

Systemvergleichsversuch: Integrierte und biologische Apfelproduktion

Teil IV: Innere Qualität: Gehalt an antioxidativen Stoffen (Pflanzenphenole)

In einer Apfel-Versuchsanlage an der Agroscope FAW Wädenswil wurden die Produktionssysteme «integriert» und «biologisch» möglichst umfassend verglichen. Nach dem ersten bis dritten Teil mit den Ergebnissen in den Bereichen Pflanzenschutz (Zürcher et al. 2003), Baumwuchs, Ertrag (Widmer et al. 2004), äussere und innere Qualität (Weibel und Widmer 2004) stellen wir in diesem letzten Teil die Resultate zu den Gehalten an Polyphenolen im Fruchtfleisch dar.

FRANCO WEIBEL, FORSCHUNGSINSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN
LANDBAU, FRICK
ALBERT WIDMER, AGROSCOPE FAW WÄDENSWIL
DIETER TREUTER, TU MÜNCHEN, FREISING
franco.weibel@fibl.ch

Die Versuchsanlage wurde im Herbst 1995 mit den Sorten Resi, Idared, Boskoop und Glockenapfel auf der Unterlage M9 vt gepflanzt. In den IP- und Bio-Parzellen betrug die Pflanzdistanz einheitlich 3.4 mal 1.40 m. Pro Sorte und Verfahren (IP, Bio) wurden 144 Bäume in drei Wiederholungsblöcken gepflanzt, mit je zwei Pufferreihen zwischen den Blöcken (Vermeidung von Randeffekten und Abdrift von Pflanzenschutzmitteln).

Wie im ersten Teil (Zürcher et al. 2003) beschrieben, zeigten die Bäume in Folge zeitweiliger Staunässe und Mäuseschäden unter der Folie und in einer zweiten Phase in den Bio-Parzellen durch Wurzelschäden als Folge des Hackens ein generell zu schwaches Wachstum oder sie starben teilweise ab. Für die Auswertung (Wachstum, Ertrag, Qualität) wurden deshalb nur Bäume berücksichtigt, die bis zur Ernte 2002 ohne offensichtliche Schäden überlebten.

Was sind Pflanzenphenole?

«Pflanzenphenole» ist ein Sammelbegriff für eine mehrere Tausend Verbindungen umfassende Gruppen von Pflanzeninhaltsstoffen, so genannten sekundären Pflanzeninhaltsstoffen. Sie waren vor vierzig Jahren noch weitgehend unbekannt. Man sprach von «Obstgerbstoffen». Heute weiss man, dass Polyphenole von der Pflanze vermehrt gebildet werden, wenn sie sich selber vor Krankheitserregern, Schädlingen oder klimatischem Stress (UV-Strahlung) schützen muss, und dass zum Beispiel eine starke Stickstoffdüngung die Polyphenolbildung hemmt. In der Ernährungslehre gelten Polyphenole auch für den Menschen als Schutzstoffe, da sie dank der asymmetrischen elektrischen Ladung ihrer Moleküle so genannte freie Radikale binden und unschädlich machen können (starke antioxidative Wirkung). Freie

Radikale entstehen natürlicherweise im Energiestoffwechsel, können aber auch von aussen kommen (exogener oxidativer Stress durch Chlorwasserstoffe, Herbizide, Asbest, ionisierende Strahlung, Stress etc.). Freie Radikale sind hoch reaktiv und können deshalb die Zellmembranen, die Zellorganellen oder sogar die DNA schädigen. Eine Reihe von akuten und chronischen Erkrankungen sowie der Alterungsprozess werden heute mit den freien Radikalen in Zusammenhang gebracht (Watzl and Leitzmann 1995): Arteriosklerose, Tumorbildung, Störungen des Immunsystems, Gewebsentzündungen, grauer Star (Katarakt).

