

Sekundäre Pflanzenstoffe und Sortenvielfalt

EVA ARRIGONI¹ MARIA CEYMANN², CONSTANCE REIF²



Eva Arrigoni

Früchte und Gemüse zeichnen sich bei geringer Energiedichte nicht nur durch eine hohe Nährstoffdichte aus, sondern sind auch reich an bioaktiven Substanzen. Neben Nahrungsfasern sind vor allem die sekundären Pflanzenstoffe von Bedeutung, denen vielfältige gesundheitliche Wirkungen zugesprochen werden. An der Forschungsanstalt Agroscope Changins Wädenswil ACW wird seit einigen Jahren unter anderem erforscht, durch welche Vorerntefaktoren der Gehalt dieser gesundheitsrelevanten Inhaltsstoffe beeinflusst werden kann. Im Rahmen von zwei laufenden Dissertationen konnte gezeigt werden, dass dabei die Sortenwahl von herausragender Bedeutung ist. Dies wird im Folgenden für Polyphenole und Carotinoide anhand von zwei Beispielen aufgezeigt.



Maria Ceymann

Sekundäre Pflanzenstoffe

Sekundäre Pflanzenstoffe werden von der Pflanze als Abwehrstoffe gegen Schädlinge und Krankheiten, als Schutzstoffe vor UV-Strahlen, als Wachstumsregulatoren sowie als Farb- oder Lockstoffe synthetisiert (1, 2). Gegenwärtig sind rund 100 000 verschiedene Verbindungen bekannt, von denen zirka 10 000 in der Nahrung vorkommen. Laut Schätzungen werden täglich etwa 1,5 g aufgenommen, wobei die Menge je nach Art der Ernährung beträchtlich schwanken kann. Sekundäre Pflanzenstoffe werden aufgrund ihrer chemischen Vielfalt in verschiedene Substanzklassen eingeteilt. Während einige in praktisch allen pflanzlichen Lebensmitteln vorkommen, gibt es andere, die spezifisch nur in einer Pflanzenfamilie vorhanden sind.



Constance Reif

Um allfällige gesundheitliche Wirkungen optimal abzudecken, wird deshalb von der «5 am Tag»-Kampagne der Krebsliga Schweiz und des Bundesamtes für Gesundheit ein abwechslungsreicher Früchte- und Gemüsekonsum empfohlen (3).

Polyphenole in Äpfeln

Äpfel sind die mit Abstand am häufigsten konsumierten Früchte in der Schweiz (4). Als wichtigste 4 Polyphenolklassen enthalten sie phenolische Säuren, Flavan-3-ole, Dihydrochalcone und Flavonole. Sie kommen nicht nur in niedermolekularer Form vor, sondern auch polymerisiert als sogenannte Gerbstoffe, wobei gemäss Literatur vorwiegend Mono- und Dimere absorbiert werden können (5). Im Rahmen eines umfassenden Screenings haben wir an der ACW über 100 Apfelsorten auf ihren Polyphenolgehalt untersucht (6). Mithilfe einer eigens dafür entwickelten UHPLC-MS-Methode (7) konnten die 12 bedeutendsten niedermolekularen Polyphenole quantifiziert werden. *Abbildung 1* zeigt eine repräsentative Auswahl dieser Daten. Gezeigt werden hier Mittel-

werte von Bestimmungen aus zwei Erntejahren. Die relativen Abweichungen zwischen den Jahren betragen jeweils weniger als 10 Prozent ausser bei Boskoop, Redfield und Galiwa (16–18%). Dies verdeutlicht, dass der Einfluss des Produktionsjahres deutlich geringer ist als der Einfluss der Sorte. Traditionelle Mostäpfel wie Grüner Fürstenapfel, Surschibech und Engishofer, aber auch der neuere, als Most- und Kochapfel angepriesene Redfield erwiesen sich als besonders polyphenolreich. Da so hohe Gerbstoffgehalte aber unerwünschte Geschmackseindrücke wie Adstringenz oder Bitterkeit verursachen, eignen sich diese Sorten kaum als Tafeläpfel. Werden aus diesen Äpfeln Säfte hergestellt, bleiben allerdings je nach Sorte rund 50 bis 80 Prozent der Polyphenole im Pressrückstand zurück, wie eigene Untersuchungen gezeigt haben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass diese Substanzen einerseits zellwandassoziiert vorliegen und andererseits in der Schale konzentriert sind. Bei der Mehrzahl der Tafeläpfel liegen die Konzentrationen bei 25 bis 40 mg pro 100 g ess-

