

# Phenolische Verbindungen in Apfelsaft, Apfelwein und Apfelessig

CHRISTOPH MÜLLER und DIETER TREUTTER

Technische Universität München  
Fachgebiet für Obstbau, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt  
D-85350 Freising, Alte Akademie 16

*Phenolische Verbindungen in Apfelsaft, -wein und -essig werden mit rp-HPLC in Verbindung mit Nachsäulenderivatisierung untersucht. Damit können ohne aufwändige Aufarbeitung auch Procyanidine quantifiziert werden. Der Phenolgehalt der Produkte wird stark durch das verwendete Rohmaterial bestimmt sowie durch die Verarbeitungsverfahren modifiziert. Diese wären zu optimieren, sofern man den Gehalt an bioaktiven Hydroxyzimtsäuren und Flavonoiden als Qualitätskriterium nutzen möchte.*

**Phenolic compounds in juice, wine and vinegar made from apples.** *Juices, wines and vinegars made from apples were analysed for their phenolic constituents by reversed-phase HPLC. The use of a chemical reaction detection method allowed the analysis of procyanidins without further purification procedures. The phenolic content of the products is determined by the varieties used and by the processing methods. If the amount of the bioactive hydroxycinnamic acids and flavonoids is regarded as a quality marker, the juice and wine making processes have to be optimized with respect to extraction and prevention of degradation of the secondary products.*

**Composés phénoliques dans le jus de pommes, le cidre et le vinaigre de pommes.** *Les composés phénoliques dans le jus de pommes, le cidre et le vinaigre de pommes sont examinés suivant la méthode rp-HPLC en liaison avec une méthode de détection de réactions chimiques, ce qui permet également de quantifier les procyanidines sans procédures de purification ultérieures. La teneur en phénol des produits est déterminée dans une large mesure par les variétés de fruits utilisées; elle est également influencée par les méthodes de transformation. Ces dernières devraient être optimisées dans le cas où la teneur en acides hydrocinnamiques bioactifs et en flavonoïdes serait utilisée comme critère de qualité.*

Phenolische Verbindungen werden vielfach als wertvolle bioaktive Nahrungskomponenten betrachtet (Literaturübersicht bei MARTENS et al., 2000). Äpfel, Apfelsäfte und Apfelweine liefern ein relativ breites Spektrum dieser antioxidativen Substanzen (RECHNER et al., 1999). Allerdings besteht eine große quantitative Variabilität zwischen den als Rohware verwendeten Sorten, zwischen Herkünften und den Verarbeitungsverfahren (MAYR und TREUTTER, 1996; GUYOT et al., 1997; GUYOT et al., 1998). In der hier beschriebenen Studie wird unter Verwendung einer HPLC-Methode kombiniert mit Nachsäulenderivatisierung die Variabilität der quantitativen Zusammensetzung phenolischer Verbindungen in handelsüblichen Apfelsäften und mögliche Veränderungen während der Weiterverarbeitung zu Wein und Essig dargestellt.

## Material und Methoden

Die flüssigen Proben wurden zentrifugiert und ohne weitere Vorbereitung bzw. Reinigungsschritte zu je 20 µl per rp-HPLC analysiert. Hydroxyzimtsäuren und Dihydrochalkone wurden bei 280 nm detektiert, Anthocyanidine bei 520 nm und Catechine und Proanthocyanidine nach on-line-Derivatisierung mit p-Dimethylaminozimtaldehyd (DMAZA) bei 640 nm (TREUTTER, 1989). DMAZA reagiert selektiv mit den Molekülen der Flavanol-Gruppe und verbessert deren Detektion wesentlich, sodass auch Catechine und Proanthocyanidine problemlos gemessen werden können. Der verwendete HPLC-Gradient wurde an anderer Stelle (TREUTTER et al., 1994) beschrieben. Die Peak-Identifizierung erfolgte durch Cochromatographie mit käuflichen bzw. früher isolierten Ver-

gleichssubstanzen (MAYR et al., 1995; TREUTTER et al., 1994) und Vergleich der UV-Absorptionsspektren mittels Diodenarray-Detektor.

