

2023
38. Jahrgang
Seite 115–119

Sonderdruck

Spinat und
Ecdysteroide

Rita Hermann

Copyright & Ownership

© 2023. Thieme.
All rights reserved.
Die Zeitschrift
Ernährung & Medizin
ist Eigentum von Thieme.
Georg Thieme Verlag KG,
Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart,
Germany
ISSN 1439-1635

Spinat und Ecdysterioide

Rita Hermann

Spätestens mit der Comic-Figur Popeye gilt Spinat als kraftbringend und leistungssteigernd. An seiner anabolen Wirkung scheint tatsächlich etwas dran zu sein. Im Fokus der Wissenschaft stehen die im Spinat enthaltenen Ecdysterioide. Der Beitrag fasst die aktuellen Erkenntnisse zusammen.



Moderates Muskeltraining zusammen mit einer angepassten Ernährung kann Muskelmasse und Muskelkraft im Alter stärken und einer Sarkopenie vorbeugen. Symbolbild, posed by a model. © primipil/stock.adobe.com

Spinat

Spinat ist eine Pflanzenart aus der Familie der Fuchschwanzgewächse (Amaranthaceae) (► **Abb. 1**). Das Gemüse stammt ursprünglich aus Asien und kam zu Zeiten der Kreuzzüge nach Europa [1]. Als Spinatgemüse gilt die Spinatart „*Spinacia oleracea*“, von der es etwa 50 verschiedene Kultursorten gibt.

Das Blattgemüse ist ganzjährig im Handel, entweder als Freiland- oder Gewächshausgemüse. Je nach Anbauzeit wird es in Frühjahrs-, Sommer- und Winterspinat unterteilt. Der Frühjahrs- und Sommerspinat hat kleine, zarte und hellgrüne Blätter, der Winterspinat dunkelgrüne, große und feste, oft auch fleischige Blätter. In Deutschland liegt der jährliche Pro-Kopf-Verbrauch bei ca. 800 g [2].

Merke

Man unterscheidet Blatt- und Wurzelspinat. Beim Blattspinat werden nur die Blätter geerntet, beim Wurzelspinat wird die Pflanze direkt über der Wurzel abgeschnitten und angeboten.

Wertvolle Inhaltsstoffe

Spinat gehört zu den nährstoffreichsten Gemüsearten. Auch wenn der Eisengehalt geringer ist als früher angenommen, bleibt das grüne Gemüse weiterhin eine gute Eisenquelle (3,4 mg/100 g). Spinat liefert zudem Kalium, Calcium, Magnesium sowie Folsäure, Vitamin C und Vitamin A [3].

Weiterhin stecken bislang noch wenig bekannte Inhaltsstoffe in Spinat, z. B. das Protein Ribulose-1,5-bisphosphat-carboxylase/-oxygenase (RuBisCo). Es wird bei der Verdauung in das Opioidpeptid Rubiscolin abgebaut und wirkt u. a. als Agonist am δ -Opioidrezeptor antidepressiv [4], schmerzlindernd [5] sowie gedächtnisfördernd [6]. Inzwischen rücken die Ecdysterone und insbesondere das in Spinat vorkommende Derivat Ecdysteron in das Interesse der Forschung und Medizin.

Ecdysterone und Ecdysteron

Ecdysterone sind Verbindungen, die in Pflanzen und Tieren vorkommen (T. \rightarrow **Abb. 2a**). Es gibt mehr als 300 verschiedene Derivate davon [7, 8]. Sie wurden zunächst aus dem Seidenspinner *Bombyx mori* isoliert und sind hier vor allem am Häutungsprozess (Ecdysis) beteiligt, wovon sich auch der Name ableitet [9–11].

Ecdysteron (20-Hydroxyecdysone; T. \rightarrow **Abb. 2b**) ist ein Ecdysteroid-Derivat, das Mitte der 1960er-Jahre in Pflanzen nachgewiesen wurde und diese vor pflanzenfressenden Insekten schützt [12]. Vor dem Hintergrund, diesen sekundären Pflanzenstoff als Schädlingsbekämpfungsmittel einzusetzen, wurde seine Sicherheit für Säugetiere untersucht und gut belegt.

Ecdysterone – Phytohormone in Spinat

Anfang der 1980er-Jahre konnten ungarische Wissenschaftler erstmalig Ecdysterone in Spinat nachweisen [13]. Hauptderivat ist das Ecdysteron [14].

Merke

Spinat ist eine der wenigen Gemüsepflanzen, die größere Mengen an Ecdysteron enthalten [14].

Ecdysterone finden sich darüber hinaus z. B. in Amaranth, Quinoa und Pilzen [19, 20].

