

# Vergleich gesundheitsrelevanter Inhaltsstoffe in Apfelsäften aus biologischer beziehungsweise konventioneller Produktion

LISA GARNWEIDNER<sup>2</sup>, EMMERICH BERGHOFER<sup>2</sup>, SILVIA WENDELIN<sup>1</sup>, VERONIKA SCHOBER<sup>1</sup> und REINHARD EDER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau  
A-3400 Klosterneuburg, Wiener Straße 74

<sup>2</sup> Universität für Bodenkultur, Department für Lebensmittelwissenschaften und Lebensmitteltechnologie  
A-1019 Wien, Muthgasse 18

*Die Gehalte gesundheitsrelevanter Inhaltsstoffe von insgesamt 106 Apfelsäften, 49 aus biologischer und 57 aus konventioneller Produktion, wurden miteinander verglichen. Biologisch produzierte Apfelsäfte wiesen deutlich höhere Gesamtphenolgehalte nach Folin-Ciocalteu auf als konventionell hergestellte Säfte. Bei biologisch produzierten Apfelsäften lag die antioxidative Kapazität (FRAP-Methode, TEAC-Methode) höher als bei konventionellen Apfelsäften. Hinsichtlich der mit HPLC ermittelten Polyphenole überwog in beiden Apfelsäften der Gehalt an Chlorogensäure, gefolgt von Phloridzin, Epicatechin und Catechin, wobei biologische höhere Werte als konventionelle Apfelsäfte aufwiesen. Weiters wurden bei biologischen Apfelsäften höhere Konzentrationen an Ascorbinsäure als bei konventionellen festgestellt. Die Analyse der Mineralstoffe mittels Atomabsorptionsspektrometrie ergab, dass sich biologisch und konventionell produzierte Apfelsäfte lediglich anhand ihrer Konzentration an Natrium signifikant voneinander unterschieden, wobei biologische Säfte geringere Werte als konventionelle Säfte aufwiesen. Als Ursache für die ermittelten höheren Konzentrationen gesundheitsrelevanter Inhaltsstoffe biologischer Apfelsäfte können die schonenden Anbaumethoden des biologischen Landbaues, besonders der Verzicht auf chemisch-synthetische Düngemittel und Pflanzenschutzmittel, angeführt werden. Einen großen Einfluss auf das Endprodukt üben auch die angewandten technischen Verfahren bei der Herstellung der Säfte aus. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass naturtrübe bzw. direkt gepresste Apfelsäfte höhere Konzentrationen an gesundheitsrelevanten Inhaltsstoffen als klare bzw. aus Konzentrat hergestellte Apfelsäfte beinhalteten.*

**Schlagwörter:** Apfelsaft, sekundäre Pflanzenstoffe, Polyphenole, antioxidative Kapazität, Mineralstoffe, biologischer Landbau

*Comparison of health-relevant contents in apple juices from organical and/or conventional production. This research compared the health potential of 49 organically and 57 conventionally produced apple juices. The main focus was laid on the evaluation of the contents of phenolic compounds as well as the antioxidative capacity. Both products varied in their contents of phenolic compounds determined by the Folin-Ciocalteu reagent. Organically produced apple juices had higher values on average than conventional ones. The antioxidative capacity was determined by two different methods (FRAP-assay, TEAC-method). Organic apple juices showed higher values than conventional ones. Additionally, the contents of single phenolic compounds were analysed by the HPLC-method. The contents of chlorogen acid predominated quantitatively in both apple juices followed by phloridzin, epicatechin and catechin, where organic juices resulted in higher amounts than conventional juices. Furthermore, organically produced apple juices had higher concentrations of ascorbic acid than conventional ones. Analysis of the mineral nutrients by atom-absorption spectrometry only established differences in the concentrations of sodium. Organic apple juices showed lower concentrations of sodium than conventional apple juices. The reason for the higher values of health potential ingredients of organically produced apple juices could be the more gentle cultivation methods of organic agriculture,*

especially because chemical-synthetic manure and pesticides are not used. Furthermore, technical procedures during production can have substantial influence on the juice. Finally, this research led to the assessment that cloudy or directly pressed apple juices contain higher concentrations of health relevant ingredients than clear juices or juices which were made from concentrate.

