

Biologisch aktive sekundäre Pflanzenstoffe

In dieser kurzen Übersicht soll auf die grosse Vielfalt der Substanzen und der Wirkungen der sekundären Pflanzenstoffe hingewiesen werden. Es ist eine der grössten Herausforderungen und gleichzeitig eine Chance der heutigen Forschung in diesem Gebiet, weitere entscheidende Erkenntnisse zu gewinnen mit dem Ziel, umsetzbare

Hinweise für die Verbesserung unserer Gesundheit zu erhalten.

Paul Walter

Definition und allgemeine Bedeutung

Die Pflanzen produzieren neben den primären Pflanzenstoffen wie Kohlenhydraten, Fetten und Proteinen auch eine Reihe von sekundären Pflanzenstoffen, die bei der Pflanze für Wachstumsregulation, Farbe und Abwehrstoffe gegen Schädlinge verantwortlich sind. Es hat sich gezeigt, dass viele dieser Stoffe auch bei Tier und Mensch eine ganze Reihe von verschiedenartigen biologischen Wirkungen haben. Im Gegensatz zu den Vitaminen sind die sekundären Pflanzenstoffe nicht essenziell für den Menschen und werden deshalb auch nicht zu den Nährstoffen gezählt. Der englische Ausdruck «non-nutritive bioactive food constituents of plants» ist eine präzisere Definition für diese Wirksubstanzen.

Viele Wirkungen von sekundären Pflanzenstoffen sind schon seit der Antike bekannt, konnten seither in vielen Fällen auch bestimmten Substanzen zugeordnet werden und sind heute als Pflanzenextrakte auf dem Markt erhältlich. Berühmte Beispiele sind Extrakte aus den Blättern des Ginkgo-



Baums zur Verbesserung verschiedener Hirnfunktionen, Weissdorn-Extrakte zur Verbesserung der Durchblutung der Herzkranzgefässe, Extrakte der Zwiebelknolle als Cholesterinspiegel-Senker, Johanniskraut-Extrakte zur Behandlung depressiver Verstimmungen und Baldrianextrakte als Schlafmittel.

Eine andere Entwicklung in der Bedeutung der sekundären Pflanzenstoffe ergibt sich aus der Erkenntnis, dass eine pflanzliche Ernährung nicht nur zu einer Verbesserung der aktuellen Gesundheit des Einzelnen führen kann, sondern auch prophylaktische Wirkungen auf Herz-Kreislauf-Krankheiten, gewisse Arten von Krebs, Hirnstörungen und andere Erkrankungen, die im Alter gehäuft vorkommen, besitzt. Eine Reihe von epidemiologischen Untersuchungen ergab derart deutliche Resultate über positive Korrelationen zwischen einzelnen Lebens-

mittelgruppen und der Senkung des Risikos für solche Erkrankungen, dass der World Cancer Research Fund, aber auch die meisten nationalen und internationalen Organisationen eine Einnahme von mindestens 400 g Gemüse und Früchten sowie von täglichen Rationen an Nüssen und Vollkornprodukten empfehlen.

Ausführliche Untersuchungen zeigten auch, dass die bisher bekannten Nährstoffe wie Vitamine sowie Mineralien und Spurenelemente die Vorteile dieser vermehrten Einnahme pflanzlicher Lebensmittel nur zum Teil ersetzen können und dass die sekundären Pflanzenstoffe offenbar selber einen entscheidenden Beitrag zur Gesundheit liefern. Diese Entwicklung führte dazu, dass diese Tausende von sekundären Pflanzenstoffen in vielen Forschungslaboratorien intensiv untersucht werden.

