

Saponine

Charakteristik, Vorkommen, Aufnahme, Stoffwechsel, Wirkungen

Bernhard Watzl, Karlsruhe

Ziel der Reihe „Basiswissen aktualisiert“ ist es, zweimonatlich komprimiert und übersichtlich Grundlagenwissen über Nährstoffe und andere, der Gesundheit dienende Nahrungs-inhaltsstoffe zu vermitteln.

Definition, Chemie, Vorkommen

Saponine sind in Pflanzen vorkommende Glykoside, die wegen ihrer physikalisch-chemischen sowie physiologischen Eigenschaften in einer Gruppe sekundärer Pflanzenstoffe zusammengefasst werden. In dieser Übersicht sollen primär die Saponine berücksichtigt werden, die in Lebensmitteln enthalten sind und so Stoffwechselfunktionen beeinflussen. Ein Großteil der in der Literatur über Saponine berichteten Ergebnisse bezieht sich allerdings auf gesundheitliche Wirkungen von Saponinen aus Heilpflanzen.

Saponine sind meist stark bitter schmeckende, oberflächenaktive Verbindungen. Ihre Bedeutung für die Seifenherstellung zeigt der vom lateinischen *sapo* = Seife stammende Begriff. Die Aglykone bestehen aus einem Steroid- oder Triterpenteil, dem so genannten Sapogenin, wobei die Mehrzahl der Saponine Triterpenstruktur besitzt (Abb. 1). An das Aglykon sind verschiedene Zuckermoleküle gebunden, die aus Ketten mehrerer Monosaccharide (meistens D-Glucose, D-Galactose, D-Fucose, L-Rhamnose, D-Xylose, L-Arabinose und D-Glucuronsäure) bestehen können. Der Zuckerrest ist über die C3-Position (monodesmosidische Saponine) oder über die C3- und C28-Position (bidesmosidische Saponine) an das Aglykon gebunden. Die Anwesenheit polarer (Zucker) und unpolarer (Steroide oder Triterpene) Gruppen bedingt die starke Oberflächenaktivität der Saponine.

Saponine sind in pflanzlichen Lebensmitteln weit verbreitet. Besonders Hülsenfrüchte sind reich an die-

sen sekundären Pflanzenstoffen. Bis jetzt sind in Sojapflanzen 3 Gruppen von Sapogeninen nachgewiesen: Sojasapogenol A, B und E. Von den Bohnen der Sojapflanze sind 5 verschiedene Hauptsaponine charakterisiert, die alle auf dem Sojasapogenol B basieren. Die daran angelagerten Oligosaccharide können in freier und in acetylierter Form vorliegen, was eine große Zahl strukturell unterschiedlicher Saponine in Sojabohnen bedingt. Weitere Quellen für Saponine sind Spinat, Spargel und Hafer. Erhebliche Saponinmengen können über Lakritze aufgenommen werden, die je nach Produktzusammensetzung bis zu 2000 mg/100 g enthalten kann. Das Hauptsaponin darin ist das Glycyrrhizin. Zu Saponingehalten in Lebensmitteln gibt es in der Literatur allerdings nur wenig fundierte Zahlen, was primär auf technische Schwierigkeiten bei deren Analytik beruht. Für die meisten pflanzlichen Lebensmittel liegt der Saponingehalt im Bereich von 0,1–1,0 % der Trockenmasse.

Durch die Verarbeitung wird der Saponingehalt reduziert. Beim Einweichen von Hülsenfrüchten gehen bis zu 10 % der Saponine ins Einweichwasser über. Kochen kann den Gehalt zusätzlich um bis zu 50 % verringern, die Saponine der Sojabohne gelten jedoch als hitzestabil. Das Keimen von Linsen und Kichererbsen beeinflusst nicht deren Saponingehalt, bei anderen Hülsenfrüchten soll es hingegen zu einer Reduktion

kommen. Innerhalb der Europäischen Gemeinschaft sind saponinreiche Extrakte aus der Rinde des Panama- oder Seifenrindebaumes (*Quillaia saponaria*) als Lebensmittelzusatzstoffe (E999) zugelassen und werden u. a. als Schaumbildner eingesetzt. Die Rinde dieses Baumes enthält bis zu 5 % Saponine. In Deutschland sind Quillaia-Extrakte als Zusatzstoff für alkoholfreie, aromatisierte Erfrischungsgetränke auf Wasserbasis zugelassen (200 mg/L wasserfreier Extrakt).