Der Ecdysterongehalt im Spinat variiert je nach Sorte, Pflanzenteilen und Entwicklungsstadium zum Teil sehr



© shosa/stock.adobe.com

► Abb. 1 Lecker und gesund: Spinat ist ganzjährig als Frischware im Handel. © shosa/stock.adobe.com

stark [15–18]; weitere Einflussfaktoren kommen hinzu (s. Info). Ecdysteron ist bereits im Samen nachweisbar. Es zeigt sich ein Anstieg bereits nach der Keimung, der sich im weiteren Entwicklungsverlauf fortsetzt und in den oberirdischen Teilen der Pflanze immer wieder umverteilt wird. Sehr hohe Konzentrationen konnten in den apikalen, d. h. zur Wachstumsspitze hin reichenden Blättern und Stängeln nachgewiesen werden [17, 18]. Ähnliche Vorgänge zeigen sich bei weiteren Pflanzen aus der Familie der Amaranthaceae [7].

INFO

Einflussfaktoren

Der Gehalt an Ecdysteron in Spinat wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst, darunter u. a.:

- Stressoren
- Alterung der Pflanze
- mechanische Einwirkung
- spezifische Anbauregion
- saisonale Effekte

Ecdysteron mit gesundheitsförderlichen Wirkungen

Für Ecdysteron ist eine Vielzahl an gesundheitsförderlichen Wirkungen *in vitro* und *in vivo* belegt [7]. Diese betreffen den Stoffwechsel von Eiweiß, Fett und Kohlenhydraten. Tierversuche belegen beispielsweise eine Reduktion des Körpergewichts bzw. der Fettmasse [21, 22] sowie eine Senkung des Cholesterinspiegels [23] nach Gabe von Ecdysteron. Bei vorliegender Insulinresistenz zeigt sich eine Glukose-reduzierende Wirkung [21, 24]. Zusätzlich sind positive Effekte u. a. auf Leber, Niere, Haut sowie zentrales Nervensystem nachgewiesen. Ecdysteron wirkt darüber hinaus antioxidativ, antimikrobiell und antiproliferativ [7].

Spinatextrakt mit anaboler Wirkung

Gorelick-Feldmann et al. untersuchten schon früh die Auswirkungen eines Spinatextrakts auf Muskelzellen von Mäusen und Menschen. In *In-vitro*-Versuchen zeigte sich eine Steigerung der Proteinsynthese um bis zu 20%. Bei *In-vivo*-Versuchen an Ratten erhöhte sich deren Vorderpfoten-Greifkraft [16]. Studien der Arbeitsgruppe um Parr belegten eine Vergrößerung der Muskelfasern bei männlichen Ratten [25]. Weitere Zellkulturmodelle bestätigen die anabole Wirkung von Ecdysteron [26, 27]. Seine Wirkung erfolgt über den Östrogenrezeptor- β , und nicht, wie zunächst vermutet werden kann, über den Androgenrezeptor [25].

Wirkung beim Menschen

Bislang gibt es nur eine begrenzte Anzahl an Studien beim Menschen. Perez-Pinero et al. belegten in einer randomi-

sierten, doppelblind-konzipierten Studie die Wirkung einer 12-wöchigen täglichen Gabe eines natürlichen Spinatextrakts bei Menschen über 50 Jahren (ein Großteil mit Kriterien einer Sarkopenie). In Kombination mit einem moderaten Muskelaufbautraining erhöhte sich die Muskelmasse signifikant, insbesondere bei Männern, und die Muskelkraft bzw. -funktion sowie die Muskelqualität verbesserten sich bei beiden Geschlechtern [28].

Zu ähnlichen Ergebnissen kam bereits die Arbeitsgruppe um Isenmann in einer placebo-kontrollierten Studie, die in Kooperation u. a. mit der TU Berlin und der Deutschen Sporthochschule Köln durchgeführt wurde [29]. Ecdysteron über 10 Wochen führte bei jungen Männern in Verbindung mit einem moderaten Krafttraining zu einer dosisabhängigen Erhöhung der Muskelmasse. Die gleichen hypertrophen Effekte ergeben sich *in vitro* auf zellulärer Ebene. Die Studienteilnehmer zeigten eine deutliche Leistungssteigerung beim Bankdrücken mit einer Wiederholung. Wie auch in anderen Untersuchungen konnten keine Nebenwirkungen festgestellt werden [29]. Aktuell bestätigen Daten von Diodi et al. die positive Wirkung von Ecdysteron auf den Muskelaufbau bei jungen Erwachsenen [30].