Äpfel sowie andere Obst- und Beerenarten sind wichtige Pflanzenphenollieferanten in der Humanernährung, da sie relativ hohe Gehalte aufweisen und auch in relevanten Mengen gegessen werden können – insbesondere auch von Kindern (dies im Gegensatz zu Rotwein, Zwiebeln und Grüntee, die ebenfalls gehaltreich sind). Äpfel enthalten im Wesentlichen Chlorogensäure, Catechine, Procyanidine, Dihydrochalcone und Flavonolglykoside. (Details siehe: Herrmann 2001, Herrmann 1999 und Stoll 1997).

Phenolanalysen

In den Jahren 2000 bis 2002 wurden vor der Ernte vier Bäume pro Sorte, Block (1 bis 3) und Verfahren (IP, Bio) mit einem mittleren, repräsentativen Behang ausgelesen und für Fruchtmessungen separat gelagert: im Jahr 2000 nur Idared (die übrigen Sorten trugen zu unregelmässig), 2001 Glockenapfel, Resi und Idared (Boskoop war in starker Alternanz) und 2002 alle vier Sorten. Für die Pflanzenphenolanalyse haben wir aus diesen Früchten jeweils im Dezember bis Januar zwanzig Früchte pro Parzelle, also sechzig Früchte pro Sorte und Verfahren, zufällig herausgezogen. Gesunde Früchte wurden bei rascher Arbeitsweise – um jegliche Oxidation des Fruchtfleischs zu minimieren – mit einem Apfelteiler axial in zehn Stücke ohne Kernhaus geteilt. Drei Segmente wurden mit einem scharfen Messer knapp unter der Haut ge-

schält und im gleichen Handgriff in flüssigen Stickstoff überführt und in einen Kühlraum von -20 °C transportiert (siehe Abb. 1 und 2). Dort wurden die Apfelsegmente aus dem Flüssigstickstoff genommen und erst mit einer Knochenmühle grob, dann mit einer Analysemühle fein gemahlen. Dieses Mahlgut wurde unter Vermeidung jeglichen Auftauens gefriergetrocknet. Das trockene Pulver haben wir nach Vorschrift des Labors an der TU München in Methanol extrahiert und die Extrakte nach München in das auf Obst-Phenolanalytik spezialisierte Labor von Prof. Treutter geschickt. Dort wurden die Pflanzenphenolgehalte mittels Flüssiggaschromatographie ermittelt (De Pascual-Teresa et al. 1998). Untersucht wurden insgesamt dreissig verschiedene Stoffe. Diese wurden wiederum zusammengefasst zu vier Hauptgruppen von Pflanzenphenolen: Flavanole (14 Stoffe, oligomere und monomere Flavane), Hydroxy-Zimtsäuren (9 Stoffe, Chlorogensäure als quantitativ wichtigster), Phloretinderivate (2 Stoffe) und Quercetin-Glykoside (5 Stoffe).

Die statistische Prüfung auf Verfahrensunterschiede erfolgte mit einem Streuungserlegungsmodell (ANOVA), das die Einflüsse der Anbaumethode, der Blöcke, der Sorten sowie die diversen Interaktionen mit einbezog.

Geringe Unterschiede stressbedingt?

In der Tabelle sind die Resultate der gefundenen Pflanzenphenole wiedergegeben. In allen Untersuchungsjahren waren die Flavanole und Hydroxy-Zimtsäuren die mengenbestimmenden Gruppen. Bei den Anteilen der Phloretin-Glykoside und Quercetin-Glykoside am Gesamtgehalt traten von Jahr zu Jahr beträchtliche Schwankungen auf, die wir aufgrund der noch geringen Erfahrungen, die zu den ursächlichen Faktoren der Pflanzenphenolbildung bekannt sind, noch nicht erklären können. In allen Untersuchungsjahren waren die Blockeffekte sowie die Interaktionen Block × Verfahren, Block × Sorte oder

