

©Borgis

*Gerard Nowak, Arletta Moroch, Maria Urbańska, Joanna Nawrot, Lidia Ratajczak, Renata Dawid-Pać

Ekdysony roślinne

Katedra i Zakład Naturalnych Surowców Leczniczych i Kosmetycznych, Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu
Kierownik Katedry i Zakładu: prof. dr hab. n. farm. Gerard Nowak

PLANT ECDYSONES

SUMMARY

Ecdysones are present in both animals and plants. These compounds constitute a family of about 300 structures with distinctive physical, chemical and biological properties. They are considered to be of a very polar nature. The plants usually contain one or a few major ecdysteroids along with other closely related compounds occurring in lower amounts. The following phytoecdysones are the most famous: 20-hydroxyecdysone (polypodine A) and polypodine B. The compounds in question, and the materials in which they play a dominant role, are very promising for phytotherapy. Phytoecdysones have been proven to have anabolic activity. They stimulate the protein synthesis in the liver, kidneys and muscles with no apparent detrimental effects to the functions of human organism. Some pharmacological studies indicate a possible increase in human body's efficiency owing to the influence of phytoecdysteroids. These compounds have been also noted in literature to have a positive effect in hyperglycaemia, hypercholesterolemia and physical and/or mental weakness. There are suggestions of phytoecdysones being applied as a supplement in the treatment of several diseases of the cardiovascular system. However, despite the positive results of pharmacological studies on phytoecdysones and their presence on the pharmaceutical market, the plants containing these compounds are not mentioned in international monographs.

KEY WORDS: PHYOECDYSTEROIDS – STEROIDS – 20-HYDROXYECDYSONE – POLYPODINE B

Ekdysony wśród roślinnych steroidów

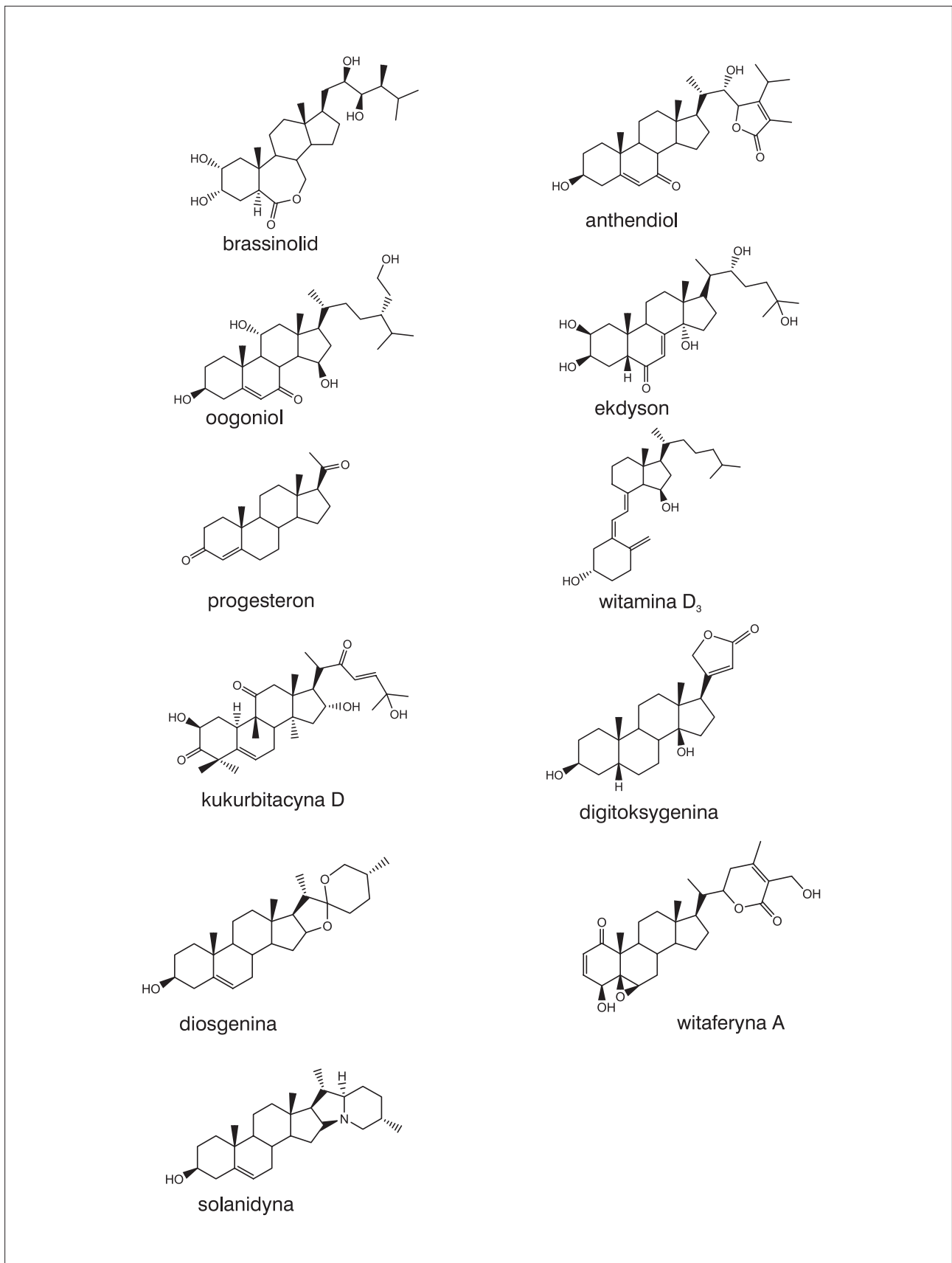
Fitoekdysteroidy (ekdysony, fitoekdysony), obok brasinosteroidów, bufadienolidów, kardenolidów, kukurbitacyn, saponozydów steroidowych, alkaloidów steroidowych i witanolidów, należą do rodziny związków steroidowych (ryc. 1). Pod względem fizjologicznym dzielone są one niekiedy na trzy grupy. Pierwsza, w fizjologii roślin pełni rolę hormonów i feromonów (brassinosteroidy, anteridiol, oogoniol), druga, do której należą ekdysony, progestageny, cho-