Bioverfügbarkeit, Stoffwechsel

Die blutdruckerhöhende Wirkung von Lakritze bzw. des darin vorhandenen Saponins Glycyrrhizin beim Menschen deutet auf dessen Bioverfügbarkeit hin. Sie wird jedoch für Glycyrrhizin sowie für die anderen Saponine mit unter 3 % angegeben. Oral aufgenommene Saponine werden durch saure Hydrolyse, intestinale Enzyme

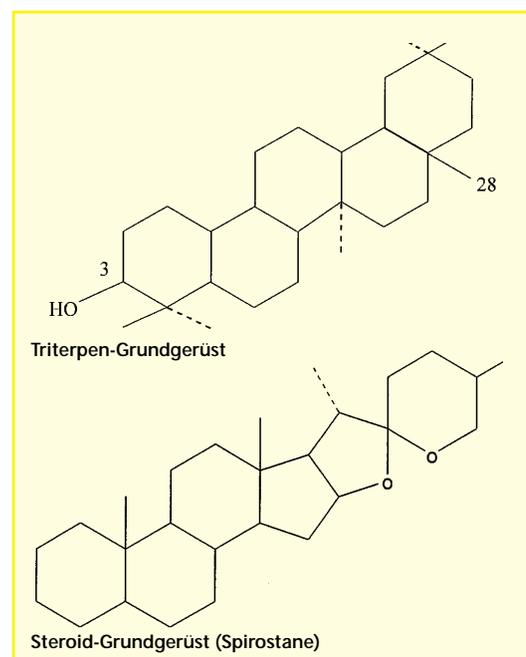


Abb. 1: Strukturformeln von Triterpen- und Steroidsapogeninen

sowie im Dickdarm durch die Mikroflora in Zucker und Sapogenine gespalten. Das absorbierte Aglykon soll an Serumalbumin gebunden transportiert und durch Bindung an Glucuronsäure in eine wasserlösliche, leicht über die Nieren ausscheidbare Form umgewandelt werden. Über den Saponin-Metabolismus beim Menschen sind in der Literatur keine weiteren Angaben zu finden. Die Halbwertszeit für Glycyrrhizin nach intravenöser Applikation (120 mg) beträgt 6 Stunden. Plasmawerte für Saponine bzw. Sapogenine nach dem Verzehr saponinreicher Lebensmittel finden sich in der Literatur nicht.

Ernährungsphysiologie

Die physiologischen Wirkungen der Saponine stehen in direktem Zusammenhang mit ihrer individuellen chemischen Struktur. Wegen der strukturellen Vielfalt können daher keine generellen Aussagen für diese Stoffgruppe gemacht werden. Viele Saponine, für die Nachweise einer biologischen Aktivität vorliegen, stammen nicht aus Nahrungspflanzen. Bedingt durch die geringe Bioverfügbarkeit ist die physiologische Wirkung der Saponine in Lebensmitteln hauptsächlich auf den Magen-Darm-Trakt beschränkt.

Saponine können im Tierversuch die Entstehung von Dickdarmkrebs hemmen (Dosis: 1% des Futters). In vitro (humane Kolonkarzinom-Zelllinie HCT-15) und in vivo (Maus) wurde nachgewiesen, dass Saponine die Proliferationsrate von Dickdarmzellen sowie das Wachstum und die DNA-Synthese verschiedener Tumorzellarten