Folgende Verbindungen wurden quantifiziert: HMF (Hydroxymethylfurfural), Hydroxyzimtsäuren (p-Cumarsäure, p-Cumaroyl-Derivate, Kaffeesäure, Chlorogensäure, Ferulasäure), Dihydrochalkone (Phloretin, Phloretin-xyloglucosid, Phloridzin, weitere Phloretin-glycoside), monomere Flavan-3-ole (Catechin, Epicatechin), oligomere Flavan-3-ole (Procyanidin B1, Procyanidin B2, Procyanidin C1, Procyanidin B5 und weitere Procyanidine, die nicht näher charakterisiert werden konnten). Die Procyanidine wurden als B2 berechnet, die Hydroxyzimtsäuren als Chlorogensäure.

Zur Bestimmung der Phenolgehalte sortenreiner Säfte wurden die Früchte mit einer Haushaltspresse abgepresst, der Saft zentrifugiert und binnen 24 Stunden analysiert.

Für die Prüfung der Veränderung der Phenolgehalte während der Wein- und Essigbereitung wurde die rotfleischige Apfelsorte 'Weirouge' verwendet. Die Äpfel wurden mit einem Obsthäcksler zerkleinert und mit einer Handhydraulik-Packpresse abgepresst. Sofort nach

dem Pressen wurde eine Probe bei -20 °C eingefroren und so bis zur Analyse aufbewahrt. Ein Teil des Saftes wurde für einige Minuten auf 80 °C erhitzt, in Flaschen abgefüllt und bei 15 °C gelagert. Ein weiterer Teil des Saftes wurde mit Hefe der Rasse Steinberg bei 15 °C versetzt und nach 19 Tagen sowie nach weiteren zwölf Tagen Gärzeit abgestochen. Für die Essigherstellung wurde ein Teil des Mostes mit einer Essigbakterienkultur bei ca. 20 °C angesetzt.

## Ergebnisse und Diskussion

Der Gehalt an phenolischen Substanzen in Apfelsäften wird in hohem Maß von der verwendeten Rohware bestimmt. In Tabelle 2 sind die Phenolgehalte frisch gepresster und sortenreiner Apfelsäfte dargestellt. Obwohl Fruchtschalen auch Flavonole enthalten (MAYR und TREUTTER, 1996), konnten diese in den hier untersuchten Säften nicht quantifiziert werden. Hierzu wären vermutlich weitere Aufbereitungsschritte erforderlich gewesen, da in niedrigen Konzentrationen auch Flavonole in Säften zu erwarten sind (Tab. 1).

Tabelle 1:

Konzentrationsbereiche phenolischer Verbindungen in Apfelsäften - im Spiegel der Literatur

	Trivialnamen	mg/l	Literatur
<b>Hydroxyzimtsäuren</b>			
5'-Kaffeoyl-Chinasäure	Chlorogensäure	0,09 - 414	PÉREZ-ILZARBRE et al., 1991; HERNANDEZ et al., 1997; KERMASHA et al., 1995; RITTER und DIETRICH, 1996
3'-Kaffeoyl-Chinasäure	Neochlorogensäure	Sp - 1,3	RITTER und DIETRICH, 1996
4'-Kaffeoyl-Chinasäure	Kryptochlorogensäure	2,3 - 12,9	RITTER und DIETRICH, 1996
Kaffeesäure		Sp - 13,9	KERMASHA et al., 1995; RITTER und DIETRICH, 1996
p-Cumaroyl -Chinasäure		0,1 - 49,1	PÉREZ-ILZARBRE et al., 1991; HERNANDEZ et al., 1997; KERMASHA et al., 1995; RITTER und DIETRICH, 1996
p-Cumaroylglucose		0,02 - 143	PÉREZ-ILZARBRE et al., 1991
p-Cumarsäure		0,09 - 2,13	HERNANDEZ et al., 1997; KERMASHA et al., 1995; RITTER und DIETRICH, 1996
Feruloylglucose		0,2 - 1,9	PÉREZ-ILZARBRE et al., 1991; FELDMANN, 1995
Ferulasäure		Sp - 3,27	KERMASHA et al., 1995; RITTER und DIETRICH, 1996;