lekalcyferole (witamina D₃) stanowi grupę związków powiązanych pod względem struktury z hormonami zwierząt bezkręgowych, a w skład trzeciej grupy wchodzi metabolity wtórne – substancje pełniące rolę ochronną roślin jako repelenty, deterenty i związki o działaniu toksycznym wobec zwierząt (1).

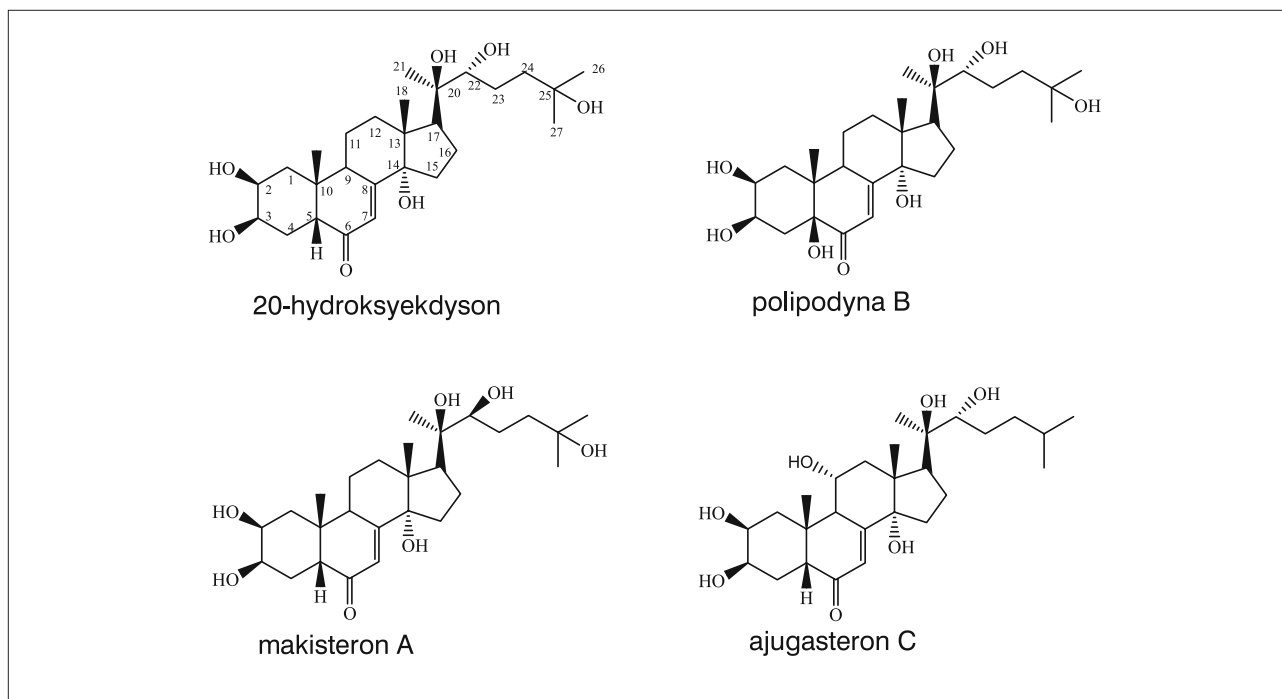
Charakterystyka chemiczna ekdysonów

Ekdysony są pochodnymi cyklopentano-perhydrofenantrenu. Zdecydowana większość z nich ma 27 atomów węgla, podwójne wiązanie przy C7 i grupę ketonową przy C6. Tylko niektóre fitoekdysony pochodzą od fitosteroli i mają szkielety 28- lub 29-węglowe z grupą alkilową przy C24 (makisteron i makisteron C). Wszystkie ekdysteroidy charakteryzują się obecnością grup metylowych przy C10 i C13 w konfiguracji β. Pierścienie B/C i C/D są zawsze połączone konfiguracją *trans*. Natomiast pierścienie A/B przeważnie mają konfigurację *cis*. Większość ekdysonów posiada grupę α-hydroksylową przy C14, która wraz z podwójnym wiązaniem przy C7/8 i ketonem przy C6, stanowi układ chromoforowy o charakterystycznej absorpcji UV przy λ_{max} = 242 nm w metanolu i 254 nm w mieszaninie chlorek metylenu – metanol (ryc. 2). Charakterystyczną cechą chemiczną ekdysonów jest obecność kilku grup hydroksylowych, które nadają im charakter hydrofilny. Struktura steroidowa i różnorodność wymienionych wyżej podstawników stanowi o dużych możliwościach biosyntezy naturalnych ekdysonów. Bierze się pod uwagę występowanie ponad 1000 różnych modyfikacji strukturalnych naturalnych ekdysonów, z których dotychczas wyizolowano ok. 300 (2).

Najdokładniejsze informacje o strukturze i zawartości fitoekdysteroidów w roślinach można uzyskać w badaniu protonowego magnetycznego rezonan-



Ryc. 1. Struktury niektórych naturalnych związków steroidowych.



Ryc. 2. Struktury niektórych fitoekdysonów.

su jądrowego (^1H NMR). Wspomniane wcześniej sprzężenie wiązań 7-en-6-on rozpoznawalne jest w zakresie przesunięcia chemicznego δ 5,75-6,0 ppm (diagnostyczny proton w pozycji H-7). Natomiast grupy metylowe, przy atomach węgla C-21, C-26, C-27 są wyraźne przy sygnałach w zakresie 0,6-1,5 ppm.

