



AUS FORSCHUNG  
& ENTWICKLUNG



**Gewinnung und Charakterisierung  
funktioneller Wertstoffe aus  
Nebenprodukten der Obst- und  
Gemüseverarbeitung**

## EINFÜHRUNG

*Schieber, A.; Endreß, H.-U.; Carle, R.; (2001)  
Gewinnung und Charakterisierung funktioneller Wertstoffe aus Nebenprodukten der Obst- und Gemüse-verarbeitung, Tagungsband GDL Kongress Berlin 08.-10.11.2001*

*Prof. Dr. Reinhold Carle  
Dr. Andreas Schieber  
Universität Hohenheim  
Institut für Lebensmitteltechnologie  
Fachgebiet „Lebensmittel pflanzlicher Herkunft“  
Garbenstraße 25, D-70599 Stuttgart.  
E-Mail: [schieber@uni-hohenheim.de](mailto:schieber@uni-hohenheim.de)*

Die Ergebnisse epidemiologischer Studien lassen erkennen, dass eine betont vegetabile Kost das Risiko für bestimmte Krankheiten, z.B. Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Schlaganfall oder bestimmte Krebsformen, reduzieren kann. Hierfür werden neben den Ballaststoffen vor allem sekundäre Pflanzenstoffe bzw. organische Mikronährstoffe verantwortlich gemacht. Das Interesse des Verbrauchers am Zusammenhang zwischen Ernährung und Gesundheit hat in den vergangenen Jahren daher drastisch zugenommen.

Mit diesem Trend geht ferner der Wunsch nach möglichst naturbelassenen Lebensmitteln einher (Carle, 2000). Synthetische Zusatzstoffe, insbesondere künstliche Farbstoffe, stoßen beim Konsumenten deshalb auf wachsende Ablehnung (Stintzing et al., 2000; 2001).

Bei der Suche nach natürlichen Alternativen wird zunehmend das Potential von Nebenprodukten der Obst- und Gemüseverarbeitung wahrgenommen (Moure et al., 2001; Schieber et al., eingereicht). Wurden diese Reststoffe bislang überwiegend als Viehfutter entsorgt, so finden sich in letzter Zeit interessante Ansätze einer Nutzung im Sinne einer zusätzlichen Wertschöpfung. Neben dem Einsatz zu Färbzwecken kommen sekundäre Pflanzenstoffe als Zutaten für funktionelle Lebensmittel bzw. als natürliche Analoga zur Substitution synthetischer Antioxidantien in Frage.

Der Pro-Kopf-Verbrauch von Fruchtsäften und Fruchtnektaren in Deutschland verzeichnete in den vergangenen 50 Jahren einen starken Zuwachs und lag 1999 bei über 40 l. Unter den Fruchtsäften nimmt Apfelsaft mit 12,0 l die führende Position ein, gefolgt von Orangensaft mit 9,5 l (VdF, 2001). Die zu Saft verarbeitete Menge an Äpfeln beläuft sich derzeit auf ca. 700.000 t, wobei ungefähr 250.000 t Naßtrester mit einem Trockenmasseanteil von 25 % anfallen (Endreß, 2000). Diese Trester stellen nicht nur ein Umweltproblem dar, sondern sie verursachen für die betroffenen Betriebe auch hohe Kosten bei der Entsorgung. Möglichkeiten hierfür sind Kompostierung, Vieh- und Wildfütterung, Müllverbrennung, Deponierung oder die Gewinnung von Biogas. Diese Alternativen sind allerdings weder aus wirtschaftlicher noch aus umweltpolitischer Sicht attraktiv.

Demgegenüber wird die Pektingewinnung als der sowohl ökologisch wie auch ökonomisch sinnvollste Weg der Verwertung von Apfeltrester angesehen (Fox et al., 1991). Die Trester müssen unmittelbar nach der Saftgewinnung getrocknet werden, um den Abbau von Pektin durch depolymerisierende Enzyme zu unterbinden. Weiterhin wird durch die Trocknung eine Bevorratung und damit eine ganzjährige Produktion von Pektin gewährleistet. Die vor der eigentlichen Pektingewinnung durch Sieben abgetrennten Apfelkerne dienen zur Gewinnung von Apfelkernöl und enthalten darüber hinaus auch phenolische Verbindungen (Lu und Foo, 1998).