**Key words:** apple juice, secondary metabolites, polyphenols, minerals, antioxidative capacity, organic agriculture

*Comparaison des composants des jus de pommes de production biologique et traditionnelle, pertinents pour la santé. Les teneurs en composants pertinents pour la santé de 106 jus de pommes au total, dont 49 de production biologique et 57 de production traditionnelle, ont été comparées. Les jus de pommes produits biologiquement ont présenté des teneurs en phénols totaux beaucoup plus élevées selon Folin-Ciocalteu que des jus produits selon des méthodes traditionnelles. La capacité antioxydante (méthode FRAP, méthode TEAC) des jus de pommes produits biologiquement a été plus élevée que celle des jus de pommes de production traditionnelle. En ce qui concerne les polyphénols déterminés par HPLC, la teneur en acide chlorogénique a prédominé dans les deux jus de pommes, suivie par les teneurs en phloridzine, épicatechol et catéchol, les jus biologiques présentant des valeurs plus élevées que les jus de production traditionnelle. En outre, on a constaté des concentrations plus élevées d'acide ascorbique dans les jus de pommes biologiques. L'analyse des substances minérales par spectrométrie d'absorption atomique a eu pour résultat que les jus de pommes de production biologique et traditionnelle ne se distinguent de manière significative que par leur concentration de sodium, les jus biologiques présentant des valeurs inférieures à celles des jus de production traditionnelle. Comme cause des concentrations plus élevées des jus de pommes biologiques en composants pertinents pour la santé, on peut citer les méthodes culturales de l'agriculture biologique, notamment le renoncement aux engrais et aux produits phytosanitaires chimiques et synthétiques. Les procédés techniques utilisés dans la fabrication des jus exercent également une influence importante sur le produit final. En outre, on a constaté que les jus de pommes non filtrés et/ou obtenus par pression directe présentent des concentrations plus élevées de composants pertinents pour la santé que les jus de pommes clairs et/ou produits à partir de concentrés.*

**Mots clés :** Jus de pommes, métabolites secondaires des plantes, polyphénols, capacité antioxydante, substances minérales, agriculture biologique

Der Apfel ist in der gemäßigten Klimazone die wichtigste Rohware für die Fruchtsaftindustrie und eignet sich auf Grund des ausgeglichenen Zucker:Säure-Verhältnisses sehr gut zur Verarbeitung. Die Bedeutung der Fruchtsäfte liegt heutzutage nicht nur in ihrem erfrischenden und aromatischen Geschmack, sondern auch in ihrer ernährungsphysiologischen Wertigkeit. Der Pro-Kopf-Konsum von Apfelsaft in Österreich lag im Jahr 2005 bei 6,4 Litern.

In den letzten Jahren wiesen einige Studien Unterschiede in der Inhaltsstoffzusammensetzung zwischen biologisch und konventionell produzierten Produkten auf (OTREBA et al., 2006; TINTTUNEN und LEHTONEN, 2001). Bio-Obst beinhaltet nicht nur mehr Ascorbinsäure, sondern auch der Anteil an sekundären Pflanzenstoffen sei bei Bio-Obst um 10 bis 50% höher als bei vergleichbaren Lebensmitteln aus konventioneller Landwirtschaft. Bio-Äpfel wiesen in vorhergehenden Untersuchungen um 19% höhere Polyphenolgehalte als Äpfel aus konventionellem Anbau auf. Diese höheren Gehalte beruhen darauf, dass die im konventionellen Landbau erlaubten und verwendeten Pestizide die Entwicklung sekundärer Stoffwechselprodukte,

welche die Pflanzen vor Schädlingen und Krankheiten schützen, unterdrücken. Für den Menschen steckt in diesen sekundären Pflanzenstoffen (SPS) großes gesundheitliches Potenzial. Die nur in Pflanzen synthetisierten Metaboliten können Krebs vorbeugen, das Immunsystem stimulieren sowie den Blutdruck regulieren. Weiters wird ihre bakterienhemmende, antivirale und antioxydative Wirkung positiv postuliert (VELIMIROV und MÜLLER, 2003; HERTOOG et al., 1993).

Polyphenole stellen die größte Gruppe der sekundären Pflanzenstoffe (SPS) bzw. Phytochemicals, dar, die anstatt der Primärprodukte Kohlenhydrate, Ballaststoffe, Fette und Proteine ausschließlich im Sekundärstoffwechsel der Pflanzen gebildet werden. Von den in der Natur vorkommenden 30.000 bekannten sekundären Pflanzenstoffen sind ungefähr 5.000 bis 10.000 in der menschlichen Ernährung enthalten. Mit einer gemischten Kost werden täglich rund 1,5 Gramm aufgenommen (HAHN, 2005). In der Natur kommen mindestens 8000 unterschiedliche phenolische Vertreter (ca. 3000 Flavonoide und ca. 5000 Nicht-Flavonoide) vor. Phenole bestehen aus einem aromatischen Ringsystem, an das direkt