Tabelle 1 (Fortsetzung):  
Konzentrationsbereiche phenolischer Verbindungen in Apfelsäften - im Spiegel der Literatur

<b>Dihydrochalkone</b>			
Phloretin-2'-O- $\beta$ -D-glucosid	Phloridzin	0,05 - 196	PÉREZ-ILZARBRE et al., 1991; SUÁREZ-VALLÉS et al., 1994; HERNANDEZ et al., 1997; KERMASHA et al., 1995; RITTER und DIETRICH, 1996; VERSARI et al., 1997
Phloretin-2'-O- $\beta$ -D-xylo-glucosid		2,8 - 75,12	SUÁREZ-VALLÉS et al., 1994; HERNANDEZ et al., 1997; RITTER und DIETRICH, 1996; VERSARI et al., 1997
<b>Flavonole</b>			
Quercetin-3-O- $\beta$ -D-galactosid	Hyperin	0,04 - 2,2	PÉREZ-ILZARBRE et al., 1991; SUÁREZ-VALLÉS et al., 1994; HERNANDEZ et al., 1997
Quercetin-3-O- $\beta$ -D-glucosid	Isoquercitrin	Sp	SUÁREZ-VALLÉS et al., 1994
Quercetin-3-O- $\beta$ -D-xylosid	Reynoutrin	2,8	HERNANDEZ et al., 1997
Quercetin-3-O- $\alpha$ -L-arabinosid	Avicularin	0,01 - 0,27	PÉREZ-ILZARBRE et al., 1991
Quercetin-3-O- $\alpha$ -L-rhamnosid	Quercitrin	0,08 - 33	PÉREZ-ILZARBRE et al., 1991; SUÁREZ-VALLÉS et al., 1994
Quercetin-3-O- $\beta$ -D-rhamnoglucosid	Rutin	0,03 - 13	PÉREZ-ILZARBRE et al., 1991; SUÁREZ-VALLÉS et al., 1994
<b>Flavan-3-ole</b>			
Catechin (C)		0,05 - 70	PÉREZ-ILZARBRE et al., 1991; SUÁREZ-VALLÉS et al., 1994; HERNANDEZ et al., 1997; KERMASHA et al., 1995; RITTER und DIETRICH, 1996
Epicatechin (E)		0,05 - 226	PÉREZ-ILZARBRE et al., 1991; SUÁREZ-VALLÉS et al., 1994; HERNANDEZ et al., 1997; RITTER und DIETRICH, 1996
E-(4 $\beta$ -8)-C	Procyanidin B1	8,3 - 238	SUÁREZ-VALLÉS et al., 1994
E-(4 $\beta$ -8)-E	Procyanidin B2	0,03 - 222	PÉREZ-ILZARBRE et al., 1991; HERNANDEZ et al., 1997; SUÁREZ-VALLÉS et al., 1994; RITTER und DIETRICH, 1996
E-(4 $\beta$ -8)-E-(4 $\beta$ -8)-E	Procyanidin C1	1 - 79	FELDMANN, 1995
<b>Benzoessäuren</b>			
Protocatechusäure		0,08 - 0,75	KERMASHA et al., 1995;
Gallussäure		0 - 2,21	KERMASHA et al., 1995