Das Pektin wird anschließend durch Extraktion mit verdünnten Mineralsäuren aus den Trestern entfernt. Nach Aufkonzentrierung dieses Extrakts erfolgt die Fällung des Hydrokolloids durch Zusatz von Alkohol.

Eine Reihe neuerer Arbeiten belegt, dass Apfeltrester auch eine vielversprechende Quelle phenolischer Verbindungen darstellen (Lu und Foo, 1997; Foo und Lu, 1999; Schieber et al., 2001). Einige hieraus isolierter Komponenten wiesen *in vitro* stark antioxidative Eigenschaften auf (Lu und Foo, 2000). Die dosisabhängige *in vitro* Hemmung der Proliferation von Colon- und Lebertumorzellen durch Extrakte aus frischen Äpfeln wurde insbesondere auf die enthaltenen phenolischen Säuren und Flavonoide zurückgeführt (Eberhardt et al., 2000).

Weitere Arbeiten zeigen auch, dass durch die Aufnahme polyphenolreicher Apfelsäfte der Antioxidantienstatus signifikant erhöht werden kann (Bitsch et al., 2000).

Apfelpektine zeichnen sich im Vergleich zu Citruspektinen zwar durch bessere Geliereigenschaften aus. Aufgrund mitextrahierter phenolischer Verbindungen sind sie jedoch schwach braun gefärbt. Die Verwendung dieser Apfelpektine in sehr hellen Produkten ist daher eingeschränkt. Bisherige Versuche zur Lösung dieses Problems zielten auf eine Bleichung der Apfeltrester mit alkalischer Wasserstoffperoxidlösung ab, wodurch allerdings nicht nur die phenolischen Verbindungen, sondern insbesondere auch ein Großteil des Pektins zerstört wurden (Renard et al., 1996).

# ERGEBNISSE und Diskussion

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde das Ziel verfolgt, die Gewinnung phenolischer Verbindungen mit der Veredelung von Apfelpektin zu kombinieren. Das zu entwickelnde Verfahren sollte in den etablierten Prozess der Pektinproduktion integriert werden, um damit in wirtschaftlicher Hinsicht attraktiv zu sein. Um dem Rechnung zu tragen, wurde der wäßrigsaure und aufkonzentrierte Extrakt in einer Säule über ein unpolares, lebensmitteltaugliches Adsorberharz geführt. Das Pektin passierte hierbei die Säule, während der überwiegende Teil der phenolischen Verbindungen adsorbiert wurde.

Im Anschluss wurde das Pektin durch Zusatz von Alkohol präzipitiert. Die Gewinnung der phenolischen Verbindungen erfolgte durch Desorption mit einem organischen Lösungsmittel, vorzugsweise mit Alkohol. Nach Entfernen des Lösungsmittels in vacuo wurde das Eluat zur Stabilisierung der Polyphenole lyophilisiert.

Das Verfahrensschema ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die Charakterisierung der phenolischen Verbindungen erfolgte mittels Hochleistungsflüssigkeits-Chromatographie.