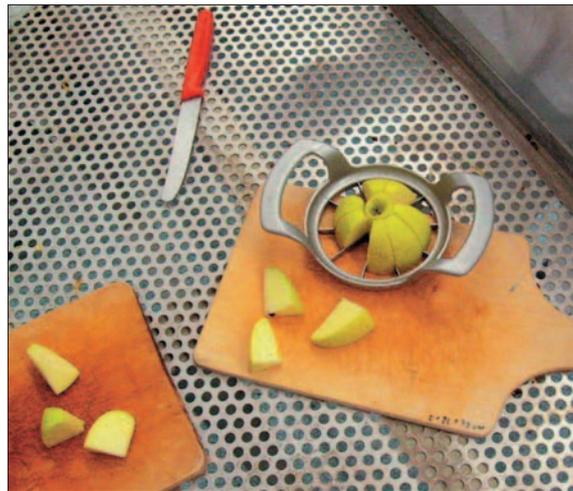


Abb. 1: Die Äpfel zur Inhaltsbestimmung von Pflanzenphenolen werden parzellenweise «blind» ausgewählt, mit dem Apfelterner geteilt, geschält und ... (Fotos: Franco Weibel)



Abb. 2: ... unverzüglich in flüssigem Stickstoff schockgefroren und so im Kühlraum zu Pulver vermahlen, denn es gilt bis zur Extraktion jegliche Oxidationen des Probematerials zu vermeiden.

Erntejahr	Sorten	Anbaumethode	Flavanole	Hydroxy-Zimtsäuren	Phloretin-Glykoside	Quercetin-Glykoside	Total Polyphenole	Bemerkungen
2000	Idared	Bio	1.38	1.59	1.89	0.28	3.72	Keine signifikanten Blockeffekte.
		IP	1.37	1.45	1.70	0.31	3.52	
2001	Idared	Bio	0.95	1.85	0.30	0.040	3.10	Sortenunterschiede nur tendenzweise; keine Blockeffekte oder Interaktionen.
	Resi	IP	1.57	1.68	0.18	0.037	3.53	
	Glockenapfel							
2002	Idared	Bio	2.24	3.77	0.54	0.12	6.67	Sortenunterschiede signifikant; (Totalgehalte): Boskoop 8.77; Resi 6.75; Idared 5.95; Glockenapfel 5.19; keine Blockeffekte oder Interaktionen.
	Resi	IP	2.26	3.78	0.49	0.12	6.65	
	Boskoop							
	Glockenapfel							

Relativ geringe Einflüsse der Anbaumethode IP beziehungsweise Bio auf die Gehalte an Pflanzenphenolen im Fruchtfleisch (ohne Kernhaus, ohne Schale; in mg/g Trockensubstanz) in drei Erntejahren (Mittelwerte über alle Sorten und Blöcke; in Fettschrift signifikante Unterschiede bei Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 5%).

Sorte × Verfahren nicht signifikant. Dies spricht für eine gewisse «Robustheit» dieser Daten gegenüber der vorhandenen und in Teil 1 besprochenen örtlichen Variabilität des Versuchsfelds.

Bei den im Jahr 2000 geernteten Früchten der Sorte Idared waren weder in den Einzelkomponenten noch beim Totalgehalt statistisch sicherbare Unterschiede aufgetreten. Im Jahr 2001 ergab sich ein signifikanter Unterschied bei den Flavanolen: Die IP-angebauten Idared, Resi und Glockenäpfel (Boskoop wurde wegen starker Alternanz nicht mit in diese Untersuchung einbezogen) wiesen im Mittel 1.57 mg/g Trockensubstanz Flavanole auf gegenüber 0.95 mg bei den Bio-Früchten. Weil die Bio-Früchte mit 1.85 mg gegenüber 1.68 mg mehr Hydroxy-Zimtsäuren enthielten, war der Totalgehalt jedoch nicht signifikant unterschiedlich und wies 3.39 mg bei IP und 3.01 mg bei Bio-Früchten auf. Im dritten Untersuchungsjahr konnten erstmals alle Sorten untersucht werden. Die Einzel- und Gesamtgehalte mit 6.6 mg lagen deutlich höher als in den Vorjahren, jedoch wiederum ohne statistisch sicherbare Anbaueffekte. Erst-