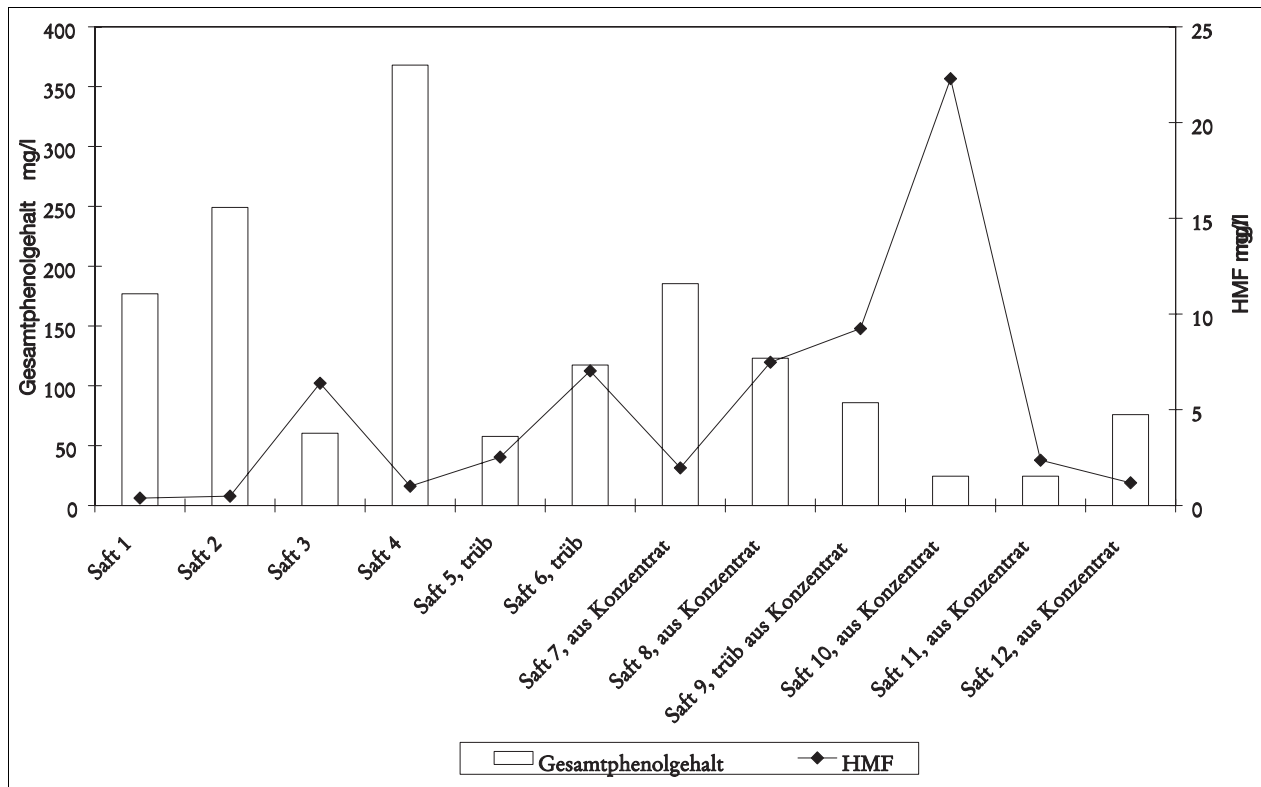


Abb 1: Gesamtphenolgehalte handelsüblicher Apfelsäfte und zugehörige HMF-Werte

Tabelle 3 zeigt die Variabilität der Phenylpropanoidgehalte mehrerer handelsüblicher Apfelsäfte. Die Gesamtphenolgehalte reichen in den untersuchten Proben von 20 mg/l bis zu 370 mg/l. Die untersuchten Direktsäfte weisen z. T. wesentlich höhere Gehalte auf als diejenigen, die aus Konzentraten hergestellt wurden, obwohl auch hier der Einfluss des Ausgangsmaterials entscheidend sein dürfte. Der Gehalt des Furfurals Hydroxymethylfurfural (HMF) kann als Maß für die Hitzebehandlung von Apfelsäften angesehen werden oder auch auf hohe Lagertemperaturen hinweisen (FELDMANN, 1995). Die eigenen Befunde (Abb. 1) lassen darauf schließen, dass eine schonende Behandlung der Säfte mit demzufolge entsprechend niedrigem HMF-Wert die phenolischen Verbindungen vor Abbau schützt.

Im Zuge der weiteren Verarbeitung des Apfelsafts über Apfelwein zu Apfelessig nimmt der Gehalt an Flavonolen kontinuierlich ab (Tab. 4, 5 und 6). Bei den Hydroxymethylfurfuralderivaten ist nach dem fortschreitenden Verarbeitungsprozess eine Abnahme der Säuredimere bei gleichzeitigem Anstieg der freien Säuren Kaffeesäure, Ferulasäure und Protocatechusäure sowie eine Deglycosidierung von Phloridzin zum Phloretin zu be-