Występowanie ekdysonów w roślinach

Fitoekdysteroidy są szeroko rozpowszechnione w świecie roślinnym, występują zarówno u okrytonasiennych, jak i nagonasiennych. Ekdysteroidowo-podobne substancje znaleziono również w brunatnych algach morskich z gatunku *Laurencia pinnata* Yamada, w grzybach i bezkręgowcach. Jednak tylko ok. 2% roślin na świecie zostało przebadanych pod kątem obecności tych związków. Przyjmuje się, że w 5-6% badanych na obecność ekdysonów roślin, uzyskano efekt pozytywny (1). Zawartość tych związków zmienia się wraz z cyklem wegetacyjnym rośliny. Stwierdzono na przykład, że maksymalne stężenie 20-hydroksyekdysonu w gatunkach *Serratula* występuje w dwóch okresach, na przełomie kwietnia i maja oraz w sierpniu (w czasie kwitnienia). Ekdysony kumulują się w tkankach, które są najważniejsze dla przeżycia rośliny, w większych ilościach występują w liściach i kwiatach, natomiast w mniejszych – w łodygach, korzeniach i nasionach (1, 2).

Występowanie fitoekdysteroidów potwierdzone jest w ok. 120 rodzinach (tab. 1), jednak tylko gatunki na-

leżące do pięciu z nich charakteryzują się wysoką zawartością tych związków, która wynosi ok. 1%. Jedną z tych rodzin jest *Asteraceae*. W niektórych gatunkach *Serratula* 20-hydroksyekdyson występuje w stężeniu od 0,9-2,0%. Wysoką zawartość fitoekdysonów wykazują także gatunki z rodziny *Chenopodiaceae*, np. szpinak (*Spinacia oleracea* L.) zawiera je w ilości 50 $\mu\text{g/g}$ suchej masy (1).

Badając 411 gatunków flory rosyjskiej z Zachodniej Syberii, Centralnej Azji oraz części północno-wschodniej Rosji stwierdzono, że w 29 gatunkach ekdysteroidy występowały na poziomie średnim (10-10² $\mu\text{g/g}$ suchej masy) lub wysokim (10²-10⁴ $\mu\text{g/g}$ suchej masy). Okazało się, że szczególnie duża zawartość tych związków występuje w gatunkach z plemienia *Cardueae* (*Asteraceae*) oraz *Lichnideae* (*Caryophyllaceae*) (3).