zumindest eine Hydroxyverbindung gebunden ist. Die einzelnen Substanzklassen unterscheiden sich durch die Zahl und Verteilung der Hydroxygruppen, die sowohl methyliert als auch glykosyliert vorliegen können. Weiters unterscheidet man zwischen monomeren Phenolen und polymeren Phenolen (HERMANN, 1992; EDER, 1998). Unter dem Begriff Polyphenole werden Verbindungen mit mindestens zwei phenolischen Hydroxygruppen im Mol zusammengefasst. Unter Berücksichtigung ihrer chemischen Struktur lassen sich Phenole grob in Flavonoide, Phenolcarbonsäuren und Stilbene einteilen (POURNIKARDJAM, 2002). Im frischen Apfel machen die polyphenolischen Inhaltsstoffe ca. 0,01 bis 1,0 % des Frischgewichtes aus. Polyphenole im Apfel können in folgende sechs Gruppen unterteilt werden: Phenolsäuren (Chlorogensäure), Dihydrochalcone (Phloridzin), Catechine ((-)-Epicatechin, (+)-Catechin), Procyanidine (Procyanidin Dimer B2), Anthocyanidine (Cyanidin-3-galactosid), Flavonolglykoside (Isoquercitin, Hyperosid, Avicularin) (RECHNER et al., 1999). Der Gesamtphenolgehalt ist abhängig von der Apfelsorte und variiert zum Teil um Größenordnungen. Mostäpfel haben einen bis zu zehnmal höheren Polyphenolgehalt als Tafeläpfel. Weiters variiert der Gehalt einzelner Polyphenole innerhalb der Kompartimente des Apfels (Schale, Fruchtfleisch, Kerngehäuse). Hydroxyzimtsäurederivate befinden sich vor allem in Kerngehäuse und Fruchtfleisch, Flavonole und Anthocyane in der Schale und Chalcone hauptsächlich im Kerngehäuse (RECHNER, 2000). Da Anthocyanidine und Flavonolglykoside nur in der Schale der Äpfel vorkommen, werden sie gewöhnlich nicht in den Saft extrahiert und verbleiben im Trester (ASHURST, 1995). Die Chlorogensäure dahingegen kommt sowohl im Trester als auch im fertigen Saft vor (VAN DER SLUIS et al., 2001). Das Polyphenolmuster und der Polyphenolgehalt vom Apfel verändern sich bei der Verarbeitung zu Apfelsaft. In den letzten Jahren konnte auch ein enger Zusammenhang zwischen Kultivierungsmethoden, Qualität der Rohware, industrieller Verarbeitung, Lagerung und dem Polyphenolgehalt im Apfelsaft festgestellt werden. Die antioxidative Kapazität im Apfelsaft setzt sich zum Teil aus dem Gesamtpolyphenolgehalt und dem Gehalt an Ascorbinsäure zusammen. Aber von rund der Hälfte der antioxidativen Kapazität im frischen Apfelpresssaft ist die stoffliche Herkunft noch nicht exakt bekannt (RECHNER, 2000).

## Material und Methoden

Insgesamt wurden 106 österreichische Apfelsäfte aus konventioneller und biologischer Produktion für die Untersuchungen verwendet. Mit Hilfe der Produzentenvereinigung „BIO AUSTRIA“ standen 49 Apfelsäfte aus biologischem Anbau für die chemische Untersuchung zur Verfügung. 57 Apfelsäfte stammten aus konventioneller Herstellung.

Bei 65 der Apfelsäfte, wovon 39 aus biologischem Anbau waren, handelt es sich um naturtrübe Produkte. 18 konventionelle Säfte wurden aus Apfelsaftkonzentrat hergestellt, der Rest wurde direkt gepresst. Reinsortige Apfelsäfte standen nur wenige zur Verfügung, der Hauptanteil entstammt aus gemischtem Streuobstbau. Bei vielen Apfelsäften blieben nähere Angaben, wie z.B. zu verwendeten Apfelsorten und Herstellungsverfahren, unbekannt.

Die Analysen erfolgten innerhalb von drei Monaten nach Zurverfügungstellung der Säfte.