obachten. An diesen hydrolytischen Spaltungen sind vermutlich apfeleigene und/oder von den verwendeten Mikroorganismen (Hefen und Essigbakterien) gebildete Enzyme beteiligt. Der dabei entstehende Verlust der Glykoside wird allerdings durch die freigesetzten Aglykone nicht ausgeglichen, so dass von einer weitergehenden Katabolisierung auszugehen ist. Durch Vergärung der Äpfel auf der Maische kann die Extraktion der in den Schalen enthaltenen Flavan-3-ole deutlich verbessert werden. Die dabei festzustellende Umlagerung der Hydroxymethylfurfural-Ester zu freien Säuren lässt auf eine relativ hohe hydrolytische Aktivität der Maische schließen. Damit zusammenhängen dürfte auch der weitgehende Abbau des Anthocyanins, das im Fruchtfleisch und im Direktsaft der für dieses Experiment verwendeten Apfelsorte 'Weirouge' in relativ hoher Konzentration vorkommt.

Der allgemeine Trend, den Gehalt an bioaktiven Inhaltsstoffen als Qualitätskriterium zu betrachten, erfordert eine Routineanalytik, mit deren Hilfe die Qualität der Produkte kontrolliert und Verarbeitungsprozesse optimiert werden können. Die für die vorliegenden Untersuchungen verwendete rp-HPLC-Methode liefert

Tabelle 2:  
Gehalte phenolischer Verbindungen in sortenreinen Apfelsäften in mg/l

	Bohnapfel	Kaiser Wilhelm	Berlepsch	Boskoop	Jonagold	Melrose	Brettacher	Blenheim	Landsberger	Gloster
<b>Hydroxymitsäuren</b>										
Chlorogensäure	283	217	414	225	170	119	172	77	68	3,8
<b>Dihydrochalkone</b>										
Phloridzin	48	18	75	17	36	18	37	12	14	18
Phloretin 2'-xyloglucosid	5,3	1,9	3,8	3,1	3,4	1,7	2,4	2,6	1,4	2,2
Summe Dihydrochalkone	53,3	19,9	78,8	20,1	39,4	19,7	39,4	14,6	15,4	20,2
<b>Flavan-3-ole</b>										
Catechin	19	38	9,3	16	2,5	4,7	3,7	18	1,6	1,8
Epicatechin	112	73	24	38	34	48	15	26	11	15
Procyanidin B1	180	238	54	66	34	48	19	52	8,3	18
Procyanidin B2	222	145	36	65	76	59	20	21	6,1	11
Procyanidin B5	15	10	2,8	5,9	4,5	6,5	1,7	1,9	1,3	1,3
Procyanidin C1	79	60	16	38,8	43	19,8	11,4	5,7	1,2	2,9
Summe Flavanole	627	564	142,1	229,7	194	186	70,8	124,6	29,5	50
<b>Gesamtsumme</b>	<b>963,3</b>	<b>800,9</b>	<b>634,9</b>	<b>474,8</b>	<b>403,4</b>	<b>324,7</b>	<b>282,2</b>	<b>216,2</b>	<b>112,9</b>	<b>74</b>