Występowanie fitoekdysteroidów w roślinach może mieć charakter filogenetyczny, np. w rodzinie *Caryophyllaceae* ekdysony znaleziono w gatunkach rodzaju *Lychys* i *Sylene* z plemienia *Lichnideae*, natomiast nie znaleziono tych związków w gatunkach należących do plemienia *Alsineae* i *Diantheae*. W rodzinie *Asteraceae* fitoekdysteroidy znaleziono w gatunkach należących do 5 rodzajów z jednego plemienia *Cardueae*. Podobnie w rodzinie *Amaranthaceae* wszystkie gatunki, w których zidentyfikowano ekdysony, należą do jednego plemienia *Amarantheae* (2). Natomiast

Tabela 1. Niektóre rodziny i gatunki roślin zawierające fitoekdysony (1, 3, 4).

Rodzina	Gatunek
Adoxaceae	<i>Adoxa moschatellina</i> L.
Amaranthaceae	<i>Achyranthes bidentata</i> , <i>A. aspera</i> L.
	<i>Amaranthus retroflexus</i> L., <i>A. albus</i> L.
	<i>Cyathula achyranthoides</i> (Kunth) Moq., <i>C. officinalis</i> K.C. Kuan
	<i>Gomphrena</i> L.
	<i>Pfaffia paniculata</i> (Mart.) Kuntze, <i>P. iresinoides</i> (Kunth) Spreng
Apiaceae	<i>Cicuta virosa</i> L.
	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.
	<i>Angelica archangelica</i> L., <i>A. sylvestris</i> L.
Asteraceae	<i>Arctium tomentosum</i> Mill.
	<i>Carduus nutans</i> L.
	<i>Centaurea phrygia</i> L., <i>C. fischeri</i> Schlecht., <i>C. jacea</i> L., <i>C. scabiosa</i> L.,
	<i>Cirsium heterophyllum</i> (L.) Hill, <i>C. oleraceum</i> (L.) Scop., <i>C. palustre</i> (L.) Scop., <i>C. setosum</i> (Willd.) Bess., <i>C. vulgare</i> (Savi) Ten.
	<i>Saussurea alpina</i> (L.) DC, <i>S. parviflora</i> (Poir.) DC
	<i>Serratula algida</i> Iljin, <i>S. centauroides</i> L., <i>S. chinensis</i> S. Moore, <i>S. coronata</i> L. = <i>S. wolfii</i> Andrae, <i>S. erucifolia</i> (L.) Boriss., <i>S. inermis</i> Gilib., <i>S. komarovii</i> Iljin., <i>S. lyratifolia</i> Schrenk, <i>S. procumbens</i> Regel, <i>S. sogdiana</i> Bunge, <i>S. strangulata</i> Iljin., <i>S. tinctoria</i> L.
	<i>Rhaponticum uniflorum</i> (L.) DC., <i>Rh. integrifolium</i> C. Winkl., <i>Rh. nanum</i> Lipsky, <i>Rh. carthamoides</i> (Willd.) Iljin. = <i>Leuzea carthamoides</i> (Willd.) DC.
Boraginaceae	<i>Symphytum officinale</i> L.
Butomaceae	<i>Butomus umbellatus</i> L.
Caryophyllaceae	<i>Silene</i> L.
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i> L., <i>C. rubrum</i> L.
	<i>Spinacia oleracea</i> L.
	<i>Atriplex patula</i> L.
	<i>Axyris amaranthoides</i> L.
	<i>Kochia scoparia</i> (L.) Schrad.
Commelinaceae	<i>Cyanotis somaliensis</i> C.B. Clarke
Lamiaceae	<i>Lamium</i> L.
	<i>Ajuga reptans</i> L., <i>A. turkestanica</i> (Regel) Briq.
Menispermaceae	<i>Tinospora cordifolia</i> (Willd.) Hook. f. & Thomson
Pinaceae	<i>Abies sibirica</i> Ledeb.
Plumbaginaceae	<i>Limonium</i> Mill.
Polypodiaceae	<i>Polypodium vulgare</i> L., <i>P. aurea</i> L., <i>P. glycyrrhiza</i> D.C. Eaton
Ranunculaceae	<i>Anemonastrum biarmiense</i> (Juz.) Holub
	<i>Anemonoides altaica</i> (C.A. Mey) Holub, <i>A. ranunculoides</i> (L.) Holub
	<i>Anemone silvestris</i> L.
Saxifragaceae	<i>Chrysosplenium alternifolium</i> L.
Trilliaceae	<i>Paris quadrifolia</i> L.
Verbenaceae	<i>Vitex</i> L.