²Doktorandin

¹Forschungsanstalt Agroscope Changins Wädenswil ACW, Projektleiterin

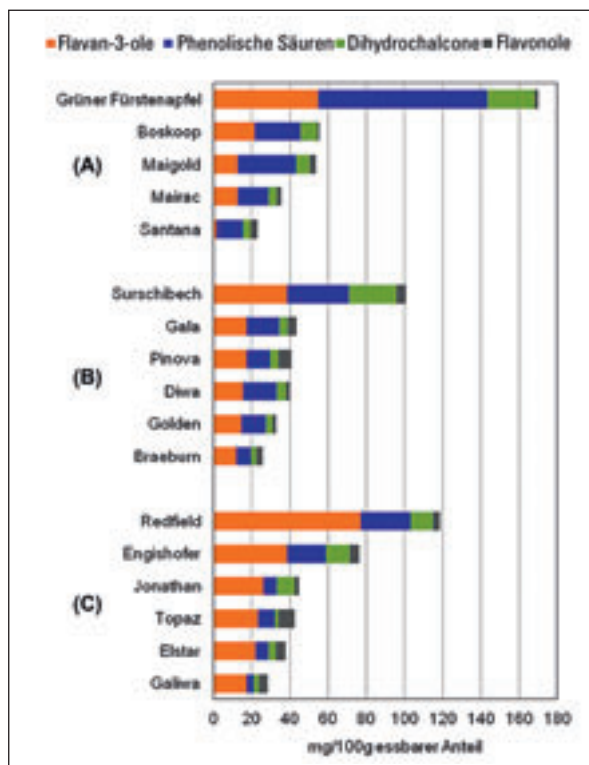


Abbildung 1: Gehalte der verschiedenen Polyphenolklassen in Äpfeln. Flavan-3-ole = Summe von Catechin, Epicatechin sowie Procyanidine B₁ und B₂; Phenolische Säuren = Summe von Chlorogen- und Cumaroyl-Chinasäure; Dihydrochalcone = Summe von Phloridzin und Phloretin-Xyloglucosid; Flavonole = Quercetin-Galactosid, -Glucosid und -Rhamnosid sowie Rutin. Klassifizierung von Äpfeln: (A) reich an Flavan-3-olen; (B) Sorten mit ausgeglichenem Verhältnis; (C) reich an phenolischen Säuren.

baren Anteil, also ohne Kerngehäuse, aber mit Schale. Dies gilt sowohl für die am häufigsten konsumierten Sorten, Gala, Golden und Braeburn, als auch für die neueren ACW-Züchtungen Mairac, Diwa und Galiwa. Demgegenüber zeichnen sich sowohl der oft als Kochapfel verwendete Boskoop als auch Maigold durch etwas höhere Gehalte aus.

Klassifizierung von Äpfeln aufgrund ihres Polyphenolmusters

Die in *Abbildung 1* dargestellten Daten machen deutlich, dass die Sorte nicht nur den Gehalt, sondern auch das Polyphenolmuster beeinflusst. Dies ist insofern von Bedeutung, als den unterschiedlichen Polyphenolklassen unterschiedliche gesundheitliche Wirkungen zugeschrieben werden. So wird berichtet, dass Flavan-3-ole aus Kakao gefässerweiternd wirken und damit die Durchblutung fördern (8). Andererseits zeigt Chlorogensäure, die reichlich in Kaffee vorkommt,

günstige Wirkungen auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen (9) und das Diabetes-II-Risiko (10). Deshalb haben wir die verschiedenen Äpfel aufgrund ihres Verhältnisses der beiden dominierenden Polyphenolklassen, also von Flavan-3-olen zu phenolischen Säuren, in 3 Gruppen eingeteilt (6). Phenolsäurereiche Sorten zeichnen sich durch ein Verhältnis $< 1,0$ aus (*Abbildung 1: A*), wobei Chlorogensäure in der Regel etwa 90 Prozent der phenolischen Säuren ausmacht. Gemäss den hier präsentierten Daten liefert ein 150 g schwerer Boskoop oder Maigold etwa halb so viel Chlorogensäure wie eine Tasse Kaffee von 150 ml. Ein Grüner Fürstenapfel würde sogar fast andert-halbmal so viel liefern, wobei wie oben erwähnt der Genusswert deutlich tiefer ist als bei Tafeläpfeln. Für Nicht-Kaffeetrinker stellen solche Äpfel aufgrund unserer Daten somit eine wichtige Quelle für Chlorogensäure dar. Ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Flavan-3-olen und