Tabelle 3:  
Phenolgehalte handelsüblicher Apfelsäfte in mg/l

	Saft 1	Saft 2	Saft 3	Saft 4	Saft 5 trüb	Saft 6 trüb	Saft 7 a.K.	Saft 8 a.K.	Saft 9 trüb, a.K.	Saft 10 a.K.	Saft 11 a.K.	Saft 12 a.K.
<b>Hydroxycimtsäuren</b>												
Kaffeensäure	2,24	6,65	0,78	5,04	1,03	3,31	2,96	3,31	0,95	1,85	1,50	1,33
Chlorogensäure	81,93	112,47	41,62	138,84	29,77	73,64	101,84	76,79	43,10	18,12	15,57	30,50
p-Cumaroyl-Ester	1,76	2,83	0,73	1,27	0,62	1,32	-	1,71	2,74	0,27	0,53	2,39
p-Cumaroylglucosid	7,01	10,23	3,08	9,56	2,80	5,38	11,29	7,45	3,57	1,92	1,56	3,61
p-Cumarsäure	0,60	0,89	0,39	0,52	0,17	0,79	0,84	1,12	0,34	0,13	0,26	0,21
Ferulasäure	0,04	0,31	-	0,87	0,26	0,04	-	0,09	1,09	0,01	0,01	0,22
Summe Hydroxycimtsäuren	93,58	133,37	46,61	156,09	34,66	84,48	116,94	90,47	51,79	22,31	19,44	38,27
<b>Dihydrochalkone</b>												
Phloretin-2-xylosylglucosid	12,47	12,52	6,30	14,93	4,40	8,51	17,77	11,46	3,41	0,22	2,15	3,34
Phloridzin	10,07	15,84	4,00	22,76	2,32	8,76	11,62	14,77	2,01	1,32	2,81	3,52
Phloretin	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	0,02	-	0,05
Summe Dihydrochalkone	22,55	28,36	10,30	37,68	6,72	17,47	29,39	26,23	5,41	1,56	4,96	6,91
<b>Flavanole</b>												
Catechin	3,62	4,74	-	8,83	1,19	0,68	3,32	1,00	1,38	-	-	1,37
Epicatechin	15,51	23,33	1,00	37,26	3,77	4,13	10,95	1,68	6,75	0,11	-	7,77
Procyanidin B1	0,77	-	-	1,44	0,79	-	3,99	0,47	-	-	-	0,00
Procyanidin B2	22,27	27,24	1,66	55,93	5,16	5,36	13,50	1,61	11,00	-	-	11,18
Procyanidin B5	0,17	0,15	-	0,47	0,04	0,04	0,64	0,02	0,12	-	-	0,12
Procyanidin C1	8,89	18,09	-	51,76	1,52	2,22	5,22	0,54	4,41	0,54	-	4,90
Summe Flavanole *	60,86	87,37	3,52	174,34	16,34	15,38	39,07	6,29	28,70	0,65	-	30,73

a.K. = aus Konzentrat

\*inklusive einiger nicht näher charakterisierter und nicht einzeln aufgeführter Procyanidine - = nicht nachgewiesen

Tabelle 4:

Phenolgehalte (in mg/l) von Säften der Apfelsorte 'Weirouge' und Veränderungen während der Wein- und Essigbereitung

	Saft frisch gepresst	Saft erhitzt	Wein	Wein (Maischegärung)	Essig
<b>Hydroxyzimtsäuren</b>					
Kaffeesäure	3,42	7,05	6,44	8,01	19,67
Chlorogensäure	38,02	30,74	43,69	29,26	3,01
p-Cumaroylchinasäure	2,21	2,35	0,46	0,37	0,16
p-Cumaroylglucose	7,29	6,53	5,93	5,31	5,94
p-Cumarsäure	0,06	0,12	0,37	0,99	3,09
Ferulasäure	-	-	0,10	0,30	0,34
Summe Hydroxyzimtsäuren	51,01	46,79	57,00	44,24	32,21
<b>Dihydrochalkone</b>					
Phloretin-2-xylosylglucosid	10,48	10,27	9,17	8,27	10,54
Phloridzin	7,21	7,08	11,54	14,46	7,45
Phloretin	-	-	-	0,35	0,05
Summe Dihydrochalkone	17,69	17,35	20,71	23,08	18,03
<b>Flavanole</b>					
Catechin	-	-	-	0,20	-
Epicatechin	0,93	0,41	0,50	1,98	-
Procyanidin B2	1,91	2,04	0,61	3,25	-
Procyanidin*	-	-	-	0,61	-
Procyanidin*	-	-	-	0,42	-
Procyanidin C1	-	-	-	0,99	-
Procyanidin B5	-	-	-	0,04	-
Summe Flavanole	2,8	2,45	1,11	7,48	-
<b>Anthocyanidine</b>					
Idaein (Cyanidin 3-galactosid)	3,67	0,94	0,76	0,03	-
<b>Benzoessäuren</b>					
Protocatechusäure	-	-	5,34	2,46	5,12
Gesamtsumme	75,22	67,53	84,91	77,29	55,36
HMF	-	2,30	-	-	-

