

HERBALISM

nr 1(3)/2017

| CZASOPISMO NAUKOWE |

Herbalism nr 1(3)/2017

Rada Programowa

prof. dr hab. Grzegorz Bazylak (Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Bydgoszczy)
prof. dr hab. Stanisław Boryczka (Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach)
prof. dr hab. Józefa Chrzanowska (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu)
prof. dr hab. inż. Jan Grajewski (Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy)
prof. dr Elvyra Jariene (Litewski Uniwersytet Rolniczy w Kownie)
dr hab. Ilona Kaczmarczyk-Sedlak (Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach)
prof. dr hab. Adam Kaznowski (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu)
dr hab. Łukasz Łuczaj (Uniwersytet Rzeszowski)
prof. dr hab. Rafał Matkowski (Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu)
prof. dr hab. Roman Niżnikowski (Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie)
prof. dr hab. Jan Oszmiański (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu)
prof. dr hab. inż. Barbara Sawicka (Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)
dr hab. Katarzyna Seidler-Łożykowska, prof. IWNiRZ Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu)
dr hab. Michał Tomczyk (Uniwersytet Medyczny w Białymstoku)
prof. dr hab. inż. Tadeusz Trziszka (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu)
dr hab. Magdalena Twarużek (Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy)
prof. dr hab. Iwona Wawer (Warszawski Uniwersytet Medyczny)
dr hab. Danuta Zarzycka (Uniwersytet Medyczny w Lublinie)

Recenzenci

prof. dr hab. Honorata Danilcenko – Litewski Uniwersytet Rolniczy w Kownie (Litwa)
prof. dr hab. Wolodymyr Lychoczwor – Lwowski Państwowy Uniwersytet Rolniczy (Ukraina)
dr hab. Sylwia Nowak – Uniwersytet Opolski
dr hab. inż. Jacek Słupski – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
dr hab. Adam Stebel – Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
dr hab. inż. Antoni Szumny – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
dr hab. Stanisław Witkowski - Uniwersytet w Białymstoku

Redaktor Naczelna

dr inż. Barbara Krochmal-Marczak

Redaktor Tematyczny

dr Henryk Różański

Redaktor Statystyczny

dr Justyna Kurkowiak

Sekretarz Redakcji

mgr Jolanta Witkoś

Projekt okładki

Anna Czerny /www.annczerny.pl

Korekta:

mgr Agnieszka Kaszczyszyn
mgr Jolanta Witkoś

Skład, przygotowanie do druku

Edyta Czerny / edycja.katowice.pl

ISSN 2450-4963

Pierwotną formą czasopisma HERBALISM jest wersja papierowa

Czasopismo jest indeksowane w bazach: AGRO, PBL GBL, Pol-index, EBSCO, Index Copernicus Journal Master List

Wydawca

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigonia w Krośnie
Polskie Towarzystwo Zielarzy i Fitoterapeutów
Rynek 1, 38-400 Krosno
tel.: +48 13 437 55 00
e-mail: redakcja@herbalism.pl; www.herbalism.pl

Spis treści

Eleuterokok kolczysty – alternatywa dla żeń-szenia?

Eleuthero – an alternative to ginseng?

Katarzyna Bączek / 7

Hydroksykwas organiczne w fitokosmetykach rewitalizujących

Organic hydroxyacids in revitalizing phytocosmetics

Agata Kaniewska, Beata Sperkowska / 20

Wpływ chryzyny na parametry histomorfometryczne kości owarietomizowanych szczurów

Effect of chrysin on histomorphometrical parameters of bones in ovariectomized rats

Maria Zych, Weronika Wojnar, Anna Bońka, Ilona Kaczmarczyk-Sedlak / 41

Wpływ kinetyny i N-6-benzyloadeniny na migrację komórek oraz biosyntezę kolagenu w fibroblastach skóry ludzkiej

Kinetin and N-6-benzyladenine influence on cell migration and collagen biosynthesis in human skin fibroblasts

Agata Jabłońska-Trypuć, Walentyn Pankiewicz, Romuald Czerpak / 55

Cenne owoce maliny właściwej (*Fructus Rubi idaei*)

Valuable raspberry fruits (*Fructus Rubi idaei*)

Alicja Baranowska, Iwona Mystkowska, Krystyna Zarzecka, Marek Gugąła / 70

Wartość odżywcza i prozdrowotna wybranych warzyw z rodzaju kapusta (*Brassica* L.)

Nutritional and health benefits of selected vegetable species of the genus (*Brassica* L.)

Barbara Krochmal-Marczak, Barbara Sawicka, Małgorzata Stryjecka, Marta Pisarek,

Bernadetta Bienia / 80

***Galega officinalis* L. rutwica lekarska (*Fabaceae* Lindl.) w Kotlinie Jasielsko-Krośnieńskiej**

***Galega officinalis* L. goat's rue (*Fabaceae* Lindl.) in Jasło-Krosno Basin**

Henryk Różański, Dominik Wróbel / 92

Właściwości prozdrowotne lnu (*Linum ussitatissimum* L.)

Properties pro-health Flax (*Linum ussitatissimum* L.)

Elżbieta Rymar / 102

Całkowita zawartość polifenoli i aktywność antyoksydacyjna nasion, kaszy i kielków gryki

Total polyphenol content and antioxidant activity of seeds, groats and buckwheat sprouts

Joanna Chłopicka, Karolina Bonarska / 112

Zmiany właściwości antyoksydacyjnych ekstraktów z liści werbeny cytrynowej (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth) w trakcie przechowywania

Changes in antioxidant properties of lemon verbena leaf extracts (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth) during storage

Małgorzata Stryjecka, Anna Kiełtyka-Dadasiewicz / 119

Czynniki biotyczne kształtujące plon i jakość bulw ziemniaka

Biotic components influencing the yield and quality of potato tubers

Bernadetta Bienia, Barbara Sawicka, Barbara Krochmal-Marczak / 125

Fitoterapia zespołu poboreliozowego

Phytotherapy of posttreatment Lyme disease syndrome

Przemysław Figura / 137

Z dziejów fitoterapii

Wybrane aspekty dziejów badań leczniczych roślin pasożytniczych w ujęciu filozoficznym

Selected aspects of the history of medicinal parasitic plants in philosophical perspective

Henryk Różański, Edyta Czerny / 150

Szanowni Czytelnicy!

Przekazujemy Państwu kolejny numer *Herbalismu* poświęcony tematyce zielarskiej, w którym znajdziecie Państwo artykuł dotyczący Eleuterokoka kolczystego, mającego właściwości podobne do żeń-szenia syberyjskiego, a jego substancje czynne przywracają homeostazę organizmu. Kolejna publikacja przedstawia charakterystykę i znaczenie hydroksykwasów organicznych, które pełnią ważną rolę jako fitokosmetyki rewitalizujące w zabiegach kosmetycznych. Dwa następne artykuły poświęcone są kinetynie, należącej do grupy hormonów roślinnych – cytokinin, mających właściwości terapeutyczne, zwłaszcza w chorobach skóry oraz chryzynie, która może być wykorzystywana w zapobieganiu osteoporozie wynikającej m.in. z niedoboru estrogenów u kobiet w okresie menopauzalnym. Cztery kolejne artykuły poświęcone są roślinom o interesującym działaniu prozdrowotnym. Maliny, warzywa kapustne, len i rutwica lekarska zawierają w swym składzie związki, którym przypisuje się właściwości lecznicze, w tym działanie przeciwnowotworowe. Następne trzy artykuły na przykładzie nasion gryki, kaszy gryczanej, kielków gryki, ekstraktów z liści werbeny cytrynowej i bulw ziemniaka, wprowadzają Czytelnika w tematykę związków przeciwutleniających, których potencjał antyoksydacyjny w dużym stopniu zależy od warunków uprawy oraz od czasu przechowywania. Z kolei jakość bulw ziemniaka jest związana z wpływem czynników biotycznych.

Z powodu coraz częstszego występowania boreliozy, wielonarządowej choroby przenoszonej przez kleszcze, ważną publikacją jest artykuł o fitoterapii zespołu poboreliozowego. W dziale historycznym „Z dziejów fitoterapii” znajdziecie Państwo artykuł przedstawiający badania leczniczych roślin pasożytniczych w ujęciu filozoficznym.

Mamy nadzieję, że zaproponowana przez Redakcję tematyka okaże się interesująca i spotka się z życzliwym przyjęciem. Zapraszamy do nadsyłania artykułów związanych z tematyką zielarską.

Redaktor naczelna
dr inż. Barbara Krochmal-Marczak

Eleuterokok kolczysty – alternatywa dla żeń-szenia?

Eleuthero – an alternative to ginseng?

Katarzyna Bączek

Katedra Roślin Warzywnych i Leczniczych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

Słowa kluczowe: *Eleutherococcus senticosus*, surowiec zielarski, eleuterozydy B i E, adaptogeny
Key words: *Eleutherococcus senticosus*, herbal raw material, eleutherosides B and E, adaptogens

Streszczenie

Eleuterokok kolczysty jest krzewem pochodzącym z dalekowschodniej Azji. Organy podziemne (kłącza z korzeniami) tej rośliny pozyskiwane są jako surowiec farmakopealny. Są one bogate w związki glikozydowe, głównie pochodne fenylopropanu, lignany oraz kumaryny, potocznie nazywane są eleuterozydami. Surowiec standaryzowany jest na zawartość sumy eleuterozydów B i E (min. 0,08%). W medycynie ludowej korzenie eleuterokoka wykorzystywane są od ponad 4000 lat. Obecnie są one zalecane jako środek tonizujący w stanach fizycznego i psychicznego wyczerpania organizmu, w chorobach reumatycznych, zaburzeniach snu, pomocniczo w leczeniu cukrzycy, osteoporozy, chorób układu krążenia, a także u osób cierpiących na zaburzenia koncentracji, depresje oraz w profilaktyce nowotworowej.

Summary

Eleuthero is a shrub originating from Far East Asia. Underground organs (rhizomes with roots) are collected from this plant as a pharmacopoeial raw material. They are rich in glycosides, mainly phenylpropanoids, lignans and coumarins, commonly known as eleutherosides. The raw material is standardized for the sum of eleutherosides B and E (min. 0.08%). In folk medicine, Eleuthero roots has been used for over 4,000 years. Nowadays they are recommended as a tonic in the states of physical and mental exhaustion, in rheumatic diseases, sleeping disorders, in the adjunctive treatment of diabetes, osteoporosis, cardiovascular disease, and in patients suffering from concentration disorders, depression, and in cancer prevention.