podrodzaj *Ambrosia* z rodzaju *Chenopodium* wyróżnia się brakiem ekdysonów. Jednak tego typu dywagacje są ryzykowne, zważywszy na dużą liczbę potencjalnych ekdysonów dotąd nie wyizolowanych. Tymczasem dwa rodzaje: *Rhaponticum* i *Serratula* traktowane są jako główne źródła fitoekdysteroidów w *Asteraceae*, a 20-hydroksyekdyson uważany jest za najważniejszy z nich. Decyduje on o procentowej zawartości ekdysonów w takich gatunkach, jak *Serratula wolfii* Andrae, *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin. i *Rh. uniflorum* (L.) DC. W roślinach fitoekdysony występują najczęściej w mieszaninie, a nie jako pojedyncze związki. Pozostałe główne ekdysteroidy, znajdujące obok 20-hydroksyekdysonu, to jego pochodne: 5 β -hydroksylowa (polipodyna B) lub 22 β -metylowa (makisteron A) (ryc. 2). Występowanie fitoekdysonów z arbutyną lub bez niej w gatunkach z rodzaju *Serratula* i *Klasea* można uznać za ich cechę chemotaksonomiczną (4).

Właściwości farmakologiczne ekdysonów

Wyróżnia się dwa najważniejsze mechanizmy działania ekdysonów. Pierwszy, genomowy, polega na oddziaływaniu tych związków na swoiste receptory (EcR) i drugi, niegenomowy (membranowy).

Receptor steroidowy tworzą swoiste struktury białkowe znajdujące się w jądrze komórkowym ssaków, w jego skład wchodzi między innymi podreceptory dla kwasu retinowego, witaminy D₃ i hormonów tarczycy. Dla pełnej aktywności EcR tworzy kompleks z innym białkiem, powodując aktywację elementów odpowiedzi na ekdysteroidy (1, 5).

Mechanizm niegenomowy prawdopodobnie polega na trzech sposobach przenikania przez błony: poprzez rozpuszczenie ekdysonu w podwójnej warstwie lipidowej i zmianie struktury błony w kierunku ułatwienia przenikania; przez oddziaływanie ekdysonów na swoiste struktury błonowe i przyłączenie ekdysonu do części modulatorowej receptora dla innych związków.

Oba mechanizmy działania prawdopodobnie znoszą ryzyko aktywacji naturalnych receptorów dla endogennych związków steroidowych występujących w organizmie ludzkim (5).

Właściwości anaboliczne i wzmacniające

Najważniejszym działaniem ekdysonów jest ich wpływ na biosyntezę białek. Siła takiego działania zależy od grup hydroksylowych przy C2, C20 i C25. Natomiast hydroksylacja przy C1 i C5 ekdysonu zmniejsza aktywność anaboliczną (6). W badaniach *in vivo* wykazano, że przyrost masy ciała po zastosowaniu fitoekdysonów wyniósł od 5 do 20%. Okazało się, że

między innymi 20-hydroksyekdyson i polipodyna B zwiększały syntezę białek o 20%. Podanie ekdysonu w postaci iniekcji (5 mg/kg) stymuluje syntezę białek w wątrobie myszy, co koresponduje ze stymulacją translacji (5).

Badanie porównujące aktywność anaboliczną 20-hydroksyekdysonu z silnym anabolikiem matandrostenolonem, wykazało podobną ich skuteczność w kierunku zwiększania masy i siły mięśni szkieletowych (7). Badania farmakologiczne tych związków, z udziałem ludzi, wykazały efekt wzmacniający organizm (8). Małe dawki 20-hydroksyekdysonu (0,02 μ g/kg/dzień) mogą powodować łatwiejsze przyswajanie pokarmów przy zredukowanej diecie. Odnotowano również zwiększenie wydolności fizycznej po stosowaniu tego związku w innych badaniach *in vivo* (9, 10).