Aus der *Tabelle* geht hervor, dass die sekundären Pflanzenstoffe ein riesiges Wirkungsspektrum abdecken, was ihre gesundheitsfördernde Gesamtwirkung erklärt. Es muss hier aber betont werden, dass nicht alle Pflanzen alles können – nicht alle Pflanzen enthalten alle sekundären Pflanzenstoffe. Diese Ausgangslage erklärt auch, warum in der Nahrung eine Vielfalt von Pflanzen vorhanden sein muss, damit dieses Gesamtwirkungsbild erreicht werden kann. Dazu kommt, dass in vielen Fällen Synergismen zwischen den einzelnen Stoffen bestehen, sodass oft eine Substanz allein wirkungslos ist ohne die an-

Tabelle: Anerkannte Wirkungen von sekundären Pflanzenstoffen

- Hemmung von Krebsentstehung
- Antimikrobielle Wirkung
- Antioxidative Wirkung
- Anti-thrombotische Wirkung
- Stärkung des Immunsystems
- Entzündungshemmung
- Blutdrucksenkung
- Blutzuckerspiegel-Regulation
- Cholesterin senkend
- Verdauungsfördernd

dere. Eine Substanz kann je nach Konzentration sogar schädlich sein, wenn nicht gleichzeitig auch protektive Substanzen vorhanden sind. Ein typisches Beispiel sind die antioxidativen Substanzen, die unter Umständen auch prooxidativ wirken können, wenn nicht gleichzeitig die geeigneten Schutzstoffe anwesend sind, die diese unerwünschten Wirkungen begrenzen.

Vorkommen und Eigenschaften

Carotinoide

Diese chemisch verwandten fettlöslichen Verbindungen sind weit verbreitete gelb-rote Farbstoffe, die in Karotten, Tomaten, Peperoni, Grünkohl, Aprikosen, Honigmelonen, roten Grapefruits, Mango und Broccoli vorkommen. Sie haben eine antioxidative Wirkung und schützen die Zellen vor schädlichen Radikalen. Sie verringern die Häufigkeit Licht-induzierter Tumoren und hemmen zum Teil auch die Entstehung anderer Krebsarten. Sie können vom Menschen im Darm resorbiert und zum Teil in Fettgewebe und Leber gespeichert werden. Im Serum kommen vor allem Lykopin, Alfa- und Beta-Carotin, Beta-Cryptoxanthin, Lutein und Zeaxanthin vor. Die letzteren beiden sind Bestandteile des gelben Flecks im Auge und können die Netzhaut vor unerwünschten Oxidationen schützen. Da sie bei der makulären Degeneration des Auges in reduzierten Mengen vorhanden sind, spielen sie bei der Entstehung dieser Krankheit wahrscheinlich eine Rolle.

Ein Spezialfall stellt das Beta-Carotin dar, da es nicht nur als Antioxidans wirkt, sondern auch als Provitamin zu Vitamin A gespalten werden kann. Auch einige andere Carotinoide können Vitamin A abspalten, aber ihr Anteil ist sehr klein. Vitamin A ist kein Antioxidans und erfüllt andere Aufgaben in unserem Körper. Dieses Vitamin ist besonders wichtig für das Immunsystem, für das Wachstum und für die Gesundheit der Augen. Beta-Carotin ist praktisch die einzige Vitamin-A-Quelle für alle Leute, die auf tierische Produkte in der Ernährung verzichten. Da zudem die Bioverfügbarkeit von Beta-Carotin relativ gering ist, besteht auch heute noch in einigen Ländern ein akuter Vitamin-A-Mangel. Besonders betroffen sind Länder wie Indien, wo jährlich Zehntausende Kinder an Vitamin-A-Mangel erkranken und zum Teil erblinden. Es wird deshalb heute ver-

sucht, mit gentechnologischen Methoden eine Reissorte herzustellen, die auch Beta-Carotin enthält. Auf diese Arte wäre es in Zukunft möglich, diesen Mangel zu vermindern.

Speziell erwähnenswert ist, dass die Einnahme von hochdosierten Beta-Carotin-Supplementen bei starken Rauchern zu einer erhöhten Rate von Lungenkrebs führt. Die WHO und andere Organisationen raten deshalb lungen geschädigten Personen ab, solche Supplemente einzunehmen.