\* nicht näher charakterisierte Procyanidine

Tabelle 5:  
Phenolgehalte handelsüblicher Apfelweine in mg/l

	Wein 1	Wein 2	Wein 3	Wein 4	Wein 5
<b>Hydroxyzimtsäuren</b>					
Kaffeesäure	4,53	3,03	1,18	7,22	4,80
Chlorogensäure	77,13	45,20	50,28	88,06	149,40
p-Cumaroyl-Ester	2,14	0,98	0,27	-	3,14
p-Cumaroylglycosid	6,37	6,49	5,18	10,39	6,03
p-Cumarsäure	0,74	0,30	-	0,24	0,59
Ferulasäure	0,42	0,12	0,17	0,38	-
Summe Hydroxyzimtsäuren	91,34	56,12	57,08	106,28	163,97
<b>Dihydrochalkone</b>					
Phloretin-2-xylosylglucosid	16,21	9,10	8,31	12,23	4,01
Phloridzin	15,24	12,28	4,49	12,09	1,70
Phloretin	-	-	0,07	-	1,09
Summe Dihydrochalkone	31,45	21,38	12,87	24,32	6,80
<b>Flavanole</b>					
Catechin	1,50	3,45	2,98	0,52	1,94
Epicatechin	5,96	6,43	13,60	3,29	5,41
Procyanidin B1	0,97	2,02	1,48	1,04	0,49
Procyanidin B2	7,24	13,26	11,88	5,77	27,49
Procyanidin C1	2,46	1,03	2,66	1,23	7,05
Procyanidin B5	0,05	0,06	0,11	-	0,13
Summe Flavanole*	23,76	28,22	42,05	12,31	46,52
<b>Benzoessäuren</b>					
Protocatechusäure	4,59	1,38	0,97	2,05	1,60
<b>Gesamtsumme</b>	<b>151,13</b>	<b>107,11</b>	<b>112,97</b>	<b>144,95</b>	<b>218,89</b>

\*inklusive einiger nicht näher charakterisierter und nicht einzeln aufgeführter Procyanidine



Tabelle 6:  
Phenolgehalte handelsüblicher Essigproben

	Essig 1	Essig 2	Essig 3	Essig 4
<b>Hydroxyzimtsäuren</b>				
Kaffeesäure	3,10	10,83	2,38	8,89
Chlorogensäure	26,26	37,49	13,27	69,65
p-Cumaroylchinasäure	0,20	0,21	0,12	0,43
p-Cumaroylglucose	3,52	6,56	3,54	5,62
p-Cumarsäure	0,23	0,60	0,07	3,90
Ferulasäure	0,19	0,04	0,01	0,02
Hydroxyzimtsäuren	33,50	55,74	19,40	88,51
<b>Dihydrochalkone</b>				
Phloretin-2-xylosylglucosid	6,38	9,63	2,80	11,62
Phloridzin	4,94	11,07	4,70	9,41
Phloretin	-	0,02	0,11	0,12
Summe Dihydrochalkone	11,32	20,73	7,61	21,15
<b>Flavanole</b>				
Catechin	4,23	0,40	-	0,24
Epicatechin	2,81	3,45	0,26	0,90
Procyanidin B1	-	0,73	-	-
Procyanidin B2	2,29	4,18	0,40	0,91
Procyanidin C1	1,05	1,03	-	-
Procyanidin B5	-	0,02	-	-
Summe Flavanole*	11,72	12,30	0,66	2,76
<b>Benzoessäuren</b>				
Protocatechusäure	0,94	2,16	1,66	3,12
Gesamtsumme	57,48	90,92	29,32	115,54

\*inklusive einiger nicht näher charakterisierter und nicht einzeln aufgeführter Procyanidine - = nicht nachgewiesen

ohne aufwändige Probenvorbereitung Informationen über den Gehalt an natürlich im Apfel vorkommenden Hydroxymyrsäuren, Dihydrochalconen und Procyanidinen sowie über bei der Verarbeitung entstehende Aglykone, wie Kaffesäure, p-Cumarsäure, Phloretin und sekundär entstehende Protocatechusäure.