### Chemikalien

Testset zur Bestimmung des Gesamt-Antioxidantien-Status (Randox Laboratories Ltd., Crumlin, UK)  
 Natriumacetat Trihydrate (z.B. Riedel-de Haën, Nr. 8527291)  
 Eisessigsäure z.B. Riedel-de Haën, Nr.232645  
 2,4,6-Tripyridyl-s-Triazine (z.B. Fluka, Nr.93285)  
 FeCl<sub>3</sub>x6H<sub>2</sub>O (z.B. Merck, Nr.961443)  
 FeSO<sub>4</sub>x7H<sub>2</sub>O (z.B. Merck, Nr.160165)  
 Methanol (z.B. Riedel-de Haën, Nr. 34860)  
 Salzsäure (z.B. Riedel-de Haën, Nr. 34721)  
 Folin-Ciocalteu-Reagenz (z.B. Merck 109001)  
 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (z.B. Riedel-de Haën, Nr. 31432)  
 Trans-3,4-Dihydroxyzimtsäure (z.B. Sigma, C-0625)

### Geräte

HPLC-System (z.B. Waters Hochdruckpumpen 510; automatischer Probengeber WISP 712, Mehrwellenlängendetektor Water 490 E)  
 Umkehrphasen-Trennsäule (z.B. Lichrospher RP18, 250 x 4 mm, 5 µm mit Vorsäule 4 x 4 mm)  
 Absaugvorrichtung für Festphasenextraktionsröhrchen (Mallinckrodt Baker, Inc., Phillipsburg, NJ)  
 UV-VIS-Spektralphotometer Typ CINTRA 10e (Maassen GmbH, D-72768 Reutlingen)  
 Flüssigkeitsfarbmessgerät Typ Lico 200 (Dr. Bruno Lange GmbH, D-40549 Düsseldorf)  
 Atomabsorptionsspektralphotometer Philips PU 9400

Autotitrator 719 S Titrino mit pH-Elektrode (Metrohm, D-70794 Filderstadt)  
Abbè-Refraktometer mit Thermostatwasserbad (Carl Zeiss, Jena)  
Reflektometer, Typ RQflex 2 (Merck)  
pH-Meter, Typ CG-811 (Schott, Mainz)

### Durchführung der Analysen

**Bestimmung der antioxidativen Kapazität.** Die antioxidative Kapazität wurde anhand zweier Methoden beurteilt. Die TEAC-Methode (Trolox equivalent antioxidant capacity) beruht auf der Reaktion von 2,2'-Azinobis-(3-Ethylbenzthiazolin-6-Sulfonsäure, ABTS) mit Metmyoglobin (Peroxidase) und  $H_2O_2$  zum grün gefärbten Radikalkation ABTS, das bei 600 nm photometrisch gemessen wird. Die Extinktion der Lösung wird exakt drei Minuten nach der Zugabe von Wasserstoffperoxid gemessen. Die Verzögerung der Farbstoffbildung wird als Maß für die antioxidative Kapazität der Probe angesehen und auf den Standard bezogen (RICE-EVANS et al., 1996).

Die FRAP-Methode (Ferric reducing antioxidant power) basiert darauf, dass Antioxidantien fähig sind, dreiwertiges Eisen ( $Fe^{3+}$ ) durch Elektronentransfer zu zweiwertigem Eisen ( $Fe^{2+}$ ) zu reduzieren. In der Anwesenheit von 2,4,6-Tripyridyl-s-Triazine (TPTZ) wird ein blau gefärbter  $Fe^{2+}$ -TPTZ-Komplex gebildet, dessen Absorptionsmaximum bei 595 nm liegt. Die Reaktion ist pH-abhängig mit einem Optimum bei pH 3,6. Da es sich um eine unspezifische Reaktion handelt, führt jede Halbreaktion, deren Redoxpotential geringer ist als das der  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ -Reduktion, zu einer Reduktion. Die veränderte Absorption korreliert direkt mit der reduzierenden Kraft des Elektronen donierenden Antioxidans in der Probe (BENZIE und STRAIN, 1999).

**Bestimmung des Gesamtphenolgehaltes.** Bei der Bestimmung der Gesamtphenole mittels Folin-Ciocalteu-Reagenz handelt es sich um ein Oxidationsgemisch aus Phosphorwolframsäure und Phosphormolybdensäure, das proportional zu den Hydroxyl-Gruppen phenolischer Substanzen im alkalischen Milieu blaue Komplexe bildet. Die entstehende Färbung wird bei 766 nm gemessen. Um andere, leicht oxidierbare Substanzen, wie  $SO_2$  und Zucker, zu entfernen, ist eine Vorreinigung der Proben mittels  $C_{18}$ -Festphasenextraktion nötig. Die  $C_{18}$ -Festphasenextraktionsröhrchen wurden zuerst mit 5,0 ml Methanol und 7,0 ml 0,01N Salzsäure (1N HCl mit entionisiertem Wasser 1:100 verdünnt) gespült. 0,4 ml Apfelsaft wurden mit 3,6 ml 0,1N HCl versetzt (1:10 Verdünnung) und auf das Fest-