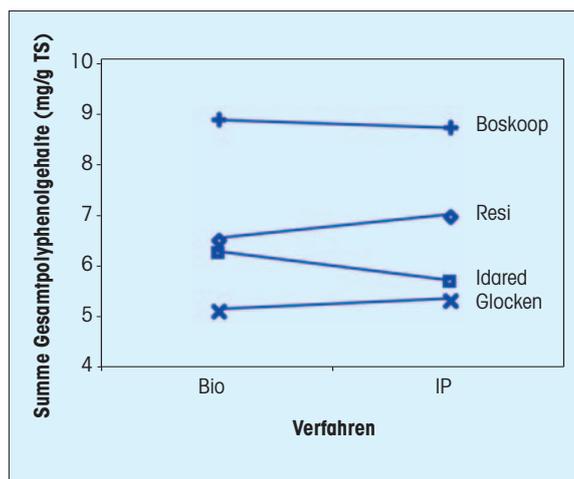


Abb. 3: Gesamt-Polyphenolgehalte der einzelnen Sorten im Jahr 2002 in mg pro g Trockensubstanz (TS). Der Sortenunterschied ist signifikant, nicht aber der Verfahrenseinfluss.

mals waren hier aber die Sorteneffekte deutlich trennbar: Die höchsten Gehalte zeigte Boskoop mit im Mittel 8.77 mg, gefolgt von Resi mit 6.75 mg, Idared mit 5.95 mg und schliesslich Glockenapfel mit 5.19 mg. Tendenziell (Irrtumswahrscheinlichkeit 10%) verhielten sich die Sorten je nach Anbausystem etwas unterschiedlich (Abb. 3), wobei dem nicht allzu grosse Bedeutung zugemessen werden kann.

Die gezeigten Resultate bestätigen die Tendenz nicht, die Weibel et al. (2004) in einer dreijährigen IP-Bio-Vergleichsstudie mit Früchten von benachbarten Paarvergleichsbetrieben festgestellt wurde. In dieser Studie konnte eine deutliche Tendenz mit bis zu 19% höheren Pflanzenphenolgehalten in biologisch angebauten Golden Delicious nachgewiesen werden. Über die Ursachen dafür, dass die dort gefundene Tendenz im vorliegenden Exaktversuch nicht be-

stätigt werden konnte, kann nur spekuliert werden. Sicher ist, dass – wie in Teil II (Widmer et al. 2004) und III (Weibel et al. 2004) beschrieben – die Bio-Bäume unter dem ab 2000 einsetzenden Hacken und den damit verbundenen Wurzelschäden nachhaltig gelitten hatten; eventuell bis 2002. Dies war auch anhand der verminderten Gehalte an Chlorophyll (korreliert mit so genannten «SPAD-Werten», Widmer et al. 2004) und Blatt-Phosphor- und Calciumgehalten erkennbar. Die Synthese von Pflanzenphenolen ist für die Pflanze energie- und stoffaufwändig; es ist denkbar, dass Bäume, die aus irgendeinem Grund in ihrer Leistungsfähigkeit beeinträchtigt sind, auch punkto Pflanzenphenol-Synthese nicht mehr zu Höchstleistungen fähig sind. Aufgrund von Korrelationsanalysen mit den Erträgen, Blattnährstoffgehalten und Chlorophyllmessungen konnten wir zeigen, dass im Jahr 2001 geringere Gesamt-Phenolgehalte am ehesten durch eine geringere Aufnahme von Phosphor und Calcium beeinflusst waren – also Nährstoffe, die bei Wurzelverletzungen am ehesten schlechter aufgenommen werden (Abb. 4; sehr ähnlich sieht die Be-