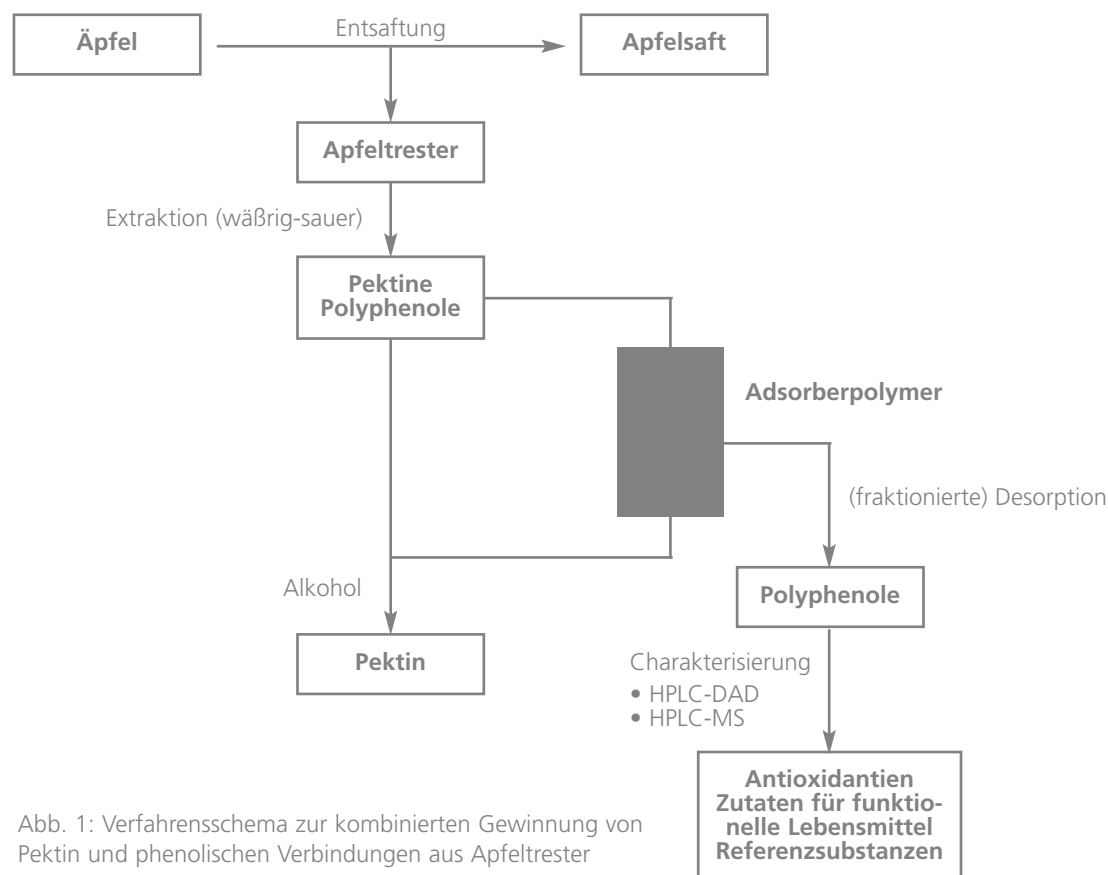


Abb. 1: Verfahrensschema zur kombinierten Gewinnung von Pektin und phenolischen Verbindungen aus Apfeltrester

Hierbei wurde eine stationäre Phase verwendet, an der hydrophile Substanzen wesentlich effizienter getrennt werden können als an konventionellen Reversed-Phase-Systemen (Schieber et al., 2001). Da Referenzsubstanzen für Polyphenole nur begrenzt zur Verfügung stehen, wurden zur Identifizierung ein Diodenarray-Detektor bzw. ein Massenspektrometer eingesetzt.

Die dominierenden phenolischen Verbindungen waren erwartungsgemäß Chlorogensäure, das Dihydrochalconglucosid Phloridzin sowie eine Reihe von Quer-cetinglycosiden, unter denen Quercetin-3-galactosid den größten Anteil hatte (Tabelle 1).

Verbindung	Gehalt
Epicatechin	9.3
Procyanidin B2	9.3
Catechin	2.4
Chlorogensäure	14.3
p-Cumaroylchinasäure	1.8
p-Cumarsäure	0.5
Ferulasäure	0.4
Quercetin-3-galactosid	11.4
Quercetin-3-rhamnosid	4.7
Quercetin-3-glucosid	3.9
Quercetin-3-xylosid	1.8
Quercetin-3-rutinosid	1.3
Quercetin-3-arabinosid	1.1
Phloridzin	40.4
Phloretinxyloglucosid	8.0
Quercetin (Aglycon)	6.5
Phloretin (Aglycon)	0.5
<b>Summe</b>	<b>117.6</b>

Tabelle 1: Gehalt phenolischer Verbindungen in mg/g Lyophilisat

Farbmessungen an Tresterextrakten bzw. an getrockneten Apfelpektinen vor und nach Passage des Adsorberharzes belegten eine deutliche Aufhellung des Produkts. Da die Gelieigen-

schaften nicht beeinträchtigt werden, können künftig für Apfelpektine Anwendungspotentiale erschlossen werden, die bislang Citruspektinen vorbehalten waren.