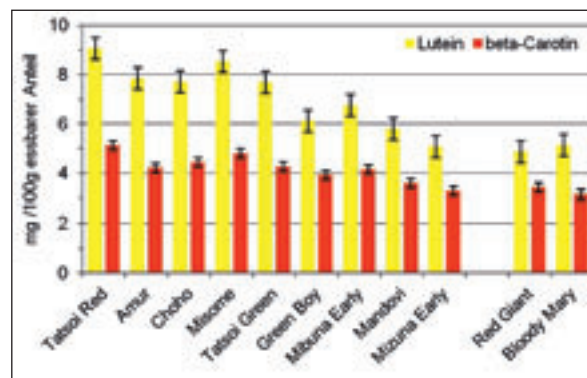


Abbildung 2: Lutein- und Betacarotingehalt in Asia-Salaten

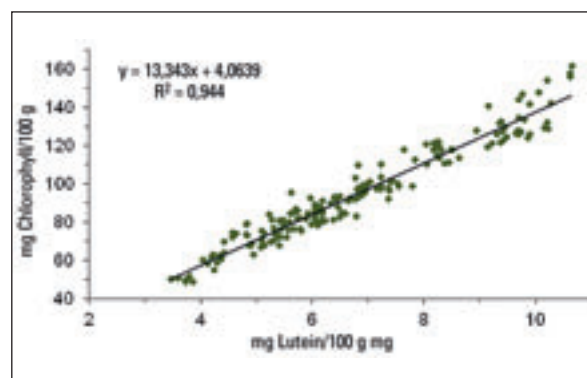


Abbildung 3: Korrelation zwischen Gesamt-Chlorophyll- und Luteingehalt in Asia-Salaten

phenolischen Säuren findet sich unter anderem in den am häufigsten konsumierten Sorten Gala, Golden und Braeburn (*Abbildung 1: B*). Als Flavan-3-ol-reich definiert haben wir Sorten mit einem Verhältnis $> 1,6$ (*Abbildung 1: C*). Die quantitativ wichtigste Substanz in dieser Gruppe ist Epicatechin, das rund 40 Prozent der Apfel-Flavan-3-ole ausmacht und auch in Schokolade in bedeutenden Mengen vorkommt. Bezogen auf die Portionsgrösse von 150 g Apfel beziehungsweise 20 g Schokolade, wird beim Verzehr von Jonathan, Topaz oder Elstar rund doppelt so viel Epicatechin aufgenommen wie bei schwarzer Schokolade. Gar um ein Vielfaches höher wäre der Beitrag von Redfield, wobei hier die oben bereits genannte geschmackliche Einschränkung noch mehr ins Gewicht fallen würde als beim Vergleich mit Kaffee. Insgesamt vermögen alle der hier diskutierten Apfelsorten ausser Santana mit dem Epicatechingehalt von Schokolade mitzu-



Abbildung 4: Die polyphenolreichsten Apfelsorten. Von links nach rechts: Engishofer, Grüner Fürstenapfel, Redfield und ...

halten. Allerdings bleibt anzufügen, dass bis heute nicht bekannt ist, ob die Bioverfügbarkeit von Flavan-3-olen aus Äpfeln vergleichbar ist mit derjenigen aus Schokolade, da sich die zwei Matrizes doch deutlich unterscheiden. Es darf aber festgehalten werden, dass das breite Spektrum an Polyphenolen in Äpfeln als vorteilhaft angesehen werden darf gegenüber Kaffee, der nur verschiedene phenolische Säuren enthält, oder gegenüber Schokolade oder Kakao, die sich vorwiegend durch Flavan-3-ole verschiedenen Polymerisationsgrades auszeichnen.