Ekdysteroidy były stosowane od 1985 r. przez azjatyckich kulturystów. Najczęściej stosowana dawka wynosiła 5 mg/kg masy ciała/dobę. Wskazania do stosowania preparatów opierały się na działaniach: anabolicznym oraz adaptogennym. Pożądany efekt zwiększenia masy mięśniowej uzyskiwano przez suplementację białkiem (11). Przeprowadzono badania nad wpływem 20-hydroksyekdysonu na masę tkanki mięśniowej i tłuszczowej oraz nad zmianami hormonalnymi wśród wytrenowanych sportowców płci męskiej i żeńskiej. Probandci spożywali wyłącznie białko albo placebo lub białko z 20-hydroksyekdysonem. W grupie zażywającej białko, po 10 dniach zaobserwowano jedynie nieznaczny przyrost masy mięśniowej. U osób przyjmujących placebo wykazano niewielkie straty masy mięśni, natomiast wśród probantów ostatniej grupy odnotowano 7% przyrost masy beztłuszczowej oraz 10% redukcję tkanki tłuszczowej. Pozwoliło to potwierdzić założenie, iż łączenie ekdysteroidów z białkami powoduje potencjalizację ich działania. U żadnej z badanych grup nie zaobserwowano wahań równowagi hormonalnej w trakcie trwania tego eksperymentu.

Inne prace badawcze, prowadzone na sportowcach, wykazały, że przyjmowanie 20-hydroksyekdysonu wywołuje mniejsze zmęczenie, gdyż korzystny wpływ na metabolizm w mięśniach pozwala na ich szybką regenerację po intensywnym treningu. Jednocześnie wspomniane badania potwierdziły większą wydajność organizmu oraz szybki wzrost siły po zastosowaniu 20-hydroksyekdysonu (12). U sportowców wyczynowych przy długotrwałym i wyczerpującym treningu występuje obniżenie ilości immunoglobulin IgA i IgG – białek odpowiadających za odporność organizmu na zakażenia. Suplementacja fitoekdysonami przywracała poziom immunoglobulin do podstawowego stanu

fizjologicznego, zwiększając jednocześnie wydolność wysiłkową o 15-20% (13).

Działanie antyarytmiczne

Eksperymenty na różnych zwierzętach potwierdziły korzystne efekty działania antyarytmicznego ekdysteroidów. Udowodniono duży wpływ umiarkowawiającej dawki 5-20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 20-hydroksyekdysonu podawanego dootrzewnowo szczurom, ze sztucznie wywołaną arytmia. Ponadto dawka 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tego związku powiększyła liczbę zwierząt, które w 75% przetrwały arytmie indukowaną akonityną lub chlorkiem wapnia. W przypadku królików wykazano zmniejszenie o blisko 60% mikrosomalnej ATP-azy sodowo-potasowej w wywołanej eksperymentalnie arteriosklerozie. Dobowa dawka doustna 10 mg/kg 20-hydroksyekdysonu w ciągu 28 dni była w stanie przywrócić normalny poziom aktywności enzymatycznej ATP-azy sodowo-potasowej w mikrosomach. Efekt antyarytmiczny uznawany jest niekiedy jako adaptogenny. Do badań na zwierzętach posłużył wyciąg z korzenia *Leuzea carthamoides* (Willd.) DC., który podawano zarówno dożylnie, jak i do komór mózgowych. Antyarytmiczne efekty działania były przeprowadzone na modelu arytmii nadnerczowej (12).

Wpływ na metabolizm

20-hydroksyekdyson wpływa na metabolizm lipidów poprzez hamowanie biosyntezy cholesterolu, zapobieganie peroksydacji lipidów błon komórkowych i miceli liposomów (5, 9). Podanie ekdysonu (10-50 $\mu\text{g}/\text{kg}$) w postaci iniekcji powodowało redukcję syntezy cholesterolu *de novo* u szczurów. Zapobiegawcza podaż w diecie 20-hydroksyekdysonu (w dawce 0,1 mg/kg/dobę) w ciągu 30 dni, wykazywała właściwości przeciwutleniające wobec peroksydacji lipidów błon komórkowych w tkankach wywołanej deficytem witaminy D₃. Ekdyson ten *in vitro* chroni micelle liposomalne przed peroksydacją lipidów (5).

Znaczenie ekdysonów w dermatologii

Badania przeprowadzone w latach 90. XX wieku dowiodły, że ekdysteron i jego pochodne acetylowe wpływają na regulację różnicowania się keratynocytów. Zaobserwowano także lepszy stan naskórka po zastosowaniu omawianych związków. Ponadto sprawniejsza regulacja na etapie przekształcania keratynocytów w korneocyty, na skutek utraty jądra komórkowego, jak również przyspieszenie rogowacenia komórek, wpływają na polepszenie stanu skóry, co ma związek z uzyskaniem jej jędrności i gładkości (14).