phasenextraktionsröhrchen aufgebracht. Danach wurden 4,0 ml 0,01N HCl aufgetragen und danach die Röhrchen mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe trocken gesaugt. Nach Wechseln der Probenauffanggefäße erfolgt die Elution der phenolischen Verbindungen mit zweimal 1,0 ml Methanol. Die Röhrchen wurden wiederum trocken gesaugt. Mit dem erhaltenen Eluat erfolgte schließlich die Gesamtphenolbestimmung: Hierfür wurde nach kräftigem Schütteln des Eluates 1,0 ml entnommen und in eine Epruvette pipettiert, für den Blindwert wurde 1,0 ml destilliertes Wasser verwendet. Anschließend erfolgte die Zugabe von 7,0 ml destilliertem Wasser und 0,5 ml Folin-Ciocalteu-Reagenz, worauf 30 Sekunden lang am Reagenzglasschüttler gemischt wird. Die Beendigung der Reaktion geschah durch Zugabe von 1,5 ml Natriumcarbonat-Lösung und kurzes Schütteln. Nach zwei Stunden Standzeit wurden die Extinktion der Proben bei 766 nm mit einem UV-VIS-Spektrometer gemessen. Die Quantifizierung erfolgte anhand einer Kalibrationskurve mit Kaffeesäure, wobei Standards mit einer Konzentration von 10, 30, 50, 70, 90, 100, 150, 200 und 250 mg/l zur Anwendung kamen.

**Qualitative und quantitative Bestimmung einzelner Polyphenole mittels HPLC-Methode.** Mittels einer RP-HPLC wurden einzelne in den Apfelsäften enthaltene Polyphenole qualitativ und quantitativ bestimmt (VRHOVSEK et al., 1997). Zu den untersuchten Verbindungen zählten Catechin, Kaffeesäure, Chlorogensäure, Epicatechin, p-Cumarsäure, Phloridzin, Hyperin, Isoquercitrin, Rutin, Avicularin sowie Quercitrin. Ebenso wurden die Konzentrationen an HMF analysiert.

10  $\mu$ l Probe wurden direkt auf zwei in Serie geschaltete Narrow Bore-Säulen (Länge: 200 + 100 mm; Durchmesser: 2,1 mm; HP ODS Hypersil RP, 5  $\mu$ m) eingespritzt. Die Säulenofentemperatur lag bei 40 °C. Die mobile Phase bestand aus Laufmittel A, 0,5 %iger Ameisensäure (pH = 2,3) sowie Laufmittel B, Methanol. Die Flussrate betrug 0,2 ml/min und die Detektion erfolgte bei 280 nm (Polyphenole allgemein) und 320 nm (Hydroxymethylsäurederivate).

**Bestimmung der Mineralstoffe mittels Atomabsorptionsspektrophotometrie.** Zur Bestimmung der Mineralstoffe Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium wurde die verdünnte Probe (1,0 ml Apfelsaft mit 9,0 ml 0,5 N HCl + 200  $\mu$ l Lanthanoxid-Cäsiumchloridlösung) mit dem Probengeber in die Zerstäuberkammer des Atomabsorptionsspektrometers gesaugt. Das dort gebildete Aerosol wurde in einer Luft/Acetylen-

