigert werden. Bei Zugabe von Betalainextrakt zu Rote-Bete-BS erhöhte sich die Propionatmenge. Weiterhin wurden bei der In-vitro-Fermentation eine erhöhte Bakterienmasse und eine starke Abnahme des pH-Wertes (bes. bei den Apfel- und Rote-Bete-Kolloiden und in Gegenwart der sekundären Pflanzenstoffe) gefunden.

Die In-vivo-Untersuchungen erfolgten an gesunden Ratten und an gesunden Probanden. Im Rattenversuch erhielten die Tiere der Versuchsgruppen (VG) anstelle von Wasser (Kontrollgruppe) 4 Wochen lang die B-Säfte. In den VG wurden eine geringere Futteraufnahme, eine höhere Flüssigkeitsaufnahme und Urinausscheidung beobachtet. Von den Serumlipiden waren die Triglycerin-Konzentration in der Apfel- und Traubensaftgruppe, aber nicht die Cholesterolverwerte nach 4 Wochen vermindert. Die Darminhalte im Jejunum und im Caecum waren größer. In der Apfel- und Traubensaftgruppe waren die pH-Werte im Faeces kleiner. Außerdem wurden im Faeces der Apfelsaftgruppe höhere SCFA-Konzentrationen gefunden. Wichtig ist, dass im Caecum, dem Hauptfermentationsort bei Ratten, höhere Gehalte an SCFA auftraten, und somit auch resorbiert werden können. Besonders erhöht waren die Acetat-Konzentrationen in der Apfelsaft- und Rote-Bete-Saftgruppe. In Darminhalten und Faeces aller VG wurde eine (meist signifikante) Zunahme der Gesamt-Gallensäuren (GS) und der primären GS sowie eine Abnahme der sekundären GS ermittelt (Apfel>Traube>Rote Bete>Kontrolle). Ebenfalls wurde eine sig-

nifikant höhere Ausscheidung neutraler Sterole (NS) und der Gesamt-Sterole in den VG gemessen. Erhöhte Konzentrationen an individuellen NS traten auch in den Darminhalten auf. Es wurden in der 4. Woche mehr Gesamt-Aerobier und höhere Keimzahlen an Laktobazillen und Bifidobakterien in den VG gefunden (signifikant bei Apfel-B-Saft). Auf die Resorption der sekundären Pflanzenstoffe in den VG weisen das Auftreten von Quercetin und Isorhamnetin im Urin der Apfel- und Traubensaftgruppe, von Phloretin in der Apfelsaftgruppe und von Betanin in der Rote-Bete-Saftgruppe hin.

In einem Ernährungsversuch erhielten die Probanden die B-Säfte über jeweils 2 Wochen. In den Interventionsphasen wurden eine erhöhte Flüssigkeitsaufnahme und Urinausscheidung festgestellt. Die pH-Werte waren im Urin höher. Die Serumlipide waren wenig verändert (geringe Cholesterolabnahme). Ein direkter Schutz vor Lipidoxidation durch die Säfte konnte in vivo nicht ermittelt werden, jedoch in vitro. Die SCFA waren in Faeces nicht verändert. In Faeces wurde während der Interventionsphasen eine signifikante Zunahme der primären und Gesamt-GS sowie eine Abnahme der sekundären GS ermittelt. Signifikant unterschiedlich zu den Kontrollphasen waren die Konzentrationen an Cholsäure, Desoxycholsäure und Chenodesoxycholsäure. Weiterhin wurde eine Zunahme der Gesamt-NS in Faeces sowie eine Zunahme einiger Cholesterol-Metabolite festgestellt. Die Ausscheidung an Gesamt-Steroiden erhöhte sich ebenfalls in den Interventionsphasen (Apfel>Traube>Rote Bete>Kontrolle). Es wurden verschiedene sekundäre Pflanzenstoffe im Urin nachgewiesen, so Phloretin bei Apfelsaftgabe, Homovanillinsäure bei Traubensaft und Betanin bei Rote-Bete-Saft. In einer Resorptionsstudie traten höhere Konzentrationen von Quercetin und Phloretin im Plasma nach Gabe von Apfelsaft auf, ebenso erfolgte eine erhöhte renale Ausscheidung sekundärer Pflanzenstoffe.

#### Wirtschaftliche Bedeutung:

Die in vitro und in vivo getesteten B-Säfte aus Äpfeln, Trauben und Roten Beten zeigten ausschließlich positive physiologische Effekte sowohl hinsichtlich der Gesamtballaststoffe als auch hinsichtlich der sekundären Pflanzenstoffe. Die technologischen, analytischen und physiologischen Ergebnisse liefern eine Reihe von Ansatzpunkten für die Entwicklung neuer Saftprodukte für die Humanernährung.

Die zweistufige enzymatische Maischebehandlung führt vor allem zu einer signifikanten Zunahme der Polysaccharide mit Ballaststoffcharakter sowie von Sekundärstoffen. Die Aufarbeitung kann mit den fruchtsaftüblichen Techniken direkt im Fruchtsaftbetrieb erfolgen, ohne dass neue Investitionen zu tätigen sind. Eine wichtige Erkenntnis für die Betriebe ist die Konzentrierfähigkeit der verdünnten B-Säfte auf die Stufe von Halbkonzentraten. Industrierversuche mit einem verbreiteten mehrstufigen Fallstromverdampfersystem ergaben bei Apfel, dass Konzentriergrade bis 45 °Brix erreichbar sind. Dies spart Tankraum und Kosten. Ein ausreichender Oxidationsschutz durch Zugabe von Ascorbinsäure ist, wie bei anderen phenolreichen Säften, sicherzustellen.

Am besten geeignet für das Verfahren ist Apfelsaft. Es ist festzustellen, dass in den letzten Jahren immer mehr polyphenolarme Tafeläpfel statt der früher üblichen Mostäpfel eingesetzt werden. Dies hat geschmacklich eindeutige Nachteile (zu geringe Säuren, flacher Geschmack). Durch den B-Saft könnte man diesen Mangel an Sekundärstoffen weitgehend ausgleichen.

Das nun abgeschlossene Projekt legt wichtige Grundlagen für die künftige Getränkeentwicklung, von denen insbesondere mittelständische Unternehmen profitieren können.

#### Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2004.
2. Will, F., Mehrländer, K., Dietrich, H., Dongowski, G. und Sembries, S.: Enzymatic liquefaction of apple mash by a two step process. *Fruit Processing* 13 (6), 429-432 (2003).
3. Will, F., Mehrländer, K., Dietrich, H., Dongowski, G. und Sembries, S.: Herstellung und Charakterisierung von Traubensäften aus zweistufiger enzymatischer Behandlung und daraus gewonnenen Polyphenolextrakten. *Dt. Lebensmittel Rundsch.* 100 (3), 77-83 (2004).

#### Weiteres Informationsmaterial:

Forschungsanstalt Geisenheim  
Institut für Önologie und Getränkeforschung  
FG Weinanalytik u. Getränkeforschung  
Rüdesheimer Str. 28, 65366 Geisenheim  
Tel.: 06722/502-311, Fax: 06722/502-310  
E-Mail: H.Dietrich@fa-gm.de

Deutsches Institut für Ernährungsforschung e.V.  
(DIFE)  
Arthur-Scheunert-Allee 114-116, 14558 Nuthetal  
Tel.: 033200/88-216, Fax: 033200/88-555  
E-Mail: dongo@dife.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