Ekdysterony wzmacniają naturalną barierę ochronną skóry, chroniąc ją przed przesnaskórkową utratą wody (TEWL), a tym samym zapewniając efekt nawilżenia. Jednocześnie zwiększają wytrzymałość naskórka (15). W oparciu o te właściwości, ekdysony wykorzystywane są w pielęgnacji skóry suchej i bardzo suchej, np. w przypadku łuszczycy, czy rybiej łuski, w przebiegu których występują zaburzenia różnicowania keratynocytów.

Odnotowano w badaniach *in vivo*, że 20-hydroksyekdyson wspomaga gojenie ran (również po podaniu doustnym), wykazuje zdolność leczenia oparzeń, hamuje objawy łuszczycowe i aktywuje metabolizm skóry. Właściwości fizyczne fitoekdysonów stwarzają możliwość umiejscowienia tych związków i ekstraktów ekdysonowych w liposomach i zwiększenia tym samym ich efektywności (16).

Fitoekdysony aktywują keratynocyty, powodując ich wzrost i różnicowanie. Dlatego związki te wykorzystywane są do aktywacji naturalnych mediatorów obecnych w skórze i wytwarzania sztucznej skóry. Wykazano korzystny wpływ tych związków na kondycję włosów i skóry głowy. Polepszają one ukrwienie i odżywianie cebulek włosów, zapobiegając ich wypadaniu (17).

Bezpieczeństwo stosowania fitoekdysonów

Ekdysteroidy wykazują bardzo małą toksyczność u kręgowców i ssaków. W badaniach na myszach LD₅₀ dla 20-hydroksyekdysonu wyniosła 6,4 g/kg masy ciała po wstrzyknięciu dootrzewnowym, natomiast po podaniu drogą pokarmową wartość LD₅₀ to 9,0 g/kg masy ciała. Fitoekdysony nie oddziałują na receptory androgenowe i estrogenowe. U kobiet nie powodują wirylizacji, a w doświadczeniach na zwierzętach pozbawionych gruczołów płciowych nie wywołują widocznych efektów działania hormonalnego. Uważa się, że obecność dwóch grup hydroksylowych przy C2 i C3 ma istotny wpływ na to, że po zastosowaniu fitoekdysonów, nie odnotowano dotychczas działań niepożądanych ze strony wątroby, nie wykazano dotąd również działania antygenotropowego, androgennego i tymolitycznego (5, 9, 10).

Izolacja i chromatografia 20-hydroksyekdysonu i polipodiny B

Oba związki mają identyczną strukturę kryształów, mimo ich różnego składu chelatowego oraz dodatkowej grupy hydroksylowej w polipodynie B. Izostrukturalność omawianych ekdysonów utrudnia ich rozdział (18). Izolacja 20-hydroksyekdysonu i polipodiny B z materiału roślinnego odbywa się poprzez ekstrakcję suchego surowca metanolem lub

etanolem (19). Do rozdzielania dwóch wymienionych wyżej związków metodą chromatografii kolumnowej, należy zastosować surowy ekstrakt i żel krzemionkowy jako adsorbent oraz mieszaninę chloroformu lub chlorku metylenu z metanolem do przemywania kolumny. Do chromatografii cienkowarstwowej tych ekdysonów stosowany jest żel krzemionkowy i mieszanina chlorku metylenu z metanolem lub acetonem jako fazy rozwijające. Rozwinięte i wysuszone chromatogramy należy spryskać odczynnikiem anyżowym i ogrzać w temperaturze ok. 103°C przez ok. 3 min. Pojawiają się plamy o barwie niebieskiej. Kolor ten utrzymuje się na chromatogramach przez ok. 20 min. Po tym czasie barwa plam zmienia się na żółto-zieloną (4).

Podsumowanie

Ekdysony występują zarówno w organizmach zwierzęcych, jak i roślinnych. Związki te wchodzi w skład około 300 struktur o charakterystycznych właściwościach fizycznych, chemicznych i biologicznych. Uznawane są za związki bardzo polarne. Rośliny zwykle zawierają jeden lub dwa dominujące ekdysony, obok kilku związków o zbliżonej strukturze, występujących w mniejszych ilościach. Najbardziej znanymi roślinnymi ekdysonami są 20-hydroksyekdyson (polipodyna A) i polipodyna B. Z tymi związkami i surowcami, w których one dominują, wiązane są duże nadzieje fitoterapii. Fitoekdysony wykazują udowodnione działanie anaboliczne. Stymulują syntezę białek w wątrobie, nerkach i mięśniach, prawdopodobnie bez szkodliwych następstw dla funkcjonowania ludzkiego organizmu. Istnieją badania kliniczne, wskazujące na możliwość zwiększenia wydolności organizmu pod wpływem fitoekdysteroidów. Odnotowywane w publikacjach jest także pozytywne działanie tych związków w przypadku hiperglikemii, hipercholesterolemii i osłabieniu psychofizycznym. Są sugestie, aby fitoekdysony stosować pomocniczo w niektórych chorobach układu krążenia. Pomimo pozytywnych wyników badań farmakologicznych fitoekdysonów i obecności niektórych z nich na rynku farmaceutycznym,

surowce roślinne zawierające te związki nie są ujęte w międzynarodowych monografiach.