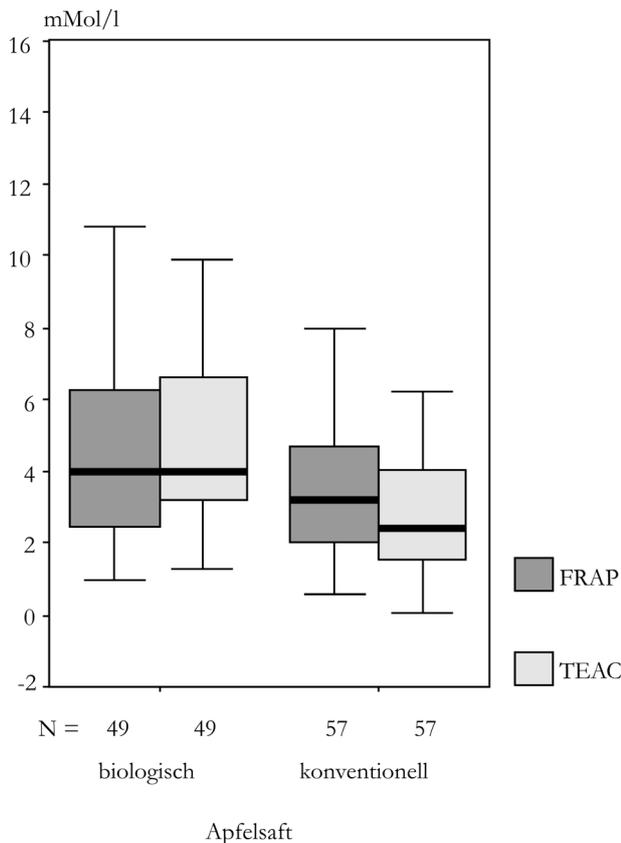


Abb. 1: Antioxidative Kapazität in Apfelsäften aus konventioneller beziehungsweise biologischer Produktion

Flamme atomisiert und die Extinktion gemessen (BARNIA und GRILL; 1980).

Darüber hinaus wurden Farbwerte, pH-Wert und die Gehalte an Trockensubstanz, titrierbaren Säuren, Glucose, Fructose und Saccharose ermittelt. Auf Grund der geringen Relevanz zur Problemstellung werden die Ergebnisse der letztgenannten Analysen nicht dargestellt.

## Ergebnisse und Diskussion

### Antioxidative Kapazität

Beide Methoden (FRAP, TEAC) stellten sich als geeignet für die Beurteilung der antioxidativen Kapazität (AOK) von Apfelsäften heraus. Mit der TEAC-Methode wurden höhere Werte als bei der FRAP-Methode ermittelt, was auf den unterschiedlichen Versuchs-kriterien basiert. Die TEAC-Methode beruht auf der Neutralisation eines Radikalkations, wohingegen die FRAP-Methode die antioxidative Kapazität von Sub-

stanzen, die dreiwertiges Eisen zu zweiwertigem Eisen reduzieren, erfasst (STRATIL et al., 2006). Den Unterschied zwischen den Methoden bestätigte ebenfalls der berechnete Korrelationskoeffizient nach Pearson, der in einer mittleren Korrelation von 0,550 und einer Signifikanz von  $p < 0,01$  resultierte.

Beide Methoden wiesen auf einen signifikanten Unterschied (FRAP-Test: U-Test  $p = 0,017$ ; Kolmogorov-Smirnov-Test  $p = 0,063$ ; TEAC-Methode: U-Test  $p = 0,000$ ; Kolmogorov-Smirnov-Test  $p = 0,000$ ) zwischen biologisch und konventionell erzeugten Apfelsäften hin. Säfte aus biologisch produzierten Äpfeln hatten eine mittlere antioxidative Kapazität von 4,7 mMol/l (FRAP) bzw. 5,0 mMol/l (TEAC). Im Vergleich dazu ergaben die Analysen konventioneller Apfelsäfte durchschnittlich 3,5 mMol/l (FRAP) sowie 2,9 mMol/l (TEAC) (Abb. 1).

Klare und trübe Säfte ließen sich ebenfalls anhand ihrer antioxidativen Kapazität signifikant voneinander unterscheiden. Der Mittelwert lag bei klaren Säften bei 3,0 mMol/l und bei trüben Säften bei 4,0 mMol/l, was vermutlich daran lag, dass ein Großteil der phenolischen Substanzen im Trester verblieb.

Die antioxidative Kapazität (AOK) direkt gepresster Apfelsäfte überwog im Vergleich zu der aus Konzentrat hergestellten Säften. So entsprach die AOK direkt gepresster Säfte durchschnittlich 4 mMol/l, wohingegen Apfelsäfte aus Konzentrat lediglich 2 mMol/l aufwiesen.

### Polyphenole und HMF

Es stellte sich heraus, dass Apfelsäfte aus biologischer Produktion mit durchschnittlich 331,3 mg/l deutlich höhere Gesamtphenolgehalte aufwiesen als konventionell hergestellte Säfte (200,0 mg/l) (Abb. 2).

Als Ursache dafür können einerseits die Anbaumethoden des biologischen Landbaus, bei dem die Pflanzen auf Grund fehlender Pflanzenschutzmaßnahmen mehr sekundäre Pflanzenstoffe zur Abwehr bilden, und andererseits die geringeren technologischen Herstellungsprozesse, wie Schönung, erwähnt werden.