Wstęp

Eleuterokok kolczysty (*Eleutherococcus senticosus* /Rupr. et Maxim./Maxim., syn. *Acanthopanax senticosus*, *Araliaceae*) należy do tych nielicznych roślin leczniczych, których działanie wychodzi naprzeciw oczekiwaniom zarówno

no ludzi chorych, jak i zdrowych. Wiąże się to przede wszystkim z adaptogennymi właściwościami tej rośliny, polegającymi na normalizowaniu dysfunkcji organizmu, zwiększeniu jego możliwości adaptacyjnych w stosunku do chemicznych, fizycznych i biologicznych stresorów oraz podnoszeniu niespecyficznego odporności.

Jest to krzew występujący dziko na obszarze dalekowschodniej Rosji, północnych Chin, Korei i Japonii. Surowcem u tej rośliny są zróżnicowane morfologicznie i anatomicznie organy podziemne, traktowane jako jednorodny produkt, zwany potocznie korzeniem eleuterokoka (*Eleutherococci radix*). Spotyka się także informacje o wykorzystywaniu kory organów podziemnych, kory pędów i liści. Eleuterokok kolczysty, szczególnie w latach 60., był obiektem wnikliwych badań, zarówno chemicznych, jak i farmakologicznych. Otrzymywane z niego preparaty lecznicze testowane były także w warunkach klinicznych. Obecnie organy podziemne tej rośliny stanowią surowiec farmakopealny wymieniany w Farmakopei Polskiej X [1].

Występowanie

Eleuterokok kolczysty rośnie dziko w północno-wschodniej Rosji, Chinach, Mongolii, Japonii oraz na półwyspie Koreańskim [2]. Na terenie Chin występuje w prowincjach: Henan, Jilin, Liaoning, Hebei, Shanxi, Sichuan, jednak najbardziej rozpowszechniony jest w rejonie gór Xiaoxinganling w prowincji Heilongjiang. W Rosji występuje głównie na obszarze na wschód od rzeki Amur aż po Sachalin. Najbardziej rozprzestrzenił się w okolicach Chabarowska i na terenie Kraju Przymorskiego, szczególnie w rejonie gór Sichote-Alin. W Japonii rośnie w północnej części wyspy Hokkaido, w rejonie Bukhaedo, natomiast w Korei spotkać go można w rejonie gór Baekdu, Seorak i Taegi [2, 3, 4, 5, 6].

Biologia rozwoju

Eleuterokok kolczysty jest krzewem dorastającym od 2 do 6 m wysokości [Fot. 1]. Rozrasta się poprzez odrosty korzeniowe. System organów podziemnych położony w wierzchniej warstwie gleby zbudowany jest z silnie rozgałęzionego kłącza, od którego odchodzą liczne korzenie [Fot. 2]. Korzenie rosną horyzontalnie, mogą osiągać ponad 10 m długości [6].

Część nadziemną stanowią słabo rozgałęzione pędy pokryte jasnoszarą lub jasnobrunatną korą oraz kolcami skierowanymi skośnie ku dołowi. Zazwyczaj młode pędy pokryte są gęsto kolcami, podczas gdy starsze bywają

Eleuterokok kolczysty – alternatywa dla żeń-szenia?

nawet nieuzbrojone. Palczastopięciodzielne lub palczastotrójdzielne liście osadzone są na ogonkach długości 3–12 cm, pokrytych drobnymi kolcami. Kwiaty zebrane są w kuliste baldachy ułożone po 2–6 na szczytach pędów, tworząc prostą wierzchołkową. Kwiatostany zawierają pięciokrotne kwiaty trzech typów: pręcikowe, słupkowe i obupłciowe [2, 6, 7, 8, 9, 10].

Kwiaty eleuterokoka kolczystego są protoandryczne. Zapobiega to samozapyleniu roślin. Najbardziej efektywnymi zapyłaczami u eleuterokoka są pszczoły z rodzaju *Bumfus*, *Halictus*, *Megachile*, *Vespa*, *Apis* [11]. Okres kwitnienia przypada na miesiące letnie. Najwcześniej zakwitają kwiaty ułożone w zewnętrznej części baldacha [Fot. 3]. Owocem jest granatowo-czarny pestkowiec dojrzewający jesienią [Fot. 4]. Poszczególne owoce mają kształt kulisty, osiągają średnicę od 0,8 do 1 cm i zebrane są w zwarte owocostany, których masa dochodzi do około 50 g. Charakteryzują się one przyjemnym zapachem i palącym smakiem. Ich miąższ na początku jest soczysty, żółto-zielony, potem wysycha. Są one zjadane i rozprzestrzeniane przez ptaki. W jednym owocu znajduje się pięć nasion. Jedynie około 40% z nich to nasiona w pełni wykształcone (pełne) [9, 12, 13, 14].



Fot. 1. Eleuterokok kolczysty. Fot. K. Bączek



Fot. 2. Organy podziemne. Fot. K. Bączek



Fot. 3. Kwiatostan. Fot. K. Bączek



Fot. 4. Owoce. Fot. K. Bączek

Surowiec

Surowcem leczniczym opisanym w Farmakopei Polskiej X [1] są kłącza z korzeniami, które określa się wspólnym mianem korzeń eleuterokoka (*Eleutherococci radix*). Kłącze eleuterokoka ma szarobrązowy lub ciemnobrązowy kolor, jest silnie poskręcane, ma nieregularny, cylindryczny kształt i średnicę od 1,5 do 8 cm [Fot. 5]. Na przełomie jest jasnobrązowe lub żółtawe. Kora kłączy, grubości około 2 mm, ściśle przylega do drewna. Korzenie również są poskręcane, cylindryczne, mają średnicę od 0,3 do 1,5 cm. Kora korzeni, grubości około 0,5 mm, przylega do bladożółtego drewna [1, 13]. Surowce pozyskuje się ze stanowisk naturalnych. Na ogół organy podziemne wykopuje się jesienią, w październiku lub na początku listopada. Surowiec początkowo suszony jest w temperaturze 70–82°C, po czym dosusza się go w temperaturze pokojowej [7]. Po wysuszeniu charakteryzuje się on przyjemnym, charakterystycznym zapachem i słodko-gorzki smakiem [13].

Surowcami leczniczymi bywają również kora organów podziemnych, kora pędów oraz liście eleuterokoka kolczystego [Fot. 6]. Surowce te pozyskiwane są głównie w Chinach [15, 16, 17].



Fot. 5. Przekrój poprzeczny przez kłącze.
Fot. K. Bączek



Fot. 6. Pędy i kora pędów. Fot. K. Bączek

Fitochemia

Pierwsze badania nad składem chemicznym eleuterokoka kolczystego prowadzone były pod koniec lat 50. i w latach 60. w ośrodkach radzieckich przez badaczy, którzy wcześniej prowadzili badania kliniczne dotyczące zastosowania tego gatunku. Nieco później, w latach 70. i 80. badania te podjęli również naukowcy z Niemiec, Japonii, Chin i Korei. Poszczególnym substancjom chemicznym wyróżniającym się aktywnością farmakologiczną często nadawano nazwy zanim

dokładnie poznano ich strukturę. Dlatego powstało wiele nieścisłości dotyczących nazewnictwa związków biologicznie aktywnych tego gatunku [18].

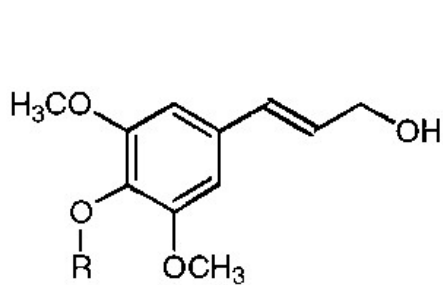
Organy podziemne eleuterokoka odznaczają się dużą różnorodnością metabolitów wtórnych należących do różnych grup chemicznych. Występują w nich przede wszystkim pochodne fenylopropanu, lignany, kumaryny, kwasy fenolowe, sterole oraz w niewielkiej ilości olejek eteryczny.

Pochodne fenylopropanu

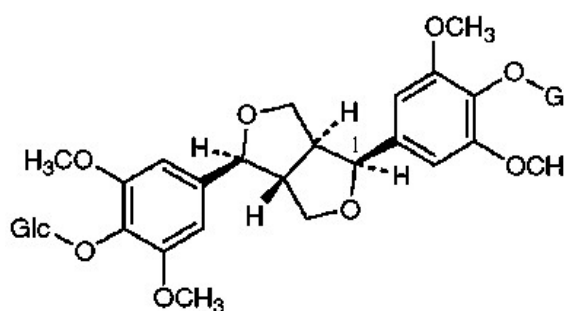
Są to związki zawierające w swojej budowie 6-węglowy pierścień aromatyczny, do którego dołączony jest łańcuch propanu. Najważniejszym spośród tej grupy związków w eleuterokoku kolczystym jest syryngina, czyli eleuterozyd B [Rysunek 1]. Jest to 4-O-β-D glikozyd alkoholu synapinowego o wzorze sumarycznym $C_{17}H_{24}O_9$. Jego zawartość w organach podziemnych wynosi od 0,2 do 1,3% [19, 20, 21]. Według wskazań Farmakopei Polskiej X [1] zawartość sumy eleuterozydów B i E w organach podziemnych nie powinna być niższa niż 0,08%.