Carotinoide in Asia-Salaten

Carotinoide sind fettlösliche Pigmente, die für die gelbe, orange oder rote Farbe von Früchten und Gemüse verantwortlich sind. In grünblättrigem Gemüse ist deren Farbe allerdings durch Chlorophyll überdeckt. Von den rund 700 identifizierten Carotinoiden spielen lediglich 6 eine bedeutende Rolle in der menschlichen Ernährung. Ihnen werden vielfältige gesundheitsfördernde Effekte zugeschrieben (11). In grünen Blättern in nennenswerten Konzentrationen vorhanden sind 2 davon, die sich neben ihrer antioxidativen Wirkung durch weitere positive Eigenschaften auszeichnen. Die Bedeutung von Betacarotin liegt vor allem in seiner Rolle als Pro-Vitamin A, während sich Lutein positiv auf altersbedingte Augenkrankheiten auswirken kann. Im Rahmen eines umfassenden Screenings haben wir gut 100 in der Schweiz angebaute carotinoidhaltige Gemüse und Salate aus 6 verschiedenen botanischen Familien analysiert. Dazu wurde eine

HPLC-DAD-Methode so weit angepasst, dass neben den 6 relevanten Carotinoiden gleichzeitig auch Chlorophyll a und b quantifiziert werden konnten (12). In *Abbildung 2* sind die Lutein- und Betacarotingehalte einer speziell interessanten Gruppe von Salaten zusammengestellt. Bei diesen sogenannten Asia-Salaten (auch Japanese Greens oder Oriental Greens genannt) handelt es sich um Schnittsalate, die alle zur Familie der *Brassicaceae* (Kohlarten) gehören. In den letzten Jahren haben solche Salate auch in der westlichen Welt vermehrt Verbreitung gefunden. Dank ihrer intensiven Grünfärbung, die teilweise von Rot überdeckt wird, und dank ihrer Formenvielfalt werden sie gerne als Bestandteil von Mischsalaten angeboten. Bei den präsentierten

Daten handelt es sich um Mittelwerte eines ausgedehnten Versuches, in dem 4 verschiedene Anbaumethoden (Gewächshaus [2], Tunnel, Freiland) verglichen wurden. Wie die Fehlerbalken in *Abbildung 2* zeigen, sind die Abweichungen zwischen den verschiedenen Varianten deutlich kleiner als zwischen den einzelnen Sorten. Auch hier erweist sich also die Sorte als bedeutender Einflussfaktor hinsichtlich des Gehalts an sekundären Pflanzenstoffen. Tendenziell liegt der Gehalt an Lutein und Betacarotin bei der Art *Brassica juncea* (zu der Red Giant und Bloody Mary gehören) tiefer als bei den meisten anderen Salaten, die alle der Art *Brassica rapa* zuzurechnen sind. Insgesamt sind diese Carotinoidgehalte vergleichbar mit denen von Spinat (13), der



Abbildung 5: Asia-Salate: Von unten links nach oben rechts: Red Giant, Green Boy, Mizuna Early, Bloody Mary, Amur und Mandovi.



... Surschibech

gemäss unseren Berechnungen den grössten Beitrag zur Luteinaufnahme in der Schweiz leistet (12). Demgegenüber tragen die klassischen Blattsalate der Familie *Asteraceae* (Korbblütler) wie Eisberg oder Kopfsalat mit Gehalten von 0,5 beziehungsweise 1,3 mg/100 g essbarem Anteil deutlich weniger zur Luteinaufnah-

me bei. Auch wenn bis anhin keine Empfehlungen für die Zufuhr vorliegen, stützen epidemiologische Studien eine präventive Wirkung von Lutein gegen altersbedingte Augenkrankheiten. So konnte zum Beispiel in der CAREDS-Studie gezeigt werden, dass bei älteren Frauen bereits eine Aufnahme von 3 mg Lutein und Zeaxanthin/Tag das relative Risiko für altersbedingte Makuladegeneration (AMD) vermindert, verglichen mit einer täglichen Aufnahme von 1 mg (14). In dieser Studie wurde ausserdem ein inverser Zusammenhang zwischen AMD und dem Verzehr von grünblättrigem Gemüse gefunden. Zudem haben verschiedene Interventionsstudien gezeigt, dass die mehrmonatige tägliche Aufnahme von 8 bis 10 mg Lutein zu einer Erhöhung der optischen Dichte der Makulapigmente sowie zur Verbesserung von Kontrastsehen und Sehschärfe führt (15). Mit einer