hemmen. Hierfür soll die Interaktion der Saponine mit der Zellmembran verantwortlich sein. In einer Studie zur Entstehung von Dickdarmkrebs am Tiermodell wurden nach der Aufnahme von Saponinen aus Sojabohnen weniger Dickdarmepithel-Läsionen, die Vorstufen eines Adenoms darstellen, beobachtet als bei den Kontrolltieren. Zwei mögliche Mechanismen für die Prävention von Dickdarmkrebs werden zurzeit diskutiert. Saponine binden Cholesterin und primäre Gallensäuren, wodurch die Bildung genotoxischer sekundärer Gallensäuren, die auch als Tumorpromotoren wirken können, verringert wird. Ein weiterer Mechanismus betrifft die Stimulation des Immunsystems, die zu einer erhöhten Aktivität von tumorzerstörenden Immunzellen, z. B. natürlichen Killerzellen oder zytotoxischen T-Lymphozyten, führt.

Antibiotische Wirkungen von Saponinen richten sich in erster Linie gegen Pilze. Im Tierversuch konnte durch orale Saponinaufnahme eine *Candida-albicans*-Infektion therapiert werden. Die antifungale Wirkung wird mit einer Komplexbildung von Saponinen mit Sterinen der Pilzmembran erklärt. Durch Zugabe von Cholesterin lässt sich diese Wirkung aufheben. Da die Bioverfügbarkeit von Saponinen nur gering ist, üben diese wahrscheinlich ihre stärkste antibiotische Wirkung im Intestinaltrakt aus. Dadurch, dass beim Menschen im Intestinaltrakt ständig Cholesterin vorhanden ist, ist die antibiotische Wirkung jedoch fraglich. In vitro hemmt das Saponin Glycyrrhizin die Replikation verschiedener Viren, einschließlich des HI-Virus. Die tägliche orale Aufnahme von Glycyrrhizin (7,2–30,8 mg/kg Körpergewicht) für einen Monat verzögerte bei Personen mit Viruserkrankungen die Symptomentwicklung.

Die cholesterinsenkende Wirkung einiger Saponine soll auf einem direkten und einem indirekten Effekt basieren. Der direkte Effekt beruht auf der Bildung eines unlöslichen Saponin-Cholesterin-Komplexes im Intestinaltrakt, wodurch die Absorption des Cholesterins gehemmt wird. Die indirekte Wirkung besteht in der Hemmung des enterohepatischen Kreislaufs der primären Gallensäuren. Saponine binden primäre Gallensäuren und erhöhen deren fäkale Ausscheidung. Dadurch kommt es in der Leber zu einer vermehrten Neusynthese der primären Gallensäuren aus dem kör-

pereigenen Cholesterinpool, was wiederum zu einer Senkung des Gesamtcholesterinspiegels führt. Die Hemmung der Reabsorption von primären Gallensäuren durch deren Bindung an Saponine kann mit dem amphibolen Charakter beider Substanzen erklärt werden. Die Vermengung von Saponinen und primären Gallensäuren führt zur Bildung sehr großer Mizellen, die wegen ihrer Größe die Darmwand nicht durchdringen können. Untersuchungen hierzu mit isolierten Saponinen wurden bisher allerdings nur im Tierexperiment durchgeführt. Beim Menschen wurden saponinhaltige Lebensmittel verwendet, die gleichzeitig weitere cholesterinsenkende Stoffe enthielten. Bei Patienten mit einer Hyperlipoproteinämie bewirkte die Gabe von täglich dreimal 40 g erhitztem Alfalfasamen zu einer Normalkost nach 8 Wochen eine Senkung des Gesamtcholesterinspiegels im Serum um 17% und des LDL-Cholesterins um 18%. Ein synthetisches Saponin führte bei Personen mit Hypercholesterinämie ebenfalls zu einer Abnahme des LDL-Cholesterins sowie zu einer erhöhten Ausscheidung von neutralen Sterinen im Stuhl. Modifikationen im Steroid- sowie im Zuckerteil des Saponins erhöhten die cholesterinsenkende Wirkung. Untersuchungen zum Mechanismus dieses synthetischen Saponins ergaben, dass nicht die Bildung von Saponin-Cholesterin-Komplexen für die Wirkung verantwortlich war. Insgesamt sind derzeit jedoch keine genauen Angaben zum Mechanismus möglich. Neuere Studien weisen darauf hin, dass die Massai in Kenia und Tansania durch die Verwendung von Baumrinden bei der Nahrungszubereitung hohe Saponinmengen aufnehmen, was wiederum die trotz des Verzehrs tierischer Fette niedrigen Cholesterinspiegel teilweise erklären könnte.