Lignany

Lignany są to związki czynne, których szkielet węglowy zbudowany jest z dwóch jednostek fenylopropanowych – często są nimi alkohol koniferylowy i synapinowy. Biogenetycznie powiązane są z biosyntezą ligniny, powstają na drodze przemian kwasu szikimowego. Są to substancje krystaliczne, bezbarwne i nietlotne, szeroko rozpowszechnione w świecie roślinnym [22]. W eleuterokoku kolczystym występują one zarówno w organach podziemnych, jak i nadziemnych. Najcenniejszym z nich jest eleuterozyd E, czyli 4,4-O-β-D-diglikozyd syryngarezynolu, znany również jako akantozyd D czy liriiodendryna o wzorze sumarycznym $C_{33}H_{38}O_{13}$ [Rysunek 2] [13, 18, 23]. Jego zawartość w kłączach i korzeniach eleuterokoka wynosi od 0,05 do 1,53% [19, 21]. Badania prowadzone przez Kanga i wsp. [24] wskazują, że zawartość tego związku w pędach może dochodzić do 0,85 mg·g⁻¹. W owocach jest go znacznie mniej [25]. Pochodną eleuterozydu E jest 4,4-O-β-D-monoglikozyd syryngarezynolu (eleuterozyd E₁). Jego zawartość w organach podziemnych eleuterokoka wynosi około 0,1% [13]. Kolejnym związkiem należącym do lignanów pochodnych fenylopropanoidów występujących w eleuterokoku jest sezamina (eleuterozyd B₄). Jej zawartość w organach podziemnych wynosi około 0,23% [20]. W surowcu tym zidentyfikowano również 4,4'-O-diglukopiranozyd syryngarezynolu (eleuterozyd D) oraz 4''-O-β-D-glukopiranozyd episyryngarezynolu [18, 26].



Rysunek 1. Eleuterozyd B
(R=beta-d-glukopiranoza)



Rysunek 2. Eleuterozyd

Kumaryny

Dotychczas w organach podziemnych eleuterokoka znaleziono izofraksydynę, 7-O-glukozyd izofraksydyny, czyli eleuterozyd B₁ oraz 4-O-etyloumbelliferon [18]. Według Yang i wsp. [19] zawartość izofraksydyny w tym surowcu wynosi 0,093%.

Kwasy fenolowe

W organach podziemnych eleuterokoka zidentyfikowano kwas chlorogenowy, kawowy, ferulowy, protokatechowy, *p*-hydroksybenzoesowy, syringowy, rozmarynowy, *p*-kumarowy [13, 23, 27, 28].

Sterole

Sterole stanowią ważną grupę związków czynnych w organach podziemnych eleuterokoka kolczystego. Do tej pory z kłączy i korzeni tego gatunku wyizolowano m.in. β -sitosterol oraz 3-O- β -D-glukozyd sitosterolu (eleuterozyd A, daukosterol) [13].

Olejek eteryczny

Organy podziemne eleuterokoka zawierają do 0,8% olejku eterycznego [7]. W jego skład wchodzi monoterpeny (16–56%) i seskwiterpeny (25–36%), przy czym związkami dominującymi są: anetol (1,0–27,9%), limonen (0,9–9,8%), α -longipinen (0,8–8,9%), spatulenol (5,4–7,2%) oraz linalol (0,3–4,0%) [29].

Działanie i zastosowanie

W chińskiej medycynie ludowej kora z korzeni eleuterokoka kolczystego wykorzystywana była już 4000 lat temu. Wierząco, że eleuterokok zwiększa

Eleuterokok kolczysty – alternatywa dla żeń-szenia?

siły witalne organizmu, daje zdrowie, dobrą pamięć i wydłuża życie [30]. Właściwości lecznicze tego surowca nie były znane w Europie. Jego wpływ na organizm ludzki został poznany i opisany niedawno, głównie za sprawą badaczy z byłego Związku Radzieckiego. W latach 50. XX w. na terenie Azji Wschodniej prowadzili oni poszukiwania rośliny dostarczającej surowca, który mógłby zastąpić drogi i coraz rzadziej dostępny korzeń żeń-szenia. Idealnym kandydatem okazał się, należący do tej samej rodziny, eleuterokok kolczysty. Stąd pochodzi potoczna, choć nieuprawniona nazwa gatunku, tj. żeń-szeń syberyjski. Od tamtego czasu przeprowadzono wiele badań potwierdzających lecznicze właściwości surowców dostarczanych przez eleuterokoka. Preparaty z korzeni tej rośliny stosowane są w Rosji od połowy lat 60. Rozpowszechnione zostały również w Europie Zachodniej, a szczególnie powodzeniem cieszą się w Stanach Zjednoczonych. Początkowo preparaty z eleuterokoka aplikowane były głównie sportowcom, pilotom i kosmonautom radzieckim jako anaboliki i środki podnoszące wytrzymałość organizmu. Obecnie organy podziemne eleuterokoka wykorzystywane są powszechnie jako surowiec adaptogenny, którego działanie przejawia się głównie poprzez zwiększanie niespecyficznego odporności organizmu na stres i zmęczenie [31]. Działanie to potwierdzone zostało przez Kimurę i Sumiyoshi [32]. Badania prowadzone przez Bohn i wsp. [33] na grupie 36 zdrowych osób przy zastosowaniu cytometrii przepływowej wykazały, że ekstrakty z eleuterokoka normalizują działanie układu immunologicznego. Przyjmowanie 10 ml etanolowego ekstraktu z eleuterokoka 3 razy dziennie przez okres 4 tygodni skutkowało znacznym przyspieszeniem namnażania się komórek immunokompetentnych, głównie limfocytów T. W badaniach prowadzonych przez Newalla i wsp. [34] przyjmowanie 30–40 ml dziennie etanolowego ekstraktu z eleuterokoka również skutkowało znacznym wzrostem liczby limfocytów, szczególnie limfocytów T we krwi, co wynikało ze znacznej zawartości eleuterozydu B (0,2%) w tym wyciągu. Substancja ta prawdopodobnie odpowiada również za działanie antyalergiczne [35]. Według Wagnera i wsp. [36] ekstrakty z eleuterokoka wspomagają działanie układu odpornościowego poprzez zawarte w nich polisacharydy stymulujące fagocytozę zarówno w warunkach *in vitro*, jak i *in vivo*.

Wyciągi z eleuterokoka posiadają właściwości przeciwstresowe, tonizujące i antydepresyjne. Mechanizm przeciwstresowego działania ekstraktów z eleuterokoka wykazany został przez Gaffneya i wsp. [37]. Według nich eleuterozydy B i E zawarte w tych ekstraktach hamują aktywność transferazy katecholowej. Podczas stresu z kory nadnerczy uwalniana jest noradre-

nalina wychwytywana przez receptor noradrenaliny znajdujący się w błonach komórkowych. W pobliżu receptora występuje również transferaza katecholowa, która przekształca noradrenalinę do nieaktywnej normetanefryny. Eleuterozydy B i E hamują działanie tego enzymu.

Przeciwnostresowe działanie etanolowych wyciągów z eleuterokoka wynika również z aktywacji heksokinazy. Na skutek stresu we krwi tworzą się kompleksy β -lipoprotein z kortykoidami. Kompleksy te ograniczają transport glukozy przez błony komórkowe, co hamuje działanie heksokinazy biorącej udział w przekształcaniu glukozy do glukozy-6-fosforanu. Eleuterozyd B stymuluje aktywność heksokinazy, dzięki czemu nawet w sytuacjach stresowych działa ona szybko i sprawnie [36, 38].

Badania prowadzone przez Parka i wsp. [39] wskazują na silne działanie przeciwutleniające wodnych ekstraktów z eleuterokoka. Działanie to przypisywane jest głównie związkom fenolowym.

Z kolei anaboliczne działanie wyciągów z tej rośliny, polegające na wzmożeniu syntezy białka w trzustce, wątrobie i korze nadnerczy, wykazano po dootrzewnym podaniu ich szczurom [7].

Wiele informacji naukowych odnosi się do przeciwnowotworowego działania wyciągów z eleuterokoka. Badania prowadzone na różnych liniach komórek nowotworowych (rak białaczki /MOLT-4F/, płuc /A-549/, jelita grubego /HCT-15, SW-620/, prostaty /PC-3/ i kory nadnerczy /AC4N/) wykazały, iż najsilniej działają ekstrakty heksanowe. Za działanie antynowotworowe odpowiedzialne są głównie sezamina, β -sitosterol, izofraksydyna oraz polisacharydy [18, 40]. W testach laboratoryjnych wodne ekstrakty z eleuterokoka, a głównie zawarta w nich sezamina, hamowały wzrost komórek raka żołądka (KATO III) oraz indukowały proces apoptozy tych komórek [41]. W przypadku badań nad rakiem płuc zastosowanie takich wyciągów skutkowało aktywacją makrofagów i komórek NK oraz hamowaniem sztucznie indukowanych przerzutów komórek (26-M3.1) tego nowotworu [42]. Przeciwnowotworowa aktywność wyciągów z eleuterokoka związana jest prawdopodobnie z ich działaniem jako środków podnoszących niespecyficzną odporność organizmu. Ich doustne stosowanie skutkuje najczęściej hamowaniem wzrostu guzów nowotworowych, prawdopodobnie na skutek aktywacji systemu odpornościowego (makrofagów, komórek NK), ale również normalizacją hormonalnych i metabolicznych zaburzeń i stymulacją procesów naprawy DNA oraz regeneracji komórek [43].

Wyciągi z eleuterokoka (w hodowlach tkankowych) wykazują działanie radiochronne w stosunku do komórek zwierzęcych i ludzkich napromie-

Eleuterokok kolczysty – alternatywa dla żeń-szenia?

niowanych promieniami X. Za działanie to odpowiadają eleuterozyd B oraz polisacharydy. W badaniach *in vivo* związki te ograniczały spadek liczby leukocytów we krwi oraz spadek masy ciała szczurów wywołany promieniowaniem X [44, 45]. Ekstrakty z eleuterokoka wykorzystuje się jako środek wspomagający odbudowę organizmu po chemioterapii, w chorobie popromiennej oraz jako antidotum na wiele substancji toksycznych [18, 46].