## Literatur

- AMIOT, M.J., TACCHINI, M., AUBERT, S. and NICHOLAS, J. 1992: Phenolic composition and browning susceptibility of various apple cultivars at maturity. *J Food Sci.* 57: 958-962
- FELDMANN, G. 1995: Veränderungen an Saftinhaltsstoffen bei Herstellung, Umarbeitung, Lagerung und Transport von Fruchtsaftkonzentraten. 62: 543-547, 605-608
- GUYOT, S., DOCO, T., SOUQUET, J.M., MOUTOUNET, M. and DRILLEAU, J.F. 1997: Characterization of highly polymerised procyanidins in cider apple (*Malus domestica* var. 'Kermerrien') skin and pulp. *Phytochemistry* 44: 351-357
- GUYOT, S., MARNET, N., LARABA, D., SANONER, P. and DRILLEAU J.F. 1998: Reversed-phase HPLC following thiolysis for quantitative estimation and characterization of the four main classes of phenolic compounds in different tissue zones of a french cider apple variety (*Malus domestica* var. 'Kermerrien'). *J. Agric. Food Chem.* 46: 1698
- HERNANDEZ, T., AUSIN, N., BARTOLOMÉ, B., BENGOCHEA, L., ESTRELLA, I. and GÓMEZ-CORDOVÉS, C. 1997: Variations in the phenolic composition of fruit juices with different treatments. *Z. Lebensm.-Unters. Forsch. A* 204: 151-155
- KERMASHA, S., GOETGHEBEUR, M., DUMONT, J. and COUTURE, R. 1995: Analyses of phenolic and furfural compounds in concentrated and non-concentrated apple juices. *Food Res. Intern* 28: 245-252
- MARTENS, S., TREUTTER, D. and FORKMANN, G. 2000: Polyphenols communications 2000. XXth Int. Conf. Polyphenols. - Freising-Weihenstephan, Sept 11 -15, 2000
- MAYR, U., TREUTTER, D., SANTOS-BUELGA, BAUER, H. and FEUCHT, W. 1995: Developmental changes in the phenol concentrations of 'Golden Delicious' apple fruits and leaves. *Phytochemistry* 38: 1151-1155
- MAYR, U. and TREUTTER, D. 1996: Vorkommen und Gehalte von Flavanolen in Apfelfrüchten und -säften. In: Dt: Gesellschaft für Qualitätsforschung, XXXI. Vortragsstagung, p. 113-118. - Kiel, 1996
- PÉREZ-ILZARBE, J., HERNÁNDEZ, T. and ESTRELLA, I. 1991: Phenolic compounds in apples: varietal differences. *Z. Lebensm.-Unters. Forsch.* 192: 551-554
- RECHNER, A., DIETRICH, H., PATZ, C.D., NETZEL, M., BÖHM, V., BITSCH, R. and BITSCH, I. 1999: Antioxidative Wirkung von naturtrüben Apfelsäften: Einfluss der Apfelsorte und des Polyphenolgehaltes. *Flüss. Obst* 66: 227-230
- ITTER, G. und DIETRICH, H. 1996: Der Einfluss moderner Verfahrenstechniken auf den Gehalt wichtiger Pflanzenphenole im Apfelsaft. *Flüss. Obst* 63: 256-263
- SUÁREZ-VALLÉS, B., SANTAMARIA-VICTORERO, J., MANGAS-ALONSO J.J. and BLANCO-GOMIS, D. 1994: High-performance liquid chromatography of the neutral phenolic compounds of low molecular weight in apple juice. *J Agric. Food Chem.* 42: 2732-2736
- TREUTTER, D. 1989: Chemical reaction detection of catechins and proanthocyanidins with 4-dimethylaminocinnamaldehyde. *J. Chromatography A* 467: 185-193
- TREUTTER, D., SANTOS-BUELGA, C., GUTMANN, M. and KOLODZIEJ, H. 1994: Identification of flavan-3-ols and procyanidins by HPLC and chemical reaction detection. *J. Chromatography A* 667: 290-297
- VERSARI, A., BIESENBRUCH, S., BARBANTI, D. and FARNELL, P.J. 1997: Adulteration of fruit juices: dihydrochalcones as quality markers for apple juice identification. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 30: 585-589

Manuskript eingelangt am 14. Februar 2001