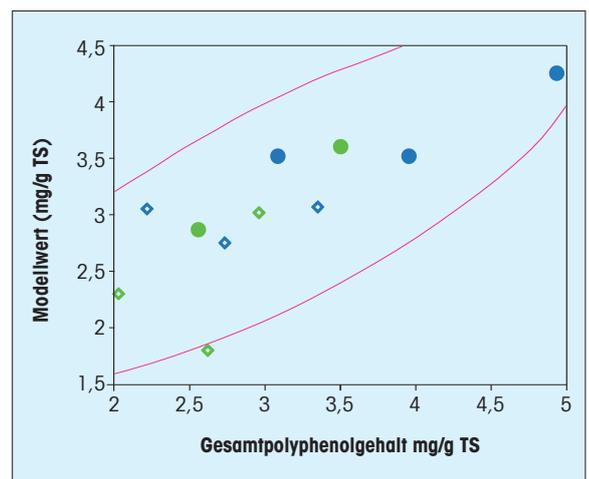


Abb. 4: Mit einem Modell aus den Blatt-Phosphor-, -Calcium- und -Eisengehalten lässt sich die physiologische Ursache für teils tiefe Gesamtpolyphenolgehalte im Jahr 2001 recht gut erklären ($R^2 = 0.64$). Dies lässt vermuten, dass durch Hacken verursachte Wurzelschäden in der Bioparzelle die Nährstoffaufnahme beeinträchtigten und die so gestressten Bäume auch weniger Pflanzenphenole bilden konnten (blau = IP, grün = BIO; Kreise = Glockenapfel, Rhomben = Idared. Von den andern Sorten und Glockenapfel Block 1 sind aus technischen Gründen keine Datenpaare vorhanden; Ellipse = Raum, wo 95% der Modellwerte zu erwarten sind; Modellformel: $-5.129 + 22.806 \times P + 2.012 \times Ca + -0.0032 \times Fe$.

ziehung aus, auch wenn für Flavanole alleine berechnet). Dieses Resultat unterstützt die Vermutung, dass das nach Folienabdeckung einsetzende Hacken in den Bio-Parzellen Stress verursachende Wurzelschäden hervorgerufen hatte.

Ein anderer Grund für die relativ geringen Differenzen zwischen den Anbausystemen könnte sein, dass die gesamte Versuchsanlage im Wuchs und Ertrag unterdurchschnittlich war. Somit konnten sich die potenziellen Verfahrensdifferenzen in der Ertrags- und Qualitätsbildung nicht deutlich herausbilden.

Paarvergleichsversuche wie der oben beschriebene bieten ein praxis- und konsumentennäheres Bild, haben aber ganz klar den Nachteil, dass die Einflussfaktoren nicht so präzise unter Kontrolle sind wie bei einem Exaktversuch.

Schlussfolgerungen

Diese Untersuchung hat uns gelehrt, dass der Einfluss von biologischem und integriertem Apfelanbau auf die Bildung gesundheitsrelevanter Pflanzenphenole nicht abschliessend, sozusagen in einem einfachen schwarz/weiss Muster, beurteilt werden kann. Unsere Resultate deuten aber darauf hin, dass Stress auf die Bäume (in unserem Falle Wurzelschäden und damit verbundene Nährstoffknappheit) sich auch auf die Synthese der sekundären Pflanzeninhaltsstoffe negativ auswirken kann. Dies zeigt, dass es auch im Sinne einer gesundheitsrelevanten Qualitätsoptimierung eine untere Grenze der Extensivierung gibt beziehungsweise, dass heftige Eingriffe an den Bäumen – seien sie mechanisch unter- oder oberirdisch oder mit Spritzmitteln – immer möglichst wenig Stress bewirken sollten.