W warunkach ekstremalnych preparaty z eleuterokoka zwiększają wydolność fizyczną oraz psychiczną organizmu, zwłaszcza u ludzi starszych. Polepszają pamięć i zdolność kojarzenia [47]. Stosowanie iniekcji z ekstraktów eleuterokoka powodowało lepsze ukrwienie mózgu znieczulonych kociąt oraz wzrost poziomu amin biogennych w ośrodkowym układzie nerwowym u szczurów [7]. Wyciągi z eleuterokoka wpływają również na ostrość widzenia, zwłaszcza u osób cierpiących na gorszą jakość widzenia w godzinach rannych i popołudniowych [48, 49]. Regulują także poziom cukru we krwi. Za działanie to odpowiedzialny jest eleuterozyd B, który w badaniach laboratoryjnych obniżał poziom glukozy we krwi u szczurów cierpiących na niedobór insuliny [50, 51]. Wyciągi te zapobiegają hiperglicydemii oraz otyłości [52]. Wykorzystywane są również do zapobiegania osteoporozie, zwłaszcza u kobiet będących w okresie menopauzy. Wyniki badań uzyskane przez Kropotova i wsp. [53] pokazują, że w testach laboratoryjnych, podczas których proces osteoporozy był indukowany steroidami, efekt ochronnych wyciągów z eleuterokoka był porównywalny do efektu wywołanego przez ipriflawon wykorzystywany w leczeniu tej choroby.

Wyciągi z korzeni eleuterokoka wykazują działanie przeciwwirusowe w stosunku do wirusów HRV, RSV, wirusa grypy typu A. Nie są natomiast skuteczne w leczeniu infekcji wirusowych HSV-1 oraz Adeno 5 [54]. Mają również właściwości przeciwzapalne i przeciwbakteryjne [55, 56].

Eleuterokok wykorzystywany jest również w leczeniu impotencji oraz bezpłodności. W badaniach *in vitro* prowadzonych przez Chen i wsp. [57] wyciągi z eleuterokoka zwiększały ruchliwość plemników u pacjentów cierpiących na astenospermię.

Zastosowanie ekstraktów z eleuterokoka ściśle wiąże się z ich aktywnością farmakologiczną. Według monografii WHO [58] ekstrakty z kłączy i korzeni eleuterokoka należy stosować jako środek tonizujący w stanach psychicznego i fizycznego wyczerpania organizmu, osłabienia oraz podczas rekonwalescencji. Mogą być one również stosowane w chorobach reumatycznych, artretyzmie, bezsenności i zaburzeniach snu. W medycynie ludowej eleuterokok aplikowany jest w ostrych i chronicznych stanach zapalnych żołądka

i jelit, jako środek moczopędny, regulujący ciśnienie krwi oraz w leczeniu impotencji. Najnowsze badania prowadzone w wielu ośrodkach badawczych, m.in. w Chinach, Korei, Japonii, Niemczech wskazują, że wyciągi z tej rośliny mogą być również stosowane pomocniczo w leczeniu cukrzycy, osteoporozy, chorób układu krążenia, a także u osób cierpiących na zaburzenia koncentracji, depresję oraz w profilaktyce nowotworowej [13, 18, 59, 60].

Eleuterokok nie powinien być stosowany u osób cierpiących na nadciśnienie tętnicze. Ze względu na brak wystarczających danych nie zaleca się go stosować podczas ciąży i laktacji. Efektami ubocznymi rzadko towarzyszącymi przyjmowaniu preparatów z eleuterokoka są bóle głowy, tachykardia, bezsenność oraz drażliwość. Najczęściej po zbadaniu materiału roślinnego przyjmowanego przez osoby z tymi objawami ujawniano, że materiał ten był fałszowany surowcami pozyskanymi z *Periploca sepium* [58].

Literatura

- [1] Farmakopea Polska X, Polskie Towarzystwo Farmaceutyczne, Warszawa 2014.
- [2] Kim C.H., Sun B.Y., Infrageneric classification of the genus *Eleutherococcus* Maxim. (*Araliaceae*) with a new section *Cissifolius*, *Biomedical and Life Sciences*, 2004, 47(3), s. 282–288.
- [3] Lee Y.N., *Flora of Korea*, Kyo-Hak Publishing, Seoul, Korea 1997.
- [4] Foster S., Chongxi Y., *Herbal emissaries: bringing Chinese herbs to the West: a guide to gardening, herbal wisdom, and well-being*, Art Press, Rochester, Vermont 1992.
- [5] Hahn D.R., Kim C.J., Kim J.H., A study on chemical constituents of *Acanthopanax koreanum* Nakai and its pharmaco-biological activities, *Yakhak Hoeji* 1985, 29, s. 357–361.
- [6] Shrietier A.C., Svobodnojagodnik koljučij, [w:] Cikov P.S. (red.): *Atlas arealov i resursov lekarstviennych rastienij SSSR*, Gosudarstviennoe Izdatiel'stvo Medicinskoj Literatury, Moskva 1976.
- [7] Borkowski B., Żeń-szeń syberyjski, *Wiadomości Zielarskie*, 1995, 37, s. 6–8.
- [8] Lin-De L., Zhong-Li W., Guo-Wie T., Jia-Heng S., Observation on floral morphology and heteranthery of *Eleutherococcus senticosus* (*Araliaceae*), *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1997, 35(1), s.1–6.
- [9] Qibai X., Lowry P.P., *Araliaceae*, [w:] *Flora of China*, Missouri Botanical Garden Press, St Luis; Science Press, Beijing 2007, 13, s. 435–472.
- [10] Ożarowski A., Rumińska A., Suchorska K., Węglarz Z., *Leksykon roślin leczniczych*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1990.
- [11] Lin-De L., Zhong-Li W., Guo-Wie T., Jia-Heng S., The pollination biology of *Eleutherococcus senticosus* (*Araliaceae*), *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1998, 36(1), s. 19–27.
- [12] Tumiłowicz J., Banaszczak P., *Drzewa i krzewy z rodziny Araliaceae w Arboretum w Rogowie*, *Rocznik Dendrologiczny*, 2006, 54, s. 35–50.
- [13] Willuhn G., *Radix Eleutherococci*, [w:] Wichtl M. (red.) *Herbal drugs and phytopharmaceuticals*. Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart and CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington 2004.

Eleuterokok kolczysty – alternatywa dla żeń-szenia?

- [14] Lin-De L., Zhong-Li W., Guo-Wie T., Jia-Heng S., Studies on sexual reproduction and vegetative propagation of *Eleutherococcus senticosus* (Araliaceae), *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1997, 35(1), s. 7–13.
- [15] Choi E-M., Ding Y., Nguyen H.T., Park S-H., Xuan N.N., Liang C., Lee J-J., Kim Y-H., Chiisanoside, a lupane triterpenoid from *Acanthopanax* leaves, stimulates proliferation and differentiation of osteoblastic MC3T3-E1 cells, *Natural Product Sciences*, 2008, 14(1), s. 21–26.
- [16] Fujikawa T., Yamaguchi A., Morita I., Takeda H., Nishibe S., Protective effects of *Acanthopanax senticosus* Harms from Hokkaido and its components on gastric ulcer in restrained cold water stressed rats, *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 1996, 19(9), s. 1227–1230.
- [17] Nishibe S., Kinoshita H., Takeda H., Okano G., Phenolic compounds from stem bark of *Acanthopanax senticosus* and their pharmacological effect in chronic swimming stressed rats, 1990, 38(6), s. 1763–1765.
- [18] Davydov M., Krikorian A.D., *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. et Maxim.) Maxim. (Araliaceae) as an adaptogen: a closer look, *Journal of Ethnopharmacology*, 2000, 72, s. 345–393.
- [19] Yang L., Gao Y-F, Liu Y., Hao J-W., Zu Y-G., Optimized ultrasonic extraction of main phenolic glycosides and aglycones from *Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms, *Chemistry and Industry of Forest Products*, 2009, 29(3), s. 93–99.
- [20] Hänsel R., Sticher O., Steinegger E., *Pharmakognosie – Phytopharmazie*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1999.
- [21] Anetai M., Yamagishi T., Kaneshima H., Determination of some constituents in *Acanthopanax senticosus* Harms. Differences among part, diameter, age, and harvest time, *Report of the Hokkaido Institute of Public Health*, 1995, 45, s. 63–65.
- [22] Kohlmünzer S., *Farmakognozja. Podręcznik dla studentów farmacji*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2000.
- [23] Kurkin V.A., Dubishchev A.V., Ezhkov V.N., Titova I.N., Avdeeva E.V., Antidepressant activity of some phytopharmaceuticals and phenylpropanoids, *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 2006, 40(11), s. 614–619.
- [24] Kang J.S., Linh P.T., Cai X.F., Kim H.S., Lee J.J., Kim Y.H., Quantitative determination of eleutheroside B and E from *Acanthopanax* species by high performance liquid chromatography, *Archives of Pharmacal Research*, 2001, 24(5), s. 407–411.
- [25] Kim H.M., Kim J.S., Lee S., Lee S-J., Lee G.P., Kang S.S., Cho S.H., Cheoi D-S., Quantitative analysis of lignans in the fruits of *Acanthopanax* species by HPLC, *Food Science and Biotechnology*, 2006, 15(5), s. 776–780.
- [26] Li X-C., Barnes D.L., Khan I.A., A new lignan glycoside from *Eleutherococcus senticosus*, *Planta Medica*, 2001, 67, s. 776–780.
- [27] Bączek K., Diversity of *Eleutherococcus* genus in respect of biologically active compounds accumulation, *Herba Polonica*, 2014, 60(3), s. 34–43.
- [28] Zgórka G., Kawka S., Application of conventional UV, photodiode array (PDA) and fluorescence (FL) detection to analysis of phenolic acids in plant material and pharmaceutical preparations, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2001, 24, s. 1065–1072.
- [29] Richter R., Hanssen H-P, Koenig W.A., Essential oil composition of *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. et Maxim.) Maxim roots, *Journal of Essential Oil Research*, 2007, 19, s. 209–210.