Phytosterine

Es handelt sich bei dieser Substanzgruppe um Verbindungen, deren Strukturen ähnlich aussehen wie Cholesterin. Diese pflanzlichen Sterine kommen in fettreichen Pflanzenteilen wie Sesam oder Sonnenblumenkörnern sowie in Nüssen und Pflanzenölen vor. Der häufigste Vertreter ist das Beta-Sitosterin, das auch in geringen Mengen resorbiert werden kann und über die Galle wieder in den Darm gelangt. Am besten bekannt ist die Cholesterin-senkende Wirkung der Phytosterine. Der Mechanismus beruht auf einer Hemmung der Resorption des Cholesterins im Darm durch die Phytosterine. Heute sind verschiedene Phytosterine im Handel, die zugesetzt zu Margarine zu einer signifikanten Reduktion des LDL-Cholesterinspiegels im Blut führen.

Saponine

Es handelt sich um bitter schmeckende Substanzen. Sie kommen hauptsächlich in Hülsenfrüchten vor und werden schlecht resorbiert. Chemisch handelt es sich um Zuckerverbindungen mit Steroiden. Sie besitzen ebenfalls Cholesterin-senkende Eigenschaften, wobei der Mechanismus nicht ganz klar ist. Zudem ist die immunstimulierende Wirkung dieser Verbindungen gut dokumentiert.

Polyphenole (Phenolsäuren und Flavonoide)

Zu den Polyphenolen zählen chemisch unterschiedliche Verbindungen, die alle auf der Grundstruktur des Phenols basieren und die in die Untergruppen der Phenolsäuren und Flavonoide eingeteilt werden.

Kaffeensäure und Ferulasäure sind die in pflanzlicher Nahrung am häufigsten vorkommenden Phenolsäuren, die beide nur einen Phenolring enthalten. Beide findet man überwiegend in den Randschichten der Pflanzen.

Die Kaffeensäure kommt (wie der Name sagt) in ziemlich hohen Konzentrationen in Kaffee vor und ist in der Schale lokalisiert, währenddem die Ferulasäure vorwiegend in der Kleie von Vollkornweizen zu finden ist. So enthält Vollkornweizen etwa 500 mg Ferulasäure pro kg, im Gegensatz zu niedrig ausgemahlenem Weizenmehl mit nur 50 mg/kg. Ein Grund für die hohen Konzentrationen der Phenolsäuren im Schalenbereich ist in ihrer Funktion als Antioxidans zu sehen. Bei dieser Lokalisation können sie das darunter liegende Gewebe vor zu starkem Sauerstoffeinfluss schützen. Die Phenolsäuren besitzen auch eine antikanzerogene Wirkung, die wahrscheinlich darauf beruht, dass sie sich an aktivierte Kanzerogene anlagern und sie so neutralisieren. So treten die beiden Phenolsäuren insbesondere mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in direkte Wechselwirkung und unterdrücken dabei die Krebsentstehung. Die vor allem in bestimmten Nüssen und Früchten enthaltene Ellagsäure hemmt dabei die Kanzerogenese 80- bis 300-mal stärker als die beiden anderen Phenolsäuren und ist deshalb als wichtige antikanzerogene Substanz bekannt.

Die Flavonoide sind in der Pflanzenwelt und in den Nahrungsmitteln weit verbreitet. Die Strukturen von 4000–5000 Flavonoiden sind heute bekannt. Neben den gelben Flavonolen und Flavonen, die in gelben Zwiebeln und Sellerie vorkommen, gibt es die roten bis violetten Färbstoffe der Anthozyane, wie sie in Kirschen, Pflaumen und Rotkohl vorkommen. Quercetin ist das häufigste Flavonoid, das in der Natur als Glycosid vorkommt und auch Rutin genannt wird. Das früher als Vitamin P bezeichnete Rutin wurde zur Behebung von vaskulären Schäden und zur Verbesserung der Blutzirkulation der Beine bei Krampfadern verschrieben, wo es, wie wir heute wissen, als Antioxidans wirkt. Wie die Phenolsäuren finden sich auch die Flavonoide in den Randschichten der Pflanzen und Blätter, wo sie ihre antioxidativen Funktionen am besten ausüben können. So reduziert sich auch der Flavonoidgehalt beim Schälen der Äpfel und beim Entfernen der Haut der Tomaten. Auch bei der Lagerung von Äpfeln im Winter können bis zu 50 Prozent der Flavonoide verloren gehen, was die Lagerungsfähigkeit entsprechend vermindert.