Korreliert man die AOK mit dem Gesamtphenolgehalt biologischer Säfte, ergab sich bei beiden Methoden eine geringe Korrelation (FRAP,  $r = 0,325$ ; TEAC,  $r = 0,305$ ), was darauf schließen lässt, dass noch weitere Faktoren Einfluss auf die AOK von Apfelsaft ausüben. Bei den konventionellen Säften kann man zwischen Gesamtphenolgehalt und ermittelten FRAP-Werten von einer mittleren Korrelation ( $r = 0,532$ ) sprechen, die auf einem Niveau von  $p < 0,05$  signifikant war. Der



liegt bei den 17 Säften aus Konzentrat durchschnittlich bei 9 mg/l HMF, was deutlich über den 2 mg/l HMF direkt gepresster Apfelsäfte liegt. Dieses Ergebnis ist auf die Erhitzung während der Konzentrierung zurückzuführen.

### Mineralstoffe

Bei der Gegenüberstellung von Apfelsäften aus biologischer beziehungsweise konventioneller Produktion stellte sich heraus, dass sich die Säfte nur anhand ihres Natriumgehaltes signifikant voneinander unterscheiden (Abb. 4).

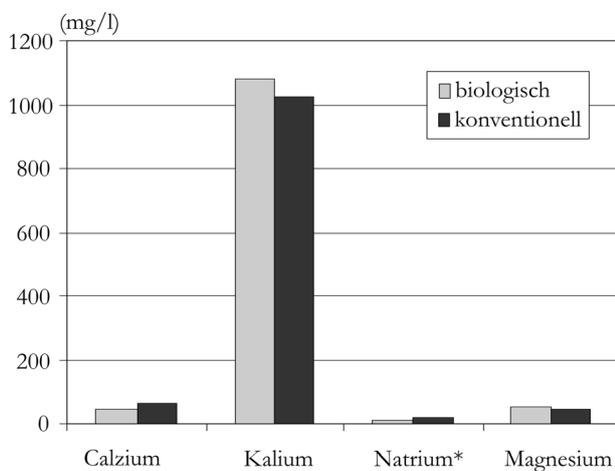


Abb. 4.: Gehalt an Makro-Mineralstoffen in Apfelsäften aus konventioneller beziehungsweise biologischer Produktion (\* signifikanter Unterschied,  $p < 0,05$ )

Laut dem Code of Practice (A.I.J.N., 1996) soll die Natriumkonzentration in Apfelsaft 30 mg/l nicht überschreiten, was im Laufe dieser Arbeit nur vereinzelt bei konventionellen Säften gemessen wurde. Kalium stellte den mengenmäßig bedeutendsten Mineralstoff dar, in beiden Apfelsaftgruppen erhielt man Durchschnittsgehalte von etwas über 1000 mg/l Kalium. Der Mittelwert von Magnesium biologischer Apfelsäfte lag bei 48,1 mg/l und der von konventionellen bei 47,2 mg/l. In geringeren Mengen kommt ebenso Calcium, mit 24,0 bis 185,0 mg/l im Apfelsaft vor.

Eindeutiger war der Unterschied beim Vergleich klarer und trüber Apfelsäfte, welche in ihrem Gehalt an Calcium, Natrium und Magnesium signifikant voneinander abwichen. Klare Säfte (Mittelwert: 79 mg/l Ca) enthielten durchschnittlich beinahe doppelt so viel Calcium wie trübe Säfte (Mittelwert: 42 mg/l Ca). Ebenso resultierten die Analysen bei klaren Säften mit durchschnitt-

lich 53 mg/l Magnesium in einer höheren Konzentration als bei trüben Säften (Mittelwert: 44 mg/l Mg). Klare Säfte (Mittelwert: 20 mg/l Na) enthielten jedoch fast doppelt so viel Natrium wie trübe Säfte (Mittelwert: 11 mg/l Na). Die Apfelsäfte wichen hinsichtlich ihres Gehalts an Kalium nicht voneinander ab.

Ähnliche Ergebnisse erzielte der Vergleich direkt gepresster mit aus Konzentrat hergestellten Apfelsäften. Letztere überwogen deutlich in ihrem Gehalt an Calcium (Mittelwert: 106 mg/l Ca) und Natrium (Mittelwert: 28 mg/l Na), wohingegen direkt gepresste Apfelsäfte durchschnittlich nur 44 mg/l Calcium und 14 mg/l Natrium enthielten. Geringer war der Unterschied an Magnesium, und kein signifikanter Unterschied ergab sich bei der Konzentration an Kalium. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das Wasser, welches zur Rückverdünnung der Konzentrate eingesetzt wird, einen großen Einfluss auf die Mineralstoffgehalte der Apfelsäfte, insbesondere von Natrium, Magnesium und Calcium, ausübt.