- [30] Devoti J., Safer B., Sternschien S., Bonagura E., Bonagura V.R., Immune modulation of human genes by Siberian ginseng (SB), fraction EB1, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2002, 109(1), s. 61.
- [31] Brekhman I.I., Dardamov I.V., New substances of plant origin which increase nonspecific resistance, *Annual Review of Pharmacology*, 1969, 9, s. 419–430.
- [32] Kimura Y., Sumiyoshi M., Effects of various *Eleutherococcus senticosus* cortex on swimming time, natural killer activity and corticosterone level in forced swimming stressed mice, *Journal of Ethnopharmacology*, 2004, 95(2–3), s. 447–453.
- [33] Bohn B., Nebe C.T., Birr C., Flow cytometric studies with *Eleutherococcus senticosus* extract as an immunomodulating agent, *Drug Research*, 1987, 37(10), s. 1193–1196.
- [34] Newall C.A., Anderson L.A., Phillipson J.D., *Herbal Medicines: A Guide for Health Care Professionals*, The Pharmaceutical Press, London 1996.
- [35] Cho J.Y., Nam K.H., Kim A.R., Park J., Yoo E.S., Baik K.U., Yu Y.H., Park M.H., *In-vitro* and *in-vivo* immunomodulatory effects of syringin, *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2001, 53(9), s. 1287–1294.
- [36] Wagner H., Nörr H., Winterhoff M., Winterhoff H., Drogen mit adaptogenwirkung zur stärkung der widerstandskräfte, *Zeitschrift für Phytotherapie*, 1992, 13, s. 42–54.
- [37] Gaffney B.T., Hügel H.M., Rich P.A., The effects of *Eleutherococcus senticosus* and *Panax ginseng* on steroidal hormone indices of stress and lymphocyte subset numbers in endurance athletes, *Life Sciences*, 2001, 70, s. 431–442.
- [38] Zhang X., *Radix Eleutherococci*, *Traditional Medicine Supplies*, 1999, 3, s. 83–92.
- [39] Park H.R., Park E.J., Rim A.R., Jeon K.I., Hwang J.H., Lee S.C., Antioxidant activity of extracts from *Acanthopanax senticosus*, *African Journal of Biotechnology*, 2006, 5(23), s. 2388–2396.
- [40] Yu C.Y., Kim S.H., Lim J.D., Kim M.J., Chung I.M., Intraspecific analysis by DNA markers and *in vitro* cytotoxic and antioxidant activity in *Eleutherococcus senticosus*, *Toxicology in Vitro*, 2003, 17, s. 229–236.
- [41] Hibasami H., Fujikawa T., Takeda H., Nishibe S., Satoh T., Fujisawa T., Nakashima K., Induction of apoptosis by *Acanthopanax senticosus* Harms and its component, sesamin in human stomach cancer KATO III cells, *Oncology Reports*, 2000, 7(6), s. 1213–1216.
- [42] Yoon T.J., Yoo Y.C., Lee S-W., Shin K-S., Choi W-H., Hwang S-H., Ha E.S., Jo S.K., Kim S-H., Park W-M., Anti-metastatic activity of *Acanthopanax senticosus* extract and its possible immunological mechanism of action, *Journal of Ethnopharmacology*, 2004, 93, s. 247–253.
- [43] Bepalov V.G., Aleksandrov V.A., Yaremenko K.V., Limarenko A.Yu., Petrov A.S., Troyan D.N., Inhibiting effect of the extract of *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. et Maxim.) on the development of experimentally induced tumors of nervous system, cervix uteri and vagina, *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 1993, 27(5), s. 63–65.
- [44] Li X-L., Zhou A-G., Preparation of polysaccharides from *Acanthopanax senticosus* and its inhibition against irradiation – induced injury of rat, *Carbohydrate Polymers*, 2007, 67(2), s. 219–226.
- [45] Ruijun Z., Jinkang Q., Gnanhua Y., Baozhen W., Xiulan W., Medicinal protection with Chinese herb-compound against radiation damage, *Action, Space and Environmental Medicine* 1990, 61, s. 729–731.
- [46] Court W.C., *Ginseng: the genus Panax*. OPA, Amsterdam 2000.

Eleuterokok kolczysty – alternatywa dla żeń-szenia?

- [47] Lamer-Zarawska E., Rośliny adaptogenne i regulatory układu odpornościowego, *Wiadomości Zielarskie*, 1994, 11, s. 4–7.
- [48] Arushanian E.B., Baida O.A., Mastiagin S.S., Popova A.P., Shikina I.B., Vliianie eleuterokokka na kratkovremiennuju pamiat' i zritel'noe vosprijatie zdrovych ludiej, *Ekspierimental'naja i Klinicheskaja Farmakologija*, 2003, 66(5), s. 10–13.
- [49] Arushanian E.B., Shikina I.B., Improvement of light and color perception in humans upon prolonged administration of *Eleutherococcus*, *Ekspierimental'naia i Klinicheskaja Farmakologija*, 2004, 67(4), s. 64–66.
- [50] Niu H-S., Liu I-M., Cheng J-T., Lin C.L., Hsu F.L., Hypoglycemic effect of syringin from *Eleutherococcus senticosus*, in streptozocotin-induced diabetic rats, *Planta Medica*, 2008, 74(2), s. 109–113.
- [51] Niu H-S., Hsu F-L., Liu I-M., Cheng J-T., Increase of beta-endorphin secretion by syringin, an active principle of *Eleutherococcus senticosus*, to produce antihypoglycemic action in type 1-like diabetic rats, *Hormone and Metabolic Research*, 2007, 39(12), s. 894–898.
- [52] Shin S.J., Hong S.T., *Acanthopanax* and *Platycodi* independently prevents the onset of high fat diet induced hyperglyceridemia and obesity in C57BL/6 mice, *Food Sciences and Biotechnology*, 2005, 14(6), s. 841–846.
- [53] Kropotov A.V., Kolodnyak O.L., Koldaev V.M., Effects of Siberian ginseng extract and iproflavone on the development of glucocorticoid-induced osteoporosis, *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2002, 133(3), s. 252–254.
- [54] Glatthaar-Saalmüller B., Sacher F., Esperester A., Antiviral activity of an extract derived from roots of *Eleutherococcus senticosus*, *Antiviral Research*, 2001, 50, s. 223–228.
- [55] Choi J., Shin K.M., Park H.J., Jung H.J., Kim H.J., Lee Y.S., Rew J.H., Lee K.T., Anti-inflammatory and antinociceptive effects of sinapyl alcohol and its glucoside syringin, *Planta Medica*, 2004, 70(11), s. 1027–1032.
- [56] Kim M-K., Jin Y-S., Heo S-I., Shim T-H., Sa J-H., Wang M-H., Studies for component analysis and antioxidant effect, antimicrobial activity in *Acanthopanax senticosus* Harms, *Korean Journal of Pharmacognosy*, 2006, 37(3), s. 151–156.
- [57] Chen Z., Yin C.P., Liu J.H., Fang J.G., Wang W.Q., Shi C.Y., Extract of *Acanthopanax senticosus* improves sperm mobility of asthenospermia patients in vitro, *National Journal of Andrology*, 2007, 13(1), s. 21–23.
- [58] WHO Monographs on Medicinal Plants – *Eleutherococcus senticosus*, World Health Organization 2002.
- [59] Wiart C., *Etnopharmacology of Medicinal Plants: Asia and the Pacific*. Humana Press, New Jersey 2006.
- [60] Wagner H., *Immunostimulants and adaptogens from plants*, [w:] Arnason J.T., Mata R.I., Roa J.T. (red) *Phytochemistry of Medicinal Plants*, Plenum Press, New York 1995.

Do cytowania:

Bączek K., Eleuterokok kolczysty – alternatywa dla żeń-szenia?, *Herbalism*, 2017, 1(3), s. 7–19

Hydroksykwas organiczne w fitokosmetykach rewitalizujących

Organic hydroxyacids in revitalizing phytocosmetics

Agata Kaniewska, Beata Sperkowska

Katedra i Zakład Bromatologii, Wydział Farmaceutyczny, Collegium Medicum, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Jagiellońska 13, 85-067 Bydgoszcz; e-mail: beata.sperkowska@cm.umk.pl

Słowa kluczowe: fitokosmetyki, alfa-hydroksykwas, beta-hydroksykwas, kwas glikolowy, kwas mlekowy, kwas cytrynowy, kwas winowy, kwas salicylowy

Keywords: phytocosmetics, alpha-hydroxyacids, beta-hydroxyacids, glycolic acid, lactic acid, citric acid, tartaric acid, salicylic acid

Streszczenie

W artykule wyjaśniono zagadnienia związane z występowaniem i zastosowaniem hydroksykwasów organicznych w fitokosmetykach rewitalizujących i zabiegach kosmetycznych. Dokonano charakterystyki budowy skóry oraz właściwości fizycznych i chemicznych alfa- (AHA) i beta-hydroksykwasów (BHA) (kwas glikolowy, kwas mlekowy, kwas cytrynowy, kwas jabłkowy, kwas winowy, kwas salicylowy). Scharakteryzowano sposoby oznaczania hydroksykwasów, a także przedstawiono regulacje prawne dotyczące stosowania hydroksykwasów w kosmetykach. Przedstawiono wskazania i przeciwwskazania do zastosowania zabiegów z kwasami owocowymi. Opisano czynniki warunkujące skuteczność działania biologicznego alfa-hydroksykwasów (AHA).

Summary

In this paper some principal problems related with application of organic hydroxyacids in phytocosmetics formulations and cosmetics treatment have been described. Detailed characteristics of the human skin structure and physicochemical properties of alpha-hydroxyacids (AHA) and beta-hydroxyacids (BHA) as glycolic acid, lactic acid, citric acid, malic acid, tartaric acid and salicylic acid, have been presented. In addition some modern analytical procedures for rapid and selective determination of hydroxyacids in cosmetics as well as the basic international and domestic legal rules related with use of hydroxyacids in cosmetic procedures was discussed. The set of practical indications and contraindications linked with application of the fruit originated hydroxyacids to cosmetological intervention and treatments was also mentioned. The most important factors determining biological action efficiency of alpha-hydroxyacids (AHA) was shortly specified.