Die Flavonoide besitzen ähnlich wie

die Phenolsäuren antioxidative, antimikrobielle und antikanzerogene Eigenschaften, dazu kommen noch die Wirkungen zur Verbesserung der Gefässpermeabilität und von Entzündungsprozessen. Auch modulierende Einflüsse auf das Immunsystem sind bekannt. In diesem Gebiet gibt es noch viele offene Fragen.

Als Beispiel sei hier noch das Polyphenol Resveratrol genannt, das in blauen Trauben und somit im Rotwein vorkommt. Diese Substanz hat verschiedenartige kardioprotektive Eigenschaften. Gemäss neueren Erkenntnissen ist beim Genuss von zwei Gläsern Rotwein bereits eine positive Wirkung von Resveratrol zu erwarten.

Phytoöstrogene

Es handelt sich hier um Substanzen, die alle ähnliche Wirkungen wie die vom Körper produzierten Östrogene besitzen. Zu dieser Gruppe gehören einerseits die Isoflavonoide und andererseits die Lignane. Beide gehören zu den Polyphenolen und haben bis zu einem bestimmten Grad eine strukturelle Ähnlichkeit zum Östradiol. Die Isoflavonoide sind nicht so stark verbreitet wie die Flavonoide und kommen vorwiegend in Hülsenfrüchten, insbesondere in Sojabohnen, vor. Besonders wichtig sind Genistein und Diadzein. Die Lignane sind im Pflanzenreich wesentlich weiter verbreitet. Sie bilden die Ausgangssubstanz für Lignin, einen Bestandteil der Zellwand in der Aleuronschicht des Weizens, das bei der Weissmehlherstellung verloren geht. Eine besonders aktive Substanz ist das in Roggen vorkommende Secoisolariciresinol. Sowohl die Isoflavonoide wie die Lignane werden von den Darmbakterien in wasserlösliche Produkte umgewandelt, die im Darm resorbiert und auch via Niere ausgeschieden werden können.

Die Phytoöstrogene wirken spezifisch auf die weiblichen Geschlechtsorgane, die Brustdrüsen und auf spezifische Zentren im Zwischenhirn, das heisst überall dort, wo spezifische Rezeptoren für Östradiol-17-beta vorhanden sind. Neben stimulierenden Wirkungen können die Phytoöstrogene je nach den vorhandenen Konzentrationen aber auch die Bindung des stärker wirksamen Östradiols verhindern, was zu einer antiöstrogenen Wirkung führen kann. Eine zunehmende Zahl von Arbeiten deutet darauf hin, dass Phytoöstrogene das Auftreten von Krebserkrankungen der

Brust, Prostata und des Darms verringern können und wahrscheinlich primär als Antiöstrogene wirken. Es ist auch bekannt, dass Phytoöstrogene dahin wirken, dass mehr Östrogen an das Hormon-bindende Globulin gebunden wird. Dadurch sinkt die freie Konzentration des Östrogens im Blut, was langfristig ebenfalls zu einer kleineren Östrogen-Exposition der Gewebe führen kann und somit für eine Verringerung des Krebsrisikos verantwortlich sein könnte. Neben den Resultaten, die auf eine Verringerung des Krebsrisikos hinweisen, gibt es auch einige viel zitierte Arbeiten, die zeigen, dass nach Supplementierung mit Phytoöstrogenen bestimmte Parameter im Brustgewebe ansteigen, die als Vorstufe für eine Krebsbildung gelten. Gerade in diesem Gebiet muss man davon ausgehen, dass es noch einige Zeit dauern wird, bis man Klarheit über die Wirkungsweise der Phytoöstrogene haben wird.