Merke

Ecdysteron in Spinatextrakt steigert die Proteinsynthese in Muskelzellen sowie die Muskelkraft.

Ecdysteronaufnahme aus Spinat

Frischer Spinat hat je nach Wachstumsrate und Pflanzenteil einen Ecdysteroid-Gehalt von bis zu 800 mg pro kg Frischgewicht [17]. Bei einem Wassergehalt von etwa 93 % ergibt sich für die Trockenmasse (Spinatpulver) eine Ecdysteroid-Konzentration von bis zu 1,14 %. Aufgrund dieser geringen Menge wird die Aufnahme auf maximal 100 mg Ecdysteron pro Tag geschätzt. Die durchschnittliche Aufnahme, die für die westeuropäische Ernährung wahrscheinlich ist, übersteigt nur sehr selten 100 µg/Tag [8]. Zum Vergleich: Sportlern (in der Regel Bodybuilder) wird immer wieder empfohlen, bis zu mehrere Gramm Ecdysteron pro Tag einzunehmen [31]. In der o. g. Studie von Isenmann et al. lag die Tagesdosis bei 12 mg Ecdysteron [29].

INFO

Die anabole Wirkung von Ecdysteron kann für viele Erkrankungen von Vorteil sein, u. a.:

- Sarkopenie
- Kachexie
- Osteoporose
- Typ-2-Diabetes
- Metabolisches Syndrom
- Alzheimer Erkrankungen

Ecdysteron, ein Dopingmittel?

Auf dem Markt gibt es zahlreiche Ecdysteroid-haltige Präparate. Es stellt sich die Frage, ob eine Einnahme von Ecdysteron aufgrund seiner Wirkung auf den Muskelzuwachs zu unfairen Vorteilen bei Wettkämpfen führen kann. Die Arbeitsgruppe um Parr ging dieser Frage nach und belegte eine im Vergleich zu den verbotenen anabolen Wirkstoffen (z. B. Metandienon) höhere Wirksamkeit [32]. Weiterhin haben sie analytische Methoden zum Nachweis von Ecdysteron im Serum und Urin entwickelt [33]. Bislang ist die Substanz von der Welt-Anti-Doping Agentur (WADA) als leistungssteigernd eingestuft und steht seit 2020 auf der Beobachtungsliste potenziell missbrauchter Substanzen im Sport. Gefordert wird, Ecdysteron in die Kategorie S1.2 „andere anabole Wirkstoffe“ aufzunehmen.

Merke

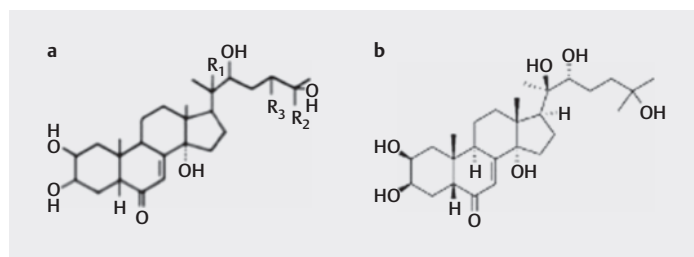
Seit Mitte der 1980er-Jahre gilt synthetisch gewonnenes Ecdysteron als muskelaufbaufördernde Substanz bei Sportlern, vor allem bei Bodybuildern [8].

Ecdysteron bei Sarkopenie

Ein durch Ecdysteron induzierter Muskelzuwachs kann für ältere Menschen oder Frauen nach der Menopause gesundheitsfördernd wirken [34]. Mit dem Alter kommt es zu einem Verlust an Muskelmasse und Muskelkraft. Ältere Menschen werden schwächer und unbeweglicher, fallen leichter und verletzen sich schneller: Es steigt das Risiko für eine Sarkopenie. Dies reduziert die Lebensqualität sowie die Mobilität und steigert das Mortalitätsrisiko. Ecdysteron als „Therapeutikum“ könnte den Erhalt der Muskelmasse sowie die körperliche Leistungsfähigkeit fördern [25].

Fazit

Ecdysteronoide haben vielfältige gesundheitsfördernde Effekte, die durch zahlreiche Studien gut belegt sind. Dabei steht das in Spinat enthaltene Ecdysteron im Forschungsmittelpunkt – und dies nicht nur aufgrund seiner nicht-androgenen anabolen Wirkung bei Sportlern. Seine positiven Effekte auf verschiedene Stoffwechselfvorgänge können sowohl für die Prävention als auch die Therapie von Erkrankungen von Vorteil sein, zum Beispiel beim Metabolischen Syndrom oder beim Diabetes mellitus. Besonders im Zusammenhang mit der Wirkung auf den Muskel-



► **Abb. 2** Ecdysteroid-Grundstruktur (a) und Ecdysteron (20-Hydroxyecdysone) (b).

zuwachs und die Muskelkraft könnten ältere Menschen davon profitieren, um eine Sarkopenie zu verhindern bzw. zu therapieren. Die derzeit vorliegenden Daten sind vielversprechend.