Wstęp

Kosmetyka i kosmetyki towarzyszą człowiekowi na co dzień od wieków. Konsumenci rzadko jednak zastanawiają się nad ich genezą. Powszechnie uznaje się, że atrakcyjny wygląd jest kluczem do osiągnięcia sukcesu w wielu dziedzinach życia, dlatego nie powinien dziwić fakt, iż od najdawniejszych czasów przedstawiciele obu płci starali się poprawiać swoją urodę, a kosmetyki rewitalizujące, czyli przywracające cerze młody wygląd, cieszyły się od zawsze dużym powodzeniem i zainteresowaniem [1–6]. Świadczą o tym liczne znaleziska archeologiczne potwierdzające pierwotne obyczaje [4, 7–10]. Współcześnie coraz większą popularnością cieszą się produkty naturalne, dlatego też w ofercie firm zajmujących się produkcją kosmetyków odnaleźć można całą gamę kosmetyków, które nazywa się naturalnymi, eko-, bio-, itp. Niestety nazwa ta z prawdziwą naturą zazwyczaj nie ma nic wspólnego. O ile w obowiązującym ustawodawstwie została sformułowana definicja kosmetyku, którą w rozumieniu Ustawy o kosmetykach na podstawie art. 2, nazywamy „każdą substancję lub preparat przeznaczony do zewnętrznego kontaktu z ciałem człowieka: skórą, włosami, wargami, paznokciami, zewnętrznymi narządami płciowymi, zębami i błonami śluzowymi jamy ustnej, których wyłącznym lub podstawowym celem jest utrzymanie ich w czystości, pielęgnowanie, ochrona, perfumowanie, zmiana wyglądu lub ulepszenie jego zapachu” [11], to jednak nie ma jak do tej pory jednoznacznej definicji fitokosmetyku, jak również stosownych regulacji prawnych [10–12]. W świetle obowiązujących przepisów produkt zawierający zaledwie 0,5% surowca naturalnego może zostać przez producenta nazwany fitokosmetykiem [12]. Nie ulega wątpliwości, że fitokosmetyki są bardziej przyjazne wrażliwej skórze niż masowe czy tradycyjne – z dużą zawartością substancji czysto chemicznych. Paradoksalnie, to właśnie te kosmetyki gwarantują błyskawiczny efekt. Fitokosmetyki takich natychmiastowych efektów nie zapewniają. Działają o wiele wolniej, jednak co ważne – nieinwazyjnie. Co istotne, w nich również występują substancje chemiczne, są jednak precyzyjnie dobrane z obowiązujących list ekologicznych, które jasno określają, jakie emulgatory, tłuszcze i konserwanty mogą być stosowane [13]. Tak więc wybierając kosmetyki naturalne, należy pamiętać, że rezultat przyniesie tylko systematyczność i ciągłość ich stosowania [8, 9, 13–16].

Kosmetyki naturalne z dużym powodzeniem sprawdzają się w gabinetach kosmetycznych. Decyduje o tym przede wszystkim mniejsze ryzyko wystąpienia podrażnień. Natomiast w przypadku, gdy konieczne jest w miarę szybkie uzyskanie poprawy stanu skóry, celowe jest uzupełnienie

terapii o zabiegi wspomagające, tj.: mikrodermabrazję, mezoterapię, jonoforezę i inne [4, 17, 18].

Występujące w składzie fitokosmetyków rewitalizacyjnych niskocząsteczkowe kwasy organiczne, a w szczególności alfa-hydroksykwasy dopiero od niedawna znalazły swoje zastosowanie jako „*elixir młodości*” [8, 9, 17]. Zabiegi z użyciem preparatów zawierających te związki w niższych stężeniach (do 4,0%) wykorzystywane są do pielęgnacji skóry suchej i z rybią łuską [17]. W przypadku wyższych stężeń (powyżej 5,0%) zachodzi eksfoliacja zrogowaciałych komórek naskórka, którą przeprowadza się w profesjonalnych gabinetach kosmetycznych [7, 14, 19–22]. Produkty zawierające kwasy owocowe, takie jak kwas glikolowy czy mlekowy, stosowane są jako środki nawilżające skórę, poprawiające ogólny wygląd skóry oraz odwracające oznaki starzenia się skóry i nadmiernej ekspozycji na słońce. Uzyskane wyniki w ramach prowadzonych na szeroką skalę badań klinicznych wskazują, że alfa- i beta-hydroksykwasy działają nawilżająco na skórę, zmniejszając spójność korneocytów, wspierając złuszczenie i stymulując regenerację skóry poprzez złuszczenie komórek warstwy zewnętrznej. Dzięki swoim właściwościom stały się one jednym z niezbędnych składników kosmetyków rewitalizujących [7, 14, 20, 21].

W przemyśle kosmetycznym w analizie środków kosmetycznych wykorzystywane są różne metody, zarówno konwencjonalne, jak i innowacyjne. Najczęściej, z uwagi na ich dokładność i precyzję, są to: spektrofotometria UV-VIS, spektrofluorymetria, spektroskopia w podczerwieni, absorpcyjna spektrometria atomowa (AAS), spektrometria emisyjna z indukcyjnie sprzężoną plazmą (ICP) oraz chromatografia gazowa (GC), jonowa (IC), wysokosprawna chromatografia cieczowa (HPLC) i elektroforeza kapilarna (CE) [23–29].

W dostępnym piśmiennictwie brakuje informacji na temat zawartości kwasów karboksylowych w fitokosmetykach rewitalizujących, a opublikowane wyniki badań dotyczą zazwyczaj zawartości hydroksykwasów uzyskanych głównie z wykorzystaniem metod chromatograficznych: elektroforezy kapilarnej i wysokosprawnej chromatografii cieczowej [24, 27–29]. Metody te posiadają zarówno swoje wady, jak i zalety, a uzyskane wyniki w wielu przypadkach są trudne do interpretacji. Brakuje natomiast danych na temat zawartości alfa-hydroksykwasów w kosmetykach rewitalizujących uzyskanych metodami enzymatycznymi. Tymczasem badania prowadzone z wykorzystaniem metod enzymatyczno-spektrofotometrycznych w żywności wskazują, że są to metody charakteryzujące się wysoką czułością i selektywnością [30–35]. Stąd wniosek, że mogą być użyteczne również w analizie produktów kosmetycznych [5, 6, 30–35].

Budowa skóry

Skóra pełni szereg ważnych funkcji fizjologicznych w organizmie. Jest narządem o złożonej budowie warstwowej, umożliwiającej ochronę narządów wewnętrznych przed szkodliwym działaniem czynników środowiska zewnętrznego. Dzięki znacznemu zróżnicowaniu anatomicznemu oraz znacznej powierzchni stanowi narząd niezbędny do prawidłowego funkcjonowania organizmu jako komplementarnej całości [4, 36, 37]. Pierwszą warstwę skóry stanowi naskórek, który składa się głównie z dojrzewających komórek nabłonkowych, nazywanych keratynocytami i tworzy kilka warstw: podstawną, kolczystą, ziarnistą i rogową. Oprócz keratynocytów w naskórku znajdują się również komórki barwnikowe – melanocyty, komórki odpowiedzialne za reakcje immunologiczne – komórki Langerhansa i komórki układu nerwowego – komórki Merkela. W skórze właściwej utworzonej z tkanki łącznej znajdują się włókna kolagenowe i elastyna oraz elementy komórkowe: fibroblasty, mastocyty i komórki krwi oraz naczynia i nerwy [36]. Tkanę podskórną tworzy tkanka tłuszczowa i łączna. W skórze znajdują się przydatki skóry: gruczoły potowe (ekrynowe i apokrynowe), gruczoły łojowe, paznokcie i włosy [4, 7, 10].

Skóra z uwagi na swoją złożoną, warstwową budowę jest organem tworzącym barierę ochronną ciała [7]. Chroni organizm nie tylko przed zakażeniem bakteriami, grzybami czy wirusami, ale również przed różnego rodzaju czynnikami mechanicznymi, termicznymi, chemicznymi i promieniowaniem [4, 36, 37]. Ponadto zapewnia niezmiennie warunki dla środowiska wewnętrznego organizmu. Skóra jest organem metabolicznie aktywnym, odpowiada na bodźce zewnętrzne takie jak ciepło, ból oraz dotyk. Składa się z podskórnej warstwy tłuszczu, skóry właściwej i naskórka [7].

Budowa, właściwości fizyczne i chemiczne hydroksykwasów

W ostatnich latach w składzie preparatów kosmetycznych coraz częściej występują hydroksykwasy zwane kwasami owocowymi. Są to związki organiczne zawierające dwa typy grup funkcyjnych: 1) grupę hydroksylową ($-OH$) oraz 2) grupę karboksylową ($-COOH$) [38,39]. Łączą one ze sobą właściwości alkoholi i kwasów karboksylowych. W zależności od wzajemnego położenia grup wyróżnia się:

- alfa-hydroksykwasy (AHA), czyli związki, w których grupy hydroksylowa i karboksylowa przyłączone są do tego samego atomu węgla,

- beta-hydroksykwas (BHA), gdzie grupy funkcyjne znajdują się przy sąsiednich atomach węgla,
- gamma-hydroksykwas, gdzie grupę hydroksylową i karboksylową rozdzielają dwa atomy węgla,
- delta-hydroksykwas, gdzie grupy funkcyjne rozdzielają trzy atomy węgla. Największą popularnością cieszą się alfa-hydroksykwas (AHA, ang. *Alpha Hydroxy Acids*) z uwagi na ich specyficzne właściwości. alfa-Hydroksykwas (AHA) kondensują do cyklicznych estrów lub poliestrów z utratą cząsteczki wody oraz ulegają rozkładowi do aldehydu lub ketonu oraz kwasu mrówkowego [22, 38, 39],
- beta-hydroksykwas (BHA) tworzą kwasy nienasycone po odszczerpieniu cząsteczki wody [4, 8, 9, 22],
- gamma- i alfa-hydroksykwas mogą ulegać wewnątrzcząsteczkowej estryfikacji, z utworzeniem pierścieni pięcio- lub sześciocłonowych (laktony) [4, 8, 9, 22].

Wśród hydroksykwasów (z wyjątkiem kwasu glikolowego i kwasu gamma-hydroksymasłowego) występuje izomeria optyczna, związana z obecnością stereogenicznych atomów węgla, gdzie cząsteczki związków chemicznych występują w dwóch odmianach będących odbiciami lustrzanymi. Wykazują one różne działania na organizm ludzki, często tylko jeden z izomerów bierze udział w procesach biochemicznych [38, 39]. alfa-Hydroksykwas (AHA) zostały po raz pierwszy opisane w literaturze w latach 70. XX w. przez Scotta i wsp. [7]. Występują one zarówno w przyrodzie, jak również mogą być otrzymywane, np. w wyniku ekstrakcji soku ze świeżych owoców, mleka i warzyw. Mogą być także syntetyzowane metodami chemicznymi. Są kwasami organicznymi wykorzystywanymi powszechnie w kosmetyce, zarówno jako środki złuszczające (peeling chemiczny) i składniki wyrobów kosmetycznych. Mechanizm ich działania opiera się na normalizacji procesu keratynizacji i zmniejszenia adhezji keranocytów. Pełnią funkcję promotorów przejścia naskórkowego. Stosowane są pojedynczo lub w połączeniu z innymi środkami wybielającymi, np. hydrochinonem czy kwasem kojowym [17, 21, 40]. Najczęściej używane hydroksykwas przedstawia Tabela 1.