Die immunologischen Wirkungen der Saponine können in zwei Gruppen eingeteilt werden, eine Adjuvans- sowie eine immunstimulierende Wirkung. Die Adjuvans-Wirkung der Saponine wurde bereits zu Beginn der 1950er Jahre festgestellt. Werden Antigene in Kombination mit Saponinen verabreicht, so kommt es zu einer stärkeren Immunantwort gegen das Antigen als ohne Saponine. Saponine als Adjuvantien erhöhen die Antikörperbildung und induzieren bei T-Lymphozyten antikörperspezifische „Gedächtniszellen“. Des Weiteren stimulieren sie die Lymphozytenproliferati-

Berichtigungen

(sf) Leider wurden im Beitrag „Basiswissen aktualisiert: Carotinoide“, Ernährungs-Umschau 48 (2001), S. 72, in der Abbildung 2 wegen eines technischen Fehlers die Carotinoidgehalte falsch angegeben. Richtig muss es jeweils heißen: mg/100 g.

Im Betrag „Basiswissen aktualisiert: Phytosterine“, Ernährungs-Umschau 48 (2001), muss auf S. 164, mittlere Spalte, der letzte Satz des ersten Absatzes lauten: Des Weiteren soll β -Sitosterin in vitro die Apoptoserate von Brustkrebszellen (MDA-MB-231) stark erhöhen.

on sowie die B- und T-Zellen-Kooperation bei der Antikörperbildung. Die immunstimulierende Wirkung von Saponinen und saponinreichen Extrakten ist in vitro in zahlreichen Experimenten belegt worden. Nach oraler Aufnahme wurde auch im Tierexperiment eine erhöhte Aktivität der Immunzellen der Milz sowie der mesenterialen Lymphknoten beobachtet. Klinische Studien (Phase I) zur Verträglichkeit der Saponine als Adjuvantien bei Impfungen werden derzeit durchgeführt. Es liegen jedoch noch keine Informationen über die Wirkung der Saponine auf das menschliche Immunsystem vor. Eine Voraussetzung für die adjuvante Wirksamkeit oral verabreichter Saponine soll deren Bindung an das Cholesterin der Membranen immunkompetenter Zellen sein. Dies deutet ebenfalls darauf hin, dass viele Wirkungen mit der Affinität für freie und membrangebundene Sterine im Zusammenhang stehen.

Das Saponin Glycyrrhizin aus Süßholz besitzt im Gegensatz zu anderen Saponinen wegen seines spezifischen Zuckerrestes eine 50fach stärkere Süßkraft als Saccharose. Es kann im Körper zum Aglykon Glycyrrhetinsäure umgewandelt werden, welches die 11- β -Hydroxysteroiddehydrogenase, ein Schlüsselenzym des aldosterongesteuerten Mineralstoffhaushaltes, hemmt. Bei regelmäßiger Aufnahme von Lakritze kann es zu einer Natriumanreicherung und einer vermehrten Kaliumausscheidung kommen, wodurch u. a. Bluthochdruck auftreten kann. In klinischen Studien wurde für Lakritze auch eine therapeutische Wirkung gegen Magengeschwüre festgestellt.