Piśmiennictwo

1. Klain R. Phytoecdysteroids. *J Am Herbal Guild* 2004; 5:18-28.
2. Báthori M, Gergely A, Kalász H i wsp. Liquid Chromatographic monitoring of phytoecdysteroid production of *Serratula wolffii*. *J Liquid Chromatogr Related Technol* 2000; 23:281-94.
3. Volodin V, Chadin I, Whiting P. Screening plants of European North-East Russia for ecdysteroids. *Bioch Syst Ecol* 2002; 30:525-578.
4. Nowak G, Nawrot J, Latowski K. Arbutin in *Serratula quinquefolia* M.B. (*Asteraceae*). *Acta Soc Bot Pol* 2009; 78:137-40.
5. Lafont R, Dinan L. Practical uses for ecdysteroids in mammals including humans: and update. *J Insect Sci* 2003; 3:7.
6. Takás M, Simon A, Liktor-Busa E. i wsp. Structure and stereochemistry of novel ecdysteroids from the roots of *Serratula wolffii*. *Magnet Reson Chem* 2010; 48:386-91.
7. Chermnykh NS, Shimanovsky NL, Shutko GV i wsp. Effects of methandrostenolone and ecdysterone on physical endurance of animals and protein metabolism in the skeletal muscles. *Farmakol Toksikol* 1988; 6:57-62.
8. Timofeev NP. *Leuzea-Rhaponticum carthamoides* (Maral root): introduction questions and application prospects as biologically active additives. www.leuzea.ru.
9. Dinan L. The Karlsson lecture. Phytoecdysteroids: what use are they? *Archiv Insect Biochem Physiol* 2009; 72:126-41.
10. Gorelick-Feldman J, MacLean D, Ilic N i wsp. Phytoecdysteroids increase protein synthesis in skeletal muscle cells. *J Agric Food Chem* 2008; 56:3532-7.
11. Báthori M, Tóth N, Hunyadi A i wsp. Phytoecdysteroids and anabolic-androgenic steroids – structure and effects on humans. *Curr Med Chem* 2008; 15:75-91.
12. Báthori M, Pongrácz Z. Phytoecdysteroids – from isolation to their effects on humans. *Curr Med Chem* 2005; 12:153-72.
13. Wilborn CD, Taylor LW, Campbell BI i wsp. Effects of methoxyisoflavone, ecdysterone, and sulfo-polysaccharide supplementation on training adaptations in resistance-trained males. *J Inter Soc Sports Nutrit* 2006; 3:19-27.
14. Dermar M, Dumas M, Bonte F i wsp. Effect of ecdysterone on the differentiation of normal keratinocytes *in vitro*. *Eur J Dermatol* 1994; 4:558-69.
15. Meybeck A, Bonte F, Redziniak G. Use of an ecdysteroid for the preparation of cosmetics or dermatological compositions intended, in particular, for strengthening the water barrier function of the skin or for the preparation of a skin cell culture medium, as well as to the compositions. United States Patent 5609873; 1999.
16. Meybeck A, Bonte F. Hydrated lipidic lamellar phases or liposomes based on ecdysteroids. United States Patent 5198225; 1993.
17. Tsuji K, Shibata J, Okada M i wsp. Blood flow amount-improving agent comprising steroid derivative and cosmetic using same. United States Patent 5976515; 1999.
18. Faian L, Argay G, Kalman A i wsp. Crystal structures of ecdysteroids: the role of solvent molecules in hydrogen bonding and isostructuality. *Acta Crystallogr Sect B* 2002; 58:710-20.
19. Dinan L, Harmatha J, Lafont R. Chromatographic procedures for the isolation of plant steroids. *J Chromatogr A* 2001; 935:1235-8.

otrzymano/received: 12.01.2012
zaakceptowano/accepted: 27.01.2012

Adres/address:

*prof. dr hab. n. farm. Gerard Nowak
Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu
Katedra i Zakład Naturalnych Surowców
Leczniczych i Kosmetycznych
ul. Mazowiecka 33, 60-623 Poznań
tel.: +48 (61) 848-04-75
e-mail: gnowak@ump.edu.pl