In den bislang untersuchten Apfeltresterproben wurden wesentlich geringere Polyphenolgehalte gefunden als in der Literatur beschrieben (Lu und Foo, 1997). Mögliche Ursachen hierfür sind zum einen Unterschiede bei der Tresterrocknung, zum anderen sortenbedingte Schwankungen in der Rohware. Ein Screening von 19 Most- und Tafelapfelsorten aus dem süddeutschen Raum zeigte, dass vorzugsweise als Mostobst verwendete Apfelsorten höhere Polyphenolgehalte aufwiesen als solche, die überwiegend zum Frischverzehr bestimmt sind (Keller et al., 2001). Nach Lister et al. (1994) führt eine hohe UV-Einstrahlung, wie sie z.B. in Neuseeland auftritt, zu höheren Flavonoidgehalten in Apfelschalen. Dies könnte eine Erklärung dafür sein, dass Apfeltrester aus neuseeländischen Äpfeln (Lu und Foo, 1997) deutlich höhere Polyphenolgehalte aufweisen als Trester von Äpfeln aus dem süddeutschen Raum.

Mittels des entwickelten Verfahrens ist eine kombinierte Gewinnung von Apfelpektin und phenolischen Verbindungen möglich. Die Integration in den etablierten Prozess der Pektinproduktion erlaubt die Gewinnung großer Mengen an Polyphenolen, die als natürliche Antioxidantien oder ggf. als Zutaten in funktionellen Lebensmitteln eingesetzt werden können.

Somit stellt das Verfahren eine interessante Alternative zu aktuellen Bemühungen dar, die Extraktion phenolischer Verbindungen aus Apfeltrestern mittels depolymerisierender Enzyme zu erreichen, die die Gewinnung von Pektin nicht mehr gestatten (Will et al., 2000).

## AUSBLICK und Danksagung

### Ausblick

Im Rahmen aktueller und geplanter Forschungsprojekte werden neben Apfeltrester auch weitere Reststoffe aus der Obst- und Gemüseverarbeitung bzw. aus der Weinproduktion im Hinblick auf die Gewinnung von Wertstoffen untersucht. Bei der Herstellung von Wein fallen jährlich mehrere Millionen Tonnen Traubentrester an. Möglichkeiten der Verwertung sind u.a. die Gewinnung von Traubenkernöl, Ethanol und Ballaststoffen. Auch die enthaltenen Anthocyane werden als wertvolle Komponenten angesehen, die als natürliche Lebensmittelfarbstoffe eingesetzt werden können. Neuere Untersuchungen zeigen, dass durch pektolytische und cellulolytische Enzyme eine vermehrte Freisetzung von Polyphenolen erreicht wird (Meyer et al., 1998). Die Auswirkungen auf die Stabilität individueller phenolischer Verbindungen wurden jedoch nicht betrachtet. Weiterhin wurde eine kombinierte Gewinnung von Wertstoffen unter Minimierung der Menge anfallenden Traubentresters noch nicht in genügendem Umfang erzielt. Die Entwicklung geeigneter Verfahren hierfür ist Gegenstand aktueller Untersuchungen (Kammerer et al., angenommen). Im Anschluss sind Untersuchungen zur Applikation phenolischer Verbindungen in funktionellen Lebensmitteln sowie zu ihrer Stabilität bzw. zu Wechselwirkungen mit anderen Lebensmittelinhaltsstoffen vorgesehen.