120-g-Portion (3) der meisten der hier beschriebenen Asia-Salate können solche Aufnahmemengen erreicht werden. Auch zur Betacarotinaufnahme kann diese Portionengrösse einen nennenswerten Beitrag leisten, liefern diese Salate doch gut 50 bis 100 Prozent der von der DACH (16) empfohlenen Menge von 6 mg Betacarotin beziehungsweise 1 mg Retinoläquivalent pro Tag. Es muss allerdings angefügt werden, dass die Freisetzung von Carotinoiden aus der pflanzlichen Matrix während des Verdauungsvorganges als tief eingeschätzt wird (11), was die beschriebenen Effekte bis zu einem gewissen Grad schmälern kann.

Je grüner, desto besser

Da die Synthese von Lutein und Betacarotin an die Photosynthese geknüpft ist, haben wir auch für diese Salate geprüft, ob ein linearer Zusammenhang zwischen

der Chlorophyllkonzentration und dem Lutein- beziehungsweise Betacarotinhalt besteht. Dazu wurden die Daten aller Einzelmessungen (n = 176) zueinander in Beziehung gesetzt. *Abbildung 3* zeigt am Beispiel von Lutein, dass dieses mit der Summe aus Chlorophyll a und b linear und mit hohem Bestimmtheitsmass korreliert. Mit zunehmendem Chlorophyllgehalt und entsprechend intensiverer Grünfärbung der Salate steigen demnach sowohl der Lutein- als auch der Betacarotingehalt (nicht gezeigt). Dieser Befund konnte mindestens teilweise visuell bestätigt werden. Deutlich grüner als beispielsweise jene von Mizuna Early sind die Blätter von Choho, Misome und Tatsoi Green. Etwas schwieriger zu beurteilen sind dagegen Red Giant, Amur und vor allem Bloody Mary und Tatsoi Red, da bei diesen die Grünintensität teilweise durch eine rötliche Färbung überdeckt wird. Diese wird durch Anthocyane verursacht,

die zur Gruppe der Polyphenole gehören, in dieser Arbeit jedoch nicht untersucht wurden.

Fazit

Sowohl Äpfel als auch grünblättrige Salate können einen wesentlichen Beitrag zur Aufnahme von sekundären Pflanzenstoffen leisten. Äpfel tragen je nach Sorte vor allem zur Aufnahme von Chlorogensäure bei und bilden beispielsweise für Nicht-Kaffeetrinker eine wichtige Quelle dieses gesundheitlich relevanten Inhaltsstoffes. Aber auch Flavan-3-ole können in nennenswerten Mengen über Äpfel aufgenommen werden. Die unterschiedlichen Polyphenolmuster lassen den Schluss zu, dass mit einer möglichst vielfältigen Sortenwahl Polyphenole der verschiedenen Klassen aufgenommen werden. Allerdings kann weder vom Aussehen noch von den sensorischen Eindrücken wie dem Zucker-Säure-Verhältnis oder der Knackigkeit auf den Gehalt an sekundären Pflanzenstoffen geschlossen werden. Demgegenüber lässt sich bei Blattsalaten der Carotinoidgehalt bis zu einem gewissen Grad direkt von der Farbe ableiten. Dunkelgrüne Blätter enthalten im Gegensatz zu den klassischen Blattsalaten nicht nur reichlich Lutein, sondern können aufgrund ihres hohen Betacarotinhalt auch als wichtige Vitamin-A-Quelle für Vegetarier dienen. In diesem Sinne könnte der Leitspruch «An apple a day keeps the doctor away» um «green leafy vegetables» ergänzt werden.