### Literatur

- A.I.J.N. (1996): Code of Practice zur Beurteilung von Frucht- und Gemüsesäften (Stand: November 1996), hrsgg. von Association of the Industry of Juices and Nectars from Fruits and Vegetables of the European Economic Community. - Brüssel, 1996
- ASHURST, P.R. (1995): Production and packaging of non-carbonated fruit juices and fruit beverages. - New York: Aspen Publ., 1995
- BARNA, J. und GRILL, F. 1980. Die Bestimmung des Aschegehaltes von Weinen und Fruchtsäften aus deren Kalium-, Magnesium-, Natrium-, Calcium- und Phosphatgehalten. Mitt. Klosterneuburg 30: 247-249
- BENZIE, I. F. F. and STRAIN, J. J. 1999. Ferric reducing/antioxidative power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. Methods in Enzymology 299: 15-27
- EDER, R. (1998): Phenole in Früchten, Saft und Weinen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. International Symposium Fruit and Wine, 20-24. - Portoroz (Slowenien), 1998
- HAHN, A. (2005): Ernährung : physiologische Grundlagen, Prävention, Therapie. - Stuttgart: Wiss. Verlagsges., 2005
- HERTOG, M.G., FESKENS, E. J., HOLLMANN, P.C., KATAN, M.B. and KROMHOUT, D. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease. The Zutphen elderly study. Lancet 342: 1007-1001
- JANZOWSKI, C., GLAAB, V., SAMIMI, E., SCHLATTER, J. and EISENBRAND, G. 2000: 5-Hydroxymethylfurfural : assessment of mutagenicity, DNA-damaging potential and reactivity towards cellular glutathione. Food Chem. Toxicol. 38: 801-809
- TINTTUNEN, S. and LEHTONEN, P. 2001. Distinguishing organic wines from normal wines on the basis of concentrations

- of phenolic compounds and spectral data. *Eur. Food Res. Technol.* 212: 390-394
- OTREBA, J.B., BERGHOFER, E., WENDELIN, S. und EDER, R. 2006. Polyphenole und antioxidative Kapazität in österreichischen Weinen aus konventioneller und biologischer Traubenproduktion. *Mitt. Klosterneuburg* 56: 22-32.
- POUR NIKFARDJAM, M.S. (2002): Polyphenole in Weißweinen und Traubensäften und ihre Veränderung im Verlauf der Herstellung. (Diss. Justus-Liebig-Univ. Giessen). - Marburg: Tactum, 2002
- RECHNER, A. (2000): Einfluss der Verarbeitungstechnik auf die Polyphenole und antioxidative Kapazität von Apfel- und Beerenobstsäften. - Diss. Justus-Liebig-Universität Gießen, 2000
- RECHNER, A., DIETRICH, H. und PATZ, C.C. 1999: Antioxidative Wirkung von naturtrüben Apfelsäften : Einfluss der Apfelsorte und des Polyphenolgehaltes. *Flüss. Obst* (5): 227-230
- RICE-EVANS, C., MILLER, N. J. and PAGANDA, G. 1996: Structure-antioxidant activity relationship of flavonoids and phenolic acids. *Free Rad. Biol. Med.* 20: 933-956
- SPANOS, G.A. and WROLSTAD, R.E. 1992: Phenolics of apple, pear and white grape juices and their changes with processing and storage : a review. *J. Agric. Food Chem.* 40(9): 1478-1487
- STRATIL, P., KLEJDUS, B. and KUBÁN, V. 2006: Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant acidity in vegetables : evaluation of spectrophotometric methods. *J. Agric. Food Chem.* 54: 607-616
- VAN DER SLUIS, A.A., DEKKER, M., DE JAGER, A. and JONGEN, W.M. 2001: Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple. *J. Agric. Food Chem.* 49: 3606-13
- VELIMIROV, A. und MÜLLER, W. (2003): Ist Bio wirklich besser? Fakten zur Qualität biologisch erzeugter Lebensmittel. - Linz: Bio Ernte Austria, 2003
- VRHOVSEK, U., WENDELIN, S. und EDER, R. 1997. Quantitative Bestimmung von Hydroxyzimtsäuren und Hydroxyzimtsäurederivaten (Hydroxycinnamaten) in Weißwein mittels HPLC. *Mitteilungen Klosterneuburg* 47: 164-172
- WATZL, B. und RECHKEMMER, G. 2001: Phenolsäuren. *Ernährungs-Umschau* 48(10): 413-416

Manuskript eingelangt am 18. Jänner 2007