Interessanterweise gibt es ziemlich klare Resultate, die zeigen, dass Isoflavonoide das LDL-Cholesterin senken. Eine Metaanalyse von 38 klinischen Studien ergab eine 9-prozentige Erniedrigung des LDL-Cholesterins und eine Senkung der Triglyceride um 13 Prozent bei einem Konsum von 48 Sojabohnen pro Tag. Wenn hingegen die Isoflavone aus Soja extrahiert wurden, hatte der Rest der Pflanze keine entsprechende Wirkung mehr. Diese lipidsenkende Wirkung ist somit ziemlich etabliert.

Glucosinolate

Sie kommen vor allem in Kreuzblütlern vor und sind verantwortlich für den Geschmack von Senf, Meerrettich und Kohl. Biologisch aktiv sind nicht diese Verbindungen selber, sondern deren Abbauprodukte, die nach Zerstörung des Gewebes durch Schneiden und Zerkleinerung der Pflanzen durch enzymatische Vorgänge gebildet werden. Die wichtigsten Abbauprodukte sind die Isothiozyanate und Thiozyanate, die im Darm resorbiert werden können. Sie haben antimikrobielle Eigenschaften, wobei sie vor allem in den ableitenden Harnwegen wirksam sind. Bei einem Verzehr von 10 bis 40 g Blättern der Garten- oder Kapuzinerkresse kommt es bereits zu wirksamen Konzentrationen von antimikrobiellen Substanzen in den Harnwegen. Vor allem in Tierversuchen konnten auch antikanzerogene Wirkungen gezeigt werden.

Sulfide

Zum Schluss noch etwas über die sekundären Pflanzenstoffe des Knoblauchs, der seit Jahrtausenden zu den populärsten Heilpflanzen gehört. Im legendären Papyrus Ebers von 1550 vor Christus mit 800 Heilrezepturen stehen 22 Rezepte mit Knoblauch! Es soll bei der ersten Olympiade in Griechenland als Dopingmittel eingesetzt worden sein. Nach heutigen Erkenntnissen kann ein regelmässiger Konsum von 0,5 bis 1 g Knoblauchzehen pro Tag zu einer Erniedrigung des Cholesterinspiegels um 10 Prozent führen.

Ausserdem wirkt Knoblauch antimikrobiell, antikanzerogen, immunstimulierend, antithrombotisch, entzündungshemmend, blutdrucksenkend, antioxidativ und stimuliert Speichelfluss, Magensaftsekretion und Darmperistaltik. Neben frischem Knoblauch können Knoblauchpulver oder auch Extrakte verwendet werden.

Ein Disulfid, das Allicin, ist die Hauptsubstanz im Knoblauch, die auch für den typischen Geruch verantwortlich ist und beim Zerschneiden der Pflanze aus Alliin freigesetzt wird.

Das Alliin und verwandte Verbindungen sind hauptverantwortlich für viele der beobachteten Wirkungen von Knoblauch und anderen Zwiebelgewächsen. Daneben spielen aber auch noch Flavonoide und Saponine eine gewisse Rolle. Das Studium der Details der Wirkungen des Knoblauchs ist ein spannendes Gebiet. ■

Zum Autor:

Prof. Dr. Paul Walter war bis zum Jahr 2000 Professor für Biochemie und Direktor des Biochemischen und des Schweizerischen Vitamin Instituts der Universität Basel. Zurzeit ist er Präsident der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährung (SGE).

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. P. Walter
Nelkenrain 2
4104 Oberwil

Quellen:

- Watzl B, Leitzmann C: Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln, 2. Auflage 1999, Hippokrates Verlag GmbH Stuttgart.
- Non-nutritive bioactive food constituents of plants; importance for nutrition and health, Proceedings of Symposium in Hamburg, Special Issue (Editor Walter P) of Int. J. Vitamin. Nutr. Res 73, 53–159, (2003).
- Kris-Etherton PM, Hecker KD, Bonanome A, Cova SM, Binkoski AE, Hilpert KF, Griel AE, Etherton TD: Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. Am J Med. 2002 Dec 30; 113 Suppl 9B: 71S–88S. Review.