Korrespondenzadresse:

Eva Arrigoni
Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD, Forschungsanstalt Agroscope Changins Wädenswil ACW
Schloss 1, Postfach, 8820 Wädenswil
E-Mail: eva.arrigoni@acw.admin.ch
Internet: www.agroscope.ch

Literatur:

1. Watzl B, Leitzmann C. Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln, 3. unveränderte Auflage. Stuttgart: Hippokrates Verlag, 2005.
2. Crozier A. Classification and biosynthesis of secondary plant products: an overview. In: Goldberg G (ed). Plants: diet and health – the report of a British nutrition foundation task force. Oxford: Blackwell Science, 2003: 27–48.
3. 5 am Tag – eine Kampagne von Krebsliga Schweiz und Bundesamt für Gesundheit, 2010. www.5amtag.ch
4. Gremaud G, Schmid I, Sieber R. Estimation de l'utilisation des denrées alimentaires en Suisse pour les années 2001/2002. In: Eichholzer M, Camenzind-Schmid E, Matzke A et al. (Hrsg). Fünfter Schweizerischer Ernährungsbericht. Bern: Bundesamt für Gesundheit, 2005: 7–23.
5. Manach C, Scalbert A, Morand C, et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr* 2004; 79: 727–747.
6. Ceymann M, Arrigoni E, Schärer H et al. Identification of apples rich in health-promoting flavan-3-ols and phenolic acids by measuring the polyphenol profile. *J Food Comp Anal* 2012; doi:10.1016/j.jfca.2011.12.002.
7. Ceymann M, Arrigoni E, Schärer H et al. Rapid high performance screening method using UHPLC-MS to quantify 12 polyphenol compounds in fresh apples. *Anal Methods* 2011; 3: 1774–1778.
8. Faridi Z, Njike VY, Dutta S et al. Acute dark chocolate and cocoa ingestion and endothelial function: a randomized controlled crossover trial. *Am J Clin Nutr* 2008; 88: 58–63.
9. Bonita JS, Mandarano M, Shuta D et al. Coffee and cardiovascular disease: in vitro, cellular, animal, and human studies. *Pharmacol Res* 2007; 55: 187–198.
10. Bidel S, Hu G, Tuomilehto J. Coffee consumption and type 2 diabetes – an extensive review. *Cent Eur J Med* 2008; 3: 9–19.
11. Faulks RM, Southon S. Challenges to understanding and measuring carotenoid bioavailability. *Biochim Biophys Acta* 2005; 1740: 95–100.
12. Reif C, Arrigoni E, Schärer H et al. Carotenoid database of commonly eaten Swiss vegetables and their estimated contribution to carotenoid intake. In Vorbereitung.
13. Reif C, Arrigoni E, Neuweiler R et al. Effect of sulphur- and nitrogen fertilization on nutritionally relevant carotenoids content in spinach. In Vorbereitung.
14. Moeller SM, Parekh N, Tinker L et al. Associations between intermediate age-related macular degeneration and lutein and zeaxanthin in the carotenoids in age-related eye disease study (CAREDS). *Arch Ophthalmol* 2006; 124: 1151–1162.
15. Ma L, Lin XM. Effects of lutein and zeaxanthin on aspects of eye health. *J Sci Food Agric* 2010; 90: 2–12.
16. DGE, ÖGE, SGE, SVE (Hrsg): DACH Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Frankfurt am Main: Umschau Braus Verlagsgesellschaft, 2000.

Verbraucherinformationen

Die meisten der aufgeführten Tafeläpfel sind saisonal im Detailhandel erhältlich, wobei die Neulancierung Galiwa erst punktuell und Santana nur regional verfügbar ist. Jonathan, dessen Anbau stark zurückgegangen ist, ist noch in der Direktvermarktung zu finden. Bei den Mostäpfeln Grüner Fürstenapfel, Surschibech und Engishofer handelt es sich um alte Sorten, die nicht (mehr) im Handel sind. Ihre Bedeutung liegt in der Erhaltung und der nachhaltigen Nutzung der genetischen Vielfalt. Redfield als neue Sorte ist in der Schweiz zurzeit nicht verfügbar.

Asia-Salate sind vor allem Bestandteile von Mischsalaten und werden vorwiegend im Sommerhalbjahr im Detailhandel angeboten. Sie lassen sich auch gut im Privatgarten oder sogar in Töpfen kultivieren. Einzelsorten oder Mischungen davon sind bei Samengärtnereien erhältlich, Gärtnereien bieten teilweise auch Setzlinge an.