### Danksagung

Dieses Forschungsvorhaben wurde im Rahmen des Förderschwerpunkts „Integrierter Umweltschutz in der Ernährungsindustrie“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen BMBF 0339820) durchgeführt. Der Baumann-Gonser-Stiftung wird für die finanzielle Unterstützung des Forschungsvorhabens gedankt.

## LITERATUR

Bitsch R, Netzel M, Carlé E, Strass G, Kesenhaimer B, Herbst M, Bitsch I: Bioavailability of antioxidative compounds from Brettacher apple juice in humans. *Inn Food Sci Emerg Technol* 2000; 1: 245-249.

Carle R: Trends in der Fruchteverarbeitung. *Flüss. Obst* 2000; 67: 414-419.

Eberhardt MV, Lee CY, Liu RH: Antioxidant activity of fresh apples. *Nature* 2000; 405: 903-904.

Endreß H-U: Gehobene Qualität durch produktintegrierten Umweltschutz - PIUS. *Flüss Obst* 2000; 67: 460-463.

Foo LY, Lu Y: Isolation and identification of procyanidins in apple pomace. *Food Chem* 1999; 64: 511-518.

Fox GF, Asmussen R, Fischer K, Endreß H-U: Aufwand und Nutzen der Apfel-tresterverwertung. *Flüss. Obst* 1991; 58: 492-499.

Kammerer D, Schieber A, Stintzing FC, Carle R: Gewinnung und Charakterisierung phenolischer Verbindungen aus Traubentrestern. *Lebensmittelchemie*, angenommen.

Keller P, Streker P, Arnold G, Schieber A, Carle R: Bestimmung phenolischer Verbindungen in Tafel- und Mostäpfeln mittels HPLC. *Flüss. Obst* 2001; 68: 480-483.

Lister C, Lancaster J, Sutton K, Walker J: Developmental changes in the concentration and composition of flavonoids in the skin of a red and a green apple cultivar. *J Sci Food Agric* 1994; 64: 155-161.

Lu Y, Foo LY: Identification and quantification of major polyphenols in apple pomace. *Food Chem* 1997; 59: 187-194.

Lu Y, Foo LY: Constitution of some chemical components of apple seeds. *Food Chem* 1998; 61: 29-33.

Meyer AS, Jepsen SM, Sørensen NS: Enzymatic release of antioxidants for human low-density lipoprotein from grape pomace. *J Agric Food Chem* 1998; 46: 2439-2446.

Renard CMCG, Rohou Y, Hubert C, della Valle G, Thibault JF, Savina JP: Bleaching of apple pomace by hydrogen peroxide in alkaline conditions: optimisation and characterisation of the products. *Lebensm-Wiss -Technol* 1997; 30: 398-405.

Schieber A, Keller P, Carle R: Determination of phenolic acids and flavonoids of apple and pear by high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr A* 2001; 910: 265-273.

Schieber A, Stintzing FC, Carle R: Sekundäre Pflanzenstoffe – aktuelle Aspekte zu Stabilität, Analytik und Gewinnung aus Nebenprodukten der Obst- und Gemüseverarbeitung. *Flüss Obst* 2001; 68: 7-13.

Schieber A, Stintzing FC, Carle R: By-products of fruit and vegetable processing as a source of functional compounds - recent developments. *Trends Food Sci Technol*, eingereicht.

Stintzing FC, Schieber A, Carle R: Rote Bete als färbendes Lebensmittel – eine Bestandsaufnahme. *Obst-, Gemüse- und Kartoffelverarbeitung* 2000; 85: 196-204.

Stintzing FC, Schieber A, Carle R: Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. *Eur Food Res Technol* 2001; 212: 396-407.

Verband der deutschen Fruchtsaftindustrie e.V. (2001) <http://www.fruchtsaft.de>.

Will F, Bauckhage K, Dietrich H: Apple pomace liquefaction with pectinases and cellulases: analytical data of the corresponding juices. *Eur Food Res Technol* 2000; 211: 291-297.

---

FORSCHUNG & ENTWICKLUNG  
HERBSTREITH & FOX UNTERNEHMENSGRUPPE