Unerwünschte Wirkungen – Toxizität

Die Toxizität ist häufig nicht mit hochgereinigten Saponinen ermittelt worden, sondern mit ungereinigten Extrakten. Daher liegen wenige Informationen zur Toxizität einzelner Saponine vor. Bei oraler Aufnahme wird für Warmblüter eine LD₅₀ von 50–1000 mg/kg Körpergewicht angegeben, was als niedrig einzuschätzen

ist. Auf der Anwesenheit von polaren und unpolaren Gruppen beruht die starke Oberflächenaktivität der Saponine und ihre potenzielle Toxizität. Einzelne Saponine besitzen in vitro und nach intravenöser Applikation eine starke hämolytische Wirkung, weshalb Saponine lange generell als toxisch bezeichnet wurden. Die hämolytische Wirkung der Saponine wird jedoch in Anwesenheit von Plasma (Albumin) stark abgeschwächt. Durch Zugabe von Cholesterin wird die Hämolyse von Erythrozyten ebenfalls verhindert. Aus diesen Gründen sowie wegen ihrer geringen Bioverfügbarkeit besteht nur ein sehr geringes Risiko, dass es beim Menschen durch den Verzehr saponinreicher Lebensmittel zur Hämolyse kommen könnte.

Saponine können auch mit den Zellmembranlipiden in der Darmwand reagieren. In isoliertem Darmgewebe konnte durch Hafersaponine eine erhöhte Permeabilität für makromolekulare Marker induziert werden. In vivo war die Permeabilität jedoch nicht beeinträchtigt. In Humanstudien konnte ebenfalls keine nachteilige Wirkung auf die intestinale Permeabilität nachgewiesen werden. Es wird angenommen, dass durch Saponine geschädigte Darmepithelzellen im Rahmen der kontinuierlichen Epithelerneuerung entfernt werden, ohne direkt das Epithel zu schädigen. Zudem steht der sehr großen Darmoberfläche beim Menschen eine relativ geringe Saponinmenge in der Nahrung gegenüber. Aus diesem Grund wurde kürzlich vorgeschlagen, Saponine in Lebensmitteln nicht länger als antinutritive Stoffe zu bezeichnen. Unklar ist jedoch, inwieweit im Intestinaltrakt vorhandene Nährstoffe, sekundäre Pflanzenstoffe oder Toxine in Anwesenheit von Saponinen vermehrt absorbiert werden.

Wegen der blutdruckerhöhenden Wirkung von Glycyrrhizin wird von verschiedenen Seiten ein verbindlicher Grenzwert für dieses Saponin in Lakritze gefordert. Als maximale Dosis werden 100–300 mg/Tag diskutiert. Allerdings wurden in 100 g Lakritzkonfekt bis zu 2000 mg Glycyrrhizin nachgewiesen.

Aktuelle Zufuhr und Versorgungszustand

Es gibt derzeit keine Angaben zur Saponinaufnahme in Deutschland. In Großbritannien wurden für Menschen europäischer Abstammung (Kaukasier) mit durchschnittlicher Ernährung bis zu 15 mg Saponine täglich ermittelt. Bei traditionell asiatischer, afrikanischer oder vegetarischer Ernährung sind es, abhängig von der Menge der verzehrten Hülsenfrüchte, mit täglich 110–240 mg deutlich mehr.

Literaturhinweise:

1. Fenwick, R.G., Price, K.R., Tsukamoto, C., Okuba, K.: Saponins. In: D'Mello, F.J.P., Duffus, M.C., Duffus, J.H. (Eds.): Toxic substances in crop plants. The Royal Society of Chemistry, London (1991), S. 285–327.
2. Hostettmann, K., Marston, A.: Saponins. S. 18–121 und 232–286. Cambridge University Press, Cambridge (1995).
3. Rao, A.V., Gurfinkel, D.M.: The bioactivity of saponins: triterpenoid and steroidal glycosides. *Drug Metabol. Drug Interact.* 17 (2000), S. 211–235.
4. Price, K.R., Johnson, I.T., Fenwick, G.R.: The chemistry and biological significance of saponins in foods and feedstuffs. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 26 (1987), S. 27–135.
5. Watzl, B., Leitzmann, C.: Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln. S. 29–30, 74–75, 134–135. 2. Aufl., Hippokrates, Stuttgart (1999).

Anschrift des Verfassers:

Dr. Bernhard Watzl
 Institut für Ernährungsphysiologie
 Bundesforschungsanstalt für Ernährung
 Haid-und-Neu-Str. 9
 76131 Karlsruhe