KERNAUSSAGEN

- Ecdysteroide zählen zu den sekundären Pflanzenstoffen.
- Ecdysteron ist der am besten untersuchte Vertreter der Ecdysteroide.
- In der Pflanze wirken Ecdysteroide als Fraßschutzstoff.
- Ecdysteron ist vor allem in Spinat nachweisbar. Die Konzentration in frischem Spinat liegt bei bis zu 800 mg/kg.
- Ecdysteron zeigt muskelanabole Effekte bei Säugetieren.
- Ecdysteron zeigt weitere Wirkungen auf den Stoffwechsel des Menschen, z. B. eine Senkung des Glukose- und Cholesterinspiegels im Blut.

Interessenkonflikt

Die Autorin erklärt, dass sie innerhalb der vergangenen 3 Jahre Beratungsleistungen für die Firma Madaus & Lauscher GmbH erbracht hat.

Autorinnen/Autoren



Dr. Rita Hermann

Dr. Rita Hermann ist Oecotrophologin und Inhaberin der Agentur für Ernährungskommunikation in der Nähe von Koblenz. Sie arbeitet seit mehr als 25 Jahren als Fachjournalistin, Buchautorin, Referentin und Dozentin und beschäftigt sich mit Themen rund um Lebensmittel und Ernährung in Prävention und Therapie.

Korrespondenzadresse

Dr. Rita Hermann
Erlenweg 5
56218 Mülheim-Kärlich
Deutschland
r.hermann@agentur-hermann.org

Literatur

- [1] Industrieverband Agrar e. V., Hrsg. Spinat: Popeyes Wundergemüse. Im Internet: <https://www.iva.de/iva-magazin/schule-wissen/spinat-popeyes-wundergemuese>; Zugriff am 24.07.2023
- [2] Bundesvereinigung der Erzeugerorganisationen Obst und Gemüse e.V., Hrsg. Blattspinat. Im Internet: <https://deutsches-obst-und-gemuese.de/blattspinat/>; Zugriff am 24.07.2023
- [3] Bundeszentrum für Ernährung, Hrsg. Saison für Spinat. Im Internet: <https://www.bzfe.de/>; Zugriff am 24.07.2023
- [4] Mitsumoto Y, Sato R, Tagawa N et al. Rubiscolin-6, a δ -opioid peptide from spinach RuBisCO, exerts antidepressant-like effect in restraint-stressed mice. *J Nutr Sci Vitaminol* 2019; 65: 202–204
- [5] Yang S, Yunden J, Sonoda S. Rubiscolin, a delta selective opioid peptide derived from plant Rubisco. *FEBS Letters* 2001; 509: 213–217
- [6] Yang S, Kawamura Y, Yoshikawa M. Effect of rubiscolin, a δ selective opioid peptide derived from Rubisco, on memory consolidation. *Peptides* 2003; 24: 325–328
- [7] Thiem B, Kikowska M, Malinski MP et al. Ecdysteroids: production in plant in vitro cultures. *Phytochem Rev* 2017; 16: 603–622
- [8] Dinan L, Mamadaliyeva NZ, Lafont R. Dietary Phytoecdysteroids. In: Xiao J, Sarker SD, Asakawa Y, eds. *Handbook of dietary phytochemicals*. Singapore: Springer Nature; 2020
- [9] Butenandt A, Karlson P. Über die Isolierung eines Metamorphosehormones der Insekten in kristallisierter Form. *Z Naturforsch* 1954; 98: 389–391
- [10] Hoffmeister H, Grützmacher HF, Dünnebeil K. Untersuchungen über die Struktur und biochemische Wirkung von Ecdysteron. *Z Naturforsch* 1966; 22b: 66–70
- [11] Lexikon der Biologie: Ecdysteroide. Im Internet: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/ecdysteroide/19914>; Zugriff am 11.7.2023
- [12] Soriano IR, Riley IT, Potter MJ et al. Phytoecdysteroids: A novel defense against plant-parasitic nematodes. *J Chem Ecol* 2004; 30: 1885–1889
- [13] Bathory M, Toth I, Szendrei K et al. Ecdysteroide in *Spinacia oleracea* und *Chenopodium bonus-henricus*. *Phytochemie* 1982; 21: 236–238
- [14] Grebenok RJ, Ripa PV, Adler JH. Vorkommen und Gehalt von Ecdysteroiden im Spinat. *Lipide* 1991; 26: 666–668
- [15] Cheng DM, Yousef GG, Lila MA. Variation in phytoecdysteroid accumulation in seeds and shoots of *Spinacia oleracea* L. accessions. *HortScience* 2010; 45: 1634–1638
- [16] Gorelick-Feldman J, MacLean D, Ilic N et al. Phytoecdysteroids increase protein synthesis in skeletal muscle cells. *J Agric Food Chem* 2008; 56: 3532–3537
- [17] Grebenok R, Galbraith D, Benveniste I et al. Ecdysone-20-monooxygenase, a cytochrome P450 enzyme from spinach. *Phytochemistry* 1991; 42: 927–936
- [18] Bakrim A, Maria A, Sayah F et al. Ecdysteroids in spinach (*Spinacia oleracea* L.): biosynthesis, transport and regulation of levels. *Plant Physiol Biochem* 2008; 46: 844–854
- [19] Graf BL, Poulew A, Kuhn P. Quinoa seeds leach phytoecdysteroids and other compounds with anti-diabetic properties. *Food Chem* 2014; 163: 178–185
- [20] Lafont R, Harmatha J, Marion-Poll F et al. *The Ecdysone Handbook*. 3rd Ed. Im Internet: <http://ecdybase.org>; Zugriff am 24.07.2023
- [21] Kizelsztejn P, Govorko D, Komarnytsky S et al. 20-Hydroxyecdysone decreases weight and hyperglycemia in a diet-induced obesity mice model. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2009; 296: E433–E439