Im Obstmarkt der Zukunft wird es sich für den Anbauer wahrscheinlich lohnen, wenn er auch dem Gesundheitswert seiner Produkte hohe Beachtung schenkt. Momentan ist jedoch noch wenig bekannt, wie die Anbautechnik diesbezüglich optimiert werden kann. Forschungsergebnisse, die den Produzentinnen und Produzenten Hinweise geben können, wie sie ihre Produkte auch bezüglich der antioxidativen Pflanzeninhaltsstoffe optimal anbauen können, sind deshalb für die Obstbranche – aber vor allem auch für die Konsumentinnen und Konsumenten – von grosser Bedeutung.

Literatur

- De Pascual-Teresa S., Treutter S.D., Santos Buelga C. und Rivas Gonzalo J.C.: Screening of plant foodstuffs and beverages for flavan-3-ols. In: Amado R., Andersson H., Bardocz S., Serra F. (eds.). COST 916 Bioactive plant cell wall components in nutrition and health: Polyphenols in food. European Communities, p. 63–70, 1998.
- Herrmann K.: Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, 2001.
- Herrmann M.-E.: Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe in Obst: Carotinoide und Flavonoide als Antioxidantien. Erwerbsobstbau 41, 213–217, 1999.
- Stoll K.: Der Apfel. Enrico Negri AG, Zürich, 1997.
- Watzl B. und Leitzmann C.: Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln. Hippokrates Verlag, Stuttgart, 1995.
- Weibel F., Treutter D., Häseli A. und Graf U.: Sensory and health-related quality of organic apples: A comparative field study over three years using conventional and holistic methods to assess fruit quality. ECO-FRUIT; 11th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing, LVWO, Weinsberg/Germany, Feb. 3–5, p. 185–195, 2004.
- Weibel F. und Widmer A.: Systemvergleichsversuch: Integrierte und biologische Apfelproduktion; Teil III: Innere Qualität – Inhaltsstoffe und Sensorik. Schweiz. Z. Obst-Weinbau Nr. 7, 10–13, 2004.
- Widmer A., Husistein A., Bertschinger L., Weibel F., Fliessbach A. und Käser M.: Systemvergleichsversuch: Integrierte und biologische Apfelproduktion; Teil II: Wachstum, Ertrag, Kalibrierung, Boden. Schweiz. Z. Obst-Weinbau Nr. 3, 6–9, 2004.
- Zürcher M., Siegfried W., Sachelli M., Höhn H. und Husistein A.: Systemvergleichsversuch integrierte und biologische Apfelproduktion. Teil I: Pflanzenschutz. Schweiz. Z. Obst-Weinbau Nr. 21, 9–13, 2003.

RÉSUMÉ

Etude comparative de systèmes: production de pommes intégrée et biologique

Ive partie: Qualité intrinsèque: teneur en substances anti-oxydatives (phénols végétaux)

Nous discutons ici de l'influence des méthodes de production intégrée (PI) ou écologique (BIO) sur les teneurs en phénols végétaux dans la pulpe des fruits. Ces substances secondaires contenues dans les plantes sont considérées comme d'importants facteurs de prévention des maladies chez l'homme à cause de leur effet anti-oxydatif très marqué sur le métabolisme humain.

Nous avons analysé jusqu'à 30 phénols végétaux différents (groupes principaux: flavanols, acides hydroxy-cinnamiques, glucosides phlorétiniques, glucosides quercétiniques) sur un nombre chaque fois variable des quatre variétés resé, idared, boskoop et pomme cloche pendant trois années de récolte consécutives.

Les différences variétales étaient surtout marquées dans la 3e année de récolte, les valeurs les plus élevées ayant été enregistrées pour la variété boskoop. Contrairement à d'autres études antérieures, l'analyse statistique a rarement révélé des différences significatives selon la méthode de culture pratiquée. Les analyses corrélationnelles corroborent l'hypothèse que l'endommagement des racines (initialement recouvertes de feuille) par le piochage dans la parcelle bio entraînait l'absorption de phosphore et de calcium de sorte que les arbres ainsi stressés pouvaient former moins de phénols végétaux. Un stress excessif exerce donc aussi une influence défavorable sur la formation de polyphénol dans les fruits.