Hydroksykwas organiczne w fitokosmetykach rewitalizujących

Tabela 1. Charakterystyka wybranych hydroksykwasów

Kwas	Nazwa systematyczna	Masa cząsteczkowa	Wzór sumaryczny
Kwas cytrynowy	Kwas 2-hydrokso-1,2,3-propanotrikarboksyowy	192,12	$C_6H_8O_7$
Kwas jabłkowy	Kwas hydroksybutanowy	134,09	$C_4H_6O_5$
Kwas mlekowy	Kwas 2-hydroksypropanowy	90,08	$C_2H_4OHCOOH$
Kwas winowy	Kwas 2,3-dihydroksybutanodiiowy	150,09	$C_4H_6O_6$
Kwas glikolowy	Kwas hydroksyoctowy	76,05	$HO-CH_2-COOH$
Kwas salicylowy	Kwas 2-hydroksybenzoowy	138,12	$C_6H_4(OH)COOH$

- kwas glikolowy: hydroksykwas, występujący w trzcinnie cukrowej (*Saccharum officinarum* L.), jest uniwersalnym środkiem złuszcającym stosowanym w stężeniu 20-70%, używanym do leczenia zmian barwnikowych takich jak przebarwienia pozapalne, melasma i plamy soczewicowate [27]. Wyniki badań dowodzą, że odgrywa on kluczową rolę w procesie złuszczenia keranocytów barwnikowych oraz przyczynia się do wzrostu zawartości kolagenu i substancji śluzowych w skórze [41, 42]. Rozjaśniający mechanizm jego działania wiąże się, m.in. ze wzmożonym obrotem naskórkowym, a także modulacją syntezy melaniny poprzez hamowanie aktywności tyrozynazy [43]. Kwas glikolowy może być stosowany pojedynczo lub w połączeniu z innymi związkami rozjaśniającymi (np. hydrochinonem, kwasem mlekowym) [43, 44]. Kwas glikolowy jest substancją naturalną dla naszego organizmu. Ze względu na niewielką masę cząsteczkową może w łatwy sposób przenikać przez powierzchnię skóry. Uznawany jest również jako aktywator procesów metabolicznych oraz jako nośnik innych substancji aktywnych. Zastosowanie kwasu glikolowego powoduje rozluźnienie i złuszczenie wierzchnich warstw naskórka. Doprowadza to do złuszczenia zewnętrznej warstwy rogowej. Kwas glikolowy pobudza także fibroblasty, co skutkuje zwiększeniem ilości prawidłowo zbudowanego kolagenu. Właściwości nawilżające wynikają z możliwości wbudowywania się kwasu w struktury lipidowej bariery naskórkowej. Dłuższe stosowanie ma bardzo korzystny wpływ na skórę właściwą, poprawia się jej grubość do 25% [43, 44].

- kwas mlekowy, który występuje w kwaśnym mleku jest to hydroksykwas o mechanizmie działania podobnym do kwasu glikolowego. Zastosowany w stężeniu 5-20% niszczy połączenia pomiędzy korneocytami powodując intensywne złuszczenie naskórka. Z przeprowadzonych dotąd badań wynika, że w stężeniu 5,0% odpowiada za zmiany wyłącznie w obrębie naskórka, podczas gdy w stężeniu 12,0%, zarówno za zmiany w obrębie naskórka, jak i skóry właściwej [47]. Kwas ten zawiera w swej cząsteczce jeden stereogeniczny atom węgla. Występuje w postaci dwóch optycznie czynnych enancjomerów L (+) i D(-). Kwas mlekowy może powstawać naturalnie lub może być otrzymywany syntetycznie. Jest produktem procesu fermentacji mlekowej przy udziale wielu szczepów bakterii, w tkankach zwierzęcych powstaje w wyniku glikolizy beztlenowej. Do celów przemysłowych otrzymuje się kwas mlekowy na drodze fermentacji glukozy przy pomocy bakterii *Lactobacillus* i *Streptococcus* [19, 48]. Kwas mlekowy jest naturalnym składnikiem naturalnego czynnika nawilżającego (ang. *NMF*). Nie powoduje on złuszczenia naskórka w widoczny sposób jak i głębszych jego warstw. Pełni rolę zmiękczacza spoiwa międzykomórkowego i bierze udział w rozluźnianiu spójności korneocytów. Może przenikać w głąb grubej skóry, co wpływa na zmniejszenie grubości warstwy rogowej i naskórka, przez co skóra staje się bardziej delikatna i odżywiona. Jego zastosowanie powoduje zwiększenie skuteczności oraz wzmocnienie efektów działania innych aktywnych substancji znajdujących się w kosmetykach i produktach leczniczych. Ze względu na właściwości wiązania wody działa jako środek nawilżający [4, 8, 9, 17]. Z dużym powodzeniem wykorzystywany jest w terapii przeciwtrądzikowej. Wypiera on korneocyty z zapchanych mieszków włosowych. Oczyszcza pory, co powstrzymuje przed rozwojem Gram-dodatnich bakterii beztlenowych typu *Propionibacterium acnes*.
- kwas cytrynowy: jest bezbarwną, krystaliczną substancją. Jest to kwas trikarboksylowy. Występuje w owocach, kwaśnym mleku, winie, burakach oraz igłach drzew iglastych. Jest ważnym produktem przemiany materii w organizmach zwierzęcych. Kwas ten otrzymywany jest syntetycznie lub w procesie fermentacji maltozy i glukozy pod wpływem enzymów [49]. Kwas cytrynowy charakteryzuje się głównie działaniem wybielającym na skórę. Z tego powodu znalazł zastosowanie w kremach poprawiających koloryt cery, usuwających piegi. W kosmetyce stosuje się go również w płynach do płukania jamy ustnej, ze względu na jego właściwości odkażające. Eliminuje także przykry zapach. Wy-

Hydroksykwas organiczne w fitokosmetykach rewitalizujących

stępuje w składzie kosmetyków do włosów, szamponach, odżywkach i innych kosmetykach kondycjonujących. Pielęgnuje on torebkę włosa i utrzymuje pH na odpowiednim poziomie. Kwas cytrynowy zapobiega starzeniu się skóry przez stymulację syntezy glikozaminoglikanów, kolagenu i elastyny [17, 25, 41].

- kwas jabłkowy: jest związkiem optycznie czynnym, pochodnym kwasu bursztynowego. Lewoskrętny enancjomer *L*(-) jest odmianą występującą w jabłkach, pigwie, agrestie. W kosmetyce stosowany jest przede wszystkim w peelingach i kosmetykach z kwasami AHA. W niskich stężeniach (do 5,0%) działa nawilżająco, rozjaśniająco, natomiast w wyższych stężeniach działa peelingująco i zmiękcza zrogowaciały naskórek [23, 41].
- kwas winowy: występuje w owocach, zwłaszcza w winogronach w stanie wolnym i w postaci soli. Jest substancją stałą, krystaliczną, rozpuszczalną w wodzie. Używany jest do zakwaszania płynów przeciwpotowych, płukanek do włosów, soli do moczenia nóg, proszków pieniających do kąpieli [22].
- kwas salicylowy (najczęściej stosowany w kosmetyce): kwas orto-hydroksybenzoesowy, hydroksykwas, w stężeniu 3-5% stosowany jako czynnik zwiększający penetrację innych związków czynnych. Wykorzystywany zwykle w terapii łączonej, ze względu na słabe właściwości złuszczące [27]. Z licznych badań wynika, iż w stężeniu 20–30% jest skuteczny w leczeniu m.in. ostudy, trądziku pospolitego i przebarwień pozapalnych u pacjentów z V i VI fototypem skóry [50]. Ten bezbarwny, krystaliczny kwas posiada pierścień aromatyczny połączony z grupą kwasową -COOH i grupą hydroksylową -OH w pozycji orto. Powstaje w trakcie przemian metabolicznych glikozydu salicyny, pełni funkcję hormonu roślinnego. Występuje w korze wierzby białej i liściach brzozy, znajduje się również w oliwkach, kiwi i pomidorach. Na drodze syntetycznej otrzymywany jest z fenolu. Lepiej rozpuszcza się w olejach mineralnych, glicerynie, eterze i etanolu niż w wodzie. Kwas salicylowy ma zdolność do tworzenia wewnątrzcząsteczkowych wiązań wodorowych. Dzięki temu jest lotny z parą wodną i ulega sublimacji. Posiada drażniące działanie na skórę i oczy. W dużych ilościach może być toksyczny [51].