- [22] Foucault A-S, Even P, Lafont R et al. Quinoa extract enriched in 20-hydroxyecdysone affects energy homeostasis and intestinal fat absorption in mice fed a high-fat diet. *Physiol Behav* 2014; 128: 226–231
- [23] Seidlova-Wuttke D, Ehrhardt C, Wuttke W. Metabolic effects of 20-OH-ecdysone in ovariectomized rats. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2010; 119: 121–126
- [24] Chen Q, Xia Y, Qiu Z. Effect of ecdysterone on glucose metabolism in vitro. *Life Sci* 2006; 78: 1108–1113
- [25] Parr MK, Zhao P, Haupt O et al. Estrogen receptor beta is involved in skeletal muscle hypertrophy induced by the phytoecdysteroid ecdysterone. *Mol Nutr Food Res* 2014; 58: 1861–1872
- [26] Gorelick J, Iraqi RH, Bernstein N. Ecdysteroid content and therapeutic activity in elicited spinach accessions. *Plants* 2020; 9: 727
- [27] Zwetsloot KA, Shanely AR, Merritt EK et al. Phytoecdysteroids: a novel, non-androgenic alternative for muscle health and performance. *J Steroids Hormon Sci* 2014; 12: 10–12
- [28] Perez-Pinero S, Avila-Gandia V, Arias JAR et al. A 12-week randomized double-blind placebo-controlled clinical trial evaluating the effect of supplementation with a spinach extract on muscle function in adults older than 50 years of age. *J Clin Med* 2021; 10: 4373
- [29] Isenmann E, Ambrosio G, Joseph JF. Ecdysteroids as non-conventional anabolic agent: performance enhancement by ecdysterone supplementation in humans. *Arch Toxicol* 2019; 93: 1807–1816
- [30] Dìoh W, Tourette C, Del Signore S et al. A Phase 1 study for safety and pharmacokinetics of BIO101 (20-hydroxyecdysone) in healthy young and older adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2023; 14: 1259–1273
- [31] Hunyadi A, Herke I, Lengyel K et al. Ecdysteroid-containing food supplements from *Cyanotis arachnoidea* on the European market: evidence for spinach product counterfeiting. *Scientific Report* 2016; 6: 37322
- [32] Parr MK, Botrè F, Naß A et al. Ecdysteroids: A novel class of anabolic agents? *Biol Sport* 2015; 32: 169–173
- [33] Parr MK, Ambrosio G, Wuest B et al. Targeting the administration of ecdysterone in doping control samples. *bioRxiv* 2019; 685230. DOI: 10.1101/685230
- [34] Diel P, Parr MK. Ecdysteroid bei postmenopausalen Frauen: Gesundheitsförderung und Metabolismus. Im Internet: <https://gepris.dfg.de/>; Zugriff am 24.07.2023

Bibliografie

Ernährung & Medizin 2023; 38: 115–119
 DOI 10.1055/a-2100-0350
 ISSN 1439-1635
 © 2023. Thieme. All rights reserved.
 Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14,
 70469 Stuttgart, Germany