Alfa-hydroksykwasy (AHA) przez wiele lat używane były w produkcji kosmetyków jako regulator pH, a dopiero od niedawna znalazły zastosowanie

jako „eliksir młodości”. Zabiegi z użyciem preparatów zawierających związki takie jak alfa-hydroksykwasy w niższych stężeniach mogą być wykorzystane do pielęgnacji skóry suchej czy z rybią łuską. Produkty zawierające kwasy owocowe typu kwas glikolowy, mlekowy zostały uznane przez producentów kosmetycznych jako środki nawilżające skórę, poprawiające ogólny wygląd skóry oraz odwracające znaki starzenia się skóry i łagodzące skutki nadmiernej jej ekspozycji na słońce [17, 52, 53]. Podczas prowadzonych badań klinicznych wykazano, że alfa- i beta-hydroksykwasy działają nawilżająco na skórę, zmniejszając spójność korneocytów, wspierając złuszczenie i stymulując regenerację skóry poprzez złuszczenie komórek warstwy zewnętrznej. Kwasy alfa- i beta-hydroksylowe były stosowane miejscowo i miały bardzo dobry wpływ na hiperkeratynizację [29, 44, 50]. Efekt ten polegał początkowo na gwałtownym odrywaniu się hiperkeratocytów powierzchni warstwy rogowej, a następnie głębokiej penetracji w warstwie zbitej, zapewniając korzystne zmiany w suchej skórze, zapobiegając tworzeniu brodawek oraz nadmiernemu rogowaceniu przymieszkowemu, które występuje w trądziku. Późniejsze prace wykazały, że konsekwentne zastosowanie alfa- i beta-hydroksykwasów spowodowało spulchnienie skóry, które było związane z większą biosyntezą glikozaminoglikanów, kolagenu oraz poprawą jakości włókien elastycznych. Zmiany te towarzyszą zmniejszeniu ilości i głębokości zmarszczek na skórze [7, 26]

Zastosowanie kwasów organicznych w kosmetyce

Wskazania do zastosowania kwasów owocowych [4, 8–10, 14, 19, 20, 22]: skóra tłusta, łojotok, rozszerzone pory, trądzik pospolity, zmiany trądzikowe i potrądzikowe, rozstępy, przebarwienia pozapalne, posłoneczne, fotostarzenie się skóry, plamy soczewicowe, rogowacenie słoneczne, zmniejszona elastyczność skóry spowodowana starzeniem się, skóra sucha, rogowacenie przymieszkowe, rybia łuska, brodawki łojotokowe, brodawki zwykłe.

Przeciwwskazania do zastosowania kwasów owocowych: ciąża, alergie, skłonności do obrzęków, cukrzyca, miażdżyca, nadciśnienie, choroby zakaźne, choroby psychiczne, stany ropne, zakażenia bakteryjne, wirusowe, opryszczka, brodawki młodzieńcze, brodawki wirusowe, znamiona barwnikowe, trądzik różowaty, zaburzenia naczynioruchowe, naczylniaki, bliznowce, keloidy.

Skuteczność działania biologicznego hydroksykwasów

Stężenie kwasów AHA i BHA (wyrażone w %, mol/L lub g/L) oraz wartość pH roztworu to najważniejsze parametry, które należy wziąć pod uwagę

przed zastosowaniem tych kwasów [17, 24]. Parametr pH jest wskaźnikiem stężenia jonów wodorowych. Skala pH waha się w przedziale 1–14. Roztwory obojętne mają pH 7,0, czyli stężenia jonów wodorowych i wodorotlenowych w takim roztworze są jednakowe. Poniżej wartości pH 7,0 obserwujemy przewagę jonów wodorowych, środowisko jest kwaśne. Wartości wyższe od pH 7,0 informują o odczynie zasadowym i przewodze jonów wodorotlenowych. Zmiany pH chociaż o jedną jednostkę oznaczają, że stężenie jonów wodorowych zmieniło się 10-krotnie [14, 15]. Wartość pH skóry człowieka wynosi ok. 5,5. Jest to pH naturalne. Kosmetyki nie powinny zaburzać tej wartości [4, 8, 9, 22]. Hydroksykwasy mogą działać drażniąco, zależy to zarówno od ich stężenia, jak i wartości pH kosmetyku. Stężenie roztworów hydroksykwasów ma wpływ na głębokość działania eksfoliacyjnego [26]. Przy głębokiej eksfoliacji prowadzonej pod kontrolą lekarską stosuje się roztwory zawierające ponad 30% wolnego hydroksykwasu.

Standaryzacja stosowania hydroksykwasów w kosmetykach i zabiegach

Efektywność preparatów zawierających hydroksykwasy szczególnie preparatów do peelingu oraz kremów zależy od wielu czynników [17, 45]. Problemem jest przede wszystkim brak standaryzacji. Nie pozwala na dokonanie w pełni obiektywnego porównania preparatów wytwarzanych przez różne firmy. U wielu osób po zastosowaniu kwasów owocowych dochodzi do rozjaśnienia skóry i spłycenia zmarszczek, ale istnieje grono leczonych osób, u których takie zmiany nie występują [17, 24, 41]. Z tego powodu zarówno lekarze, kosmetolodzy, jak też pacjenci powinni mieć realistyczne oczekiwania po wykonaniu zabiegu z AHA. Informacje na temat działania kosmetyków z AHA powinien przekazać pacjentowi lekarz dermatolog. Z drugiej strony dla bezpieczeństwa pacjentów konieczna jest regulacja przepisów dotyczących stosowania wysokich stężeń kwasów owocowych [11]. Działanie kwasów owocowych może być na tyle niebezpieczne, że głębokość penetracji po przekroczeniu warstwy rogowej naskórka może zwiększać w sposób znaczący ryzyko powikłań. Dopuszczalne stężenie AHA może wynosić ogółem 11–25%. Dlatego też dla poprawienia kontroli nad wynikami zabiegów konieczna jest standaryzacja zbuforowanych i częściowo zobojętnionych roztworów AHA. W przypadku kosmetyków dopuszczonych do użytku domowego dopuszczalne stężenie hydroksykwasów nie powinno przekraczać 5,0% [7, 52, 54]. Zależność pomiędzy skuteczno-

ścią a tolerancją kosmetyków na bazie alfa-hydroksykwasów jest określona przez następujące kryteria: 1) pH 3,0–5,5; 2) zawartość kwasu w postaci wolnej, która jest bardziej aktywna niż w postaci soli [55–57], 3) zawartość AHA, 4) zawartość aktywnych składników nawilżających, uśmierzających, kojących i kompensujących podrażnienie spowodowane przez AHA [41]. Podane wyżej parametry wpływają bezpośrednio na działanie defoliacyjne (złuszczone). Przy dość głębokiej eksfoliacji pod kontrolą lekarza stosuje się nawet 30% roztwory hydroksykwasów. W preparatach rynkowych nie przekracza się stężeń 4–5% przy wartości pH 4,0–5,0. Najlepsze efekty uzyskuje się przy stężeniach 4–5% i przy pH 3,0–5,5, gdyż stosowane preparaty powodują wtedy najmniej podrażnień. Przy pH w granicach 6,0 aktywność eksfoliacyjna hydroksykwasów znacznie maleje, a powyżej pH 7,0 zanika całkowicie [17].

Regulacje prawne dotyczące kosmetyków i stosowania hydroksykwasów

Produkt kosmetyczny wprowadzany na rynek musi zostać dokładnie przebadany pod względem ilościowym oraz jakościowym. Nie może bowiem oddziaływać negatywnie na organizm ludzki i zagrażać zdrowiu. Od początku roku 2012 istnieje możliwość wprowadzenia informacji, o których mówi artykuł 13. Rozporządzenia 1223/2009 do Portalu Zgłaszania Produktów Kosmetycznych (CPNP). Od 11 lipca 2013 roku, po półrocznym okresie próbnym, istnieje obowiązek korzystania z portalu „kosmopedia.org”. Do systemu wprowadza się tzw. „recepturę ramową”. Oznacza to udzielenie przez producenta informacji na temat kategorii lub funkcji składników, maksymalnego stężenia w produkcie kosmetycznym, a także istotnych informacji ilościowych i jakościowych [58–60]. Wraz z wprowadzeniem do obrotu kosmetyków zawierających kwasy AHA zaobserwowano ich dobroczynne działanie. Jednak równocześnie pojawiły się obawy o skutki uboczne występujące przy długotrwałym użytkowaniu. Zanotowano przypadki miejscowego poparzenia, swędzenia, obrzęków, zaczerwienienia i przebarwień skóry. Po tych doniesieniach nastąpiły zmiany w regulacjach podanych przez FDA (ang. *Food and Drug Administration*). W styczniu 2005 roku agencja FDA wydała wytyczne dla przemysłu, m.in. nakaz etykietowania kosmetyków zawierających AHA oraz wymienianie ich jako składników. Celem wytycznych jest przede wszystkim edukacja konsumentów na temat możliwości zwiększonej wrażliwości skóry na słońce przez

Hydroksykwas organiczne w fitokosmetykach rewitalizujących

miejscowe stosowanie kosmetyków zawierających AHA oraz edukowanie producentów w celu upewnienia się, że znakowanie tych produktów nie jest fałszywe lub wprowadzające w błąd. Agencja FDA zaleca oznakowanie produktu kosmetycznego zawierającego kwasy AHA jako składnik [61]. Natomiast jeśli jest on stosowany miejscowo na skórę lub błony śluzowe, np. usta, kosmetyki powinny zawierać na opakowaniu informację o potrzebie użycia ochrony przeciwsłonecznej SPF. Badania w tym kierunku prowadzi niezależny panel ekspertów CIR (ang. *Cosmetic Ingredient Review*) [62]. Badania w większości przypadków sponsorowane były przez przemysł kosmetyczny. W ich wyniku panel CIR stwierdził, że produkty zawierające kwas glikolowy i kwas mlekowy są bezpieczne dla konsumentów, jeżeli stężenie AHA wynosi 10% lub mniej. Taki produkt końcowy wykazuje pH 3,5 lub wyższe. Produkty profesjonalne dostępne w salonach kosmetycznych nie przekraczają 30% zawartości i są używane przez wykwalifikowanych specjalistów, a ich pH musi być większe lub równe 3,0. Panel ekspertów CIR zaleca ponadto, żeby na opakowaniach kosmetyków, w składzie których występują AHA, znalazła się informacja o potrzebie zastosowania filtra SPF [54, 62]. Przepisy prawne dotyczące kosmetyków dystrybuowanych na terenie Polski, zawarte są w Ustawie z 30 marca 2001 r. o kosmetykach (Dz. U. z 2001, Nr 42, poz. 473). Powstała ona poprzez dostosowanie do polskiego prawa przepisów europejskich w postaci Dyrektywy Rady Europy z 27 lipca 1976 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstwa państw członkowskich w dziedzinie kosmetyków (76/768/EEC). Prawo odnośnie kosmetyków jest ujednocnione w krajach Unii Europejskiej. Zapewnia to taki sam poziom bezpieczeństwa we wszystkich krajach UE i niezależny handel w obrębie UE [63, 64]. Skład kosmetyków regulowany jest przez system uregulowań prawnych. Mówi o nich Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 marca 2005 r. w sprawie list substancji niedozwolonych lub dozwolonych z ograniczeniami do stosowania w kosmetykach oraz znaków graficznych umieszczanych na opakowaniach kosmetyków (Dz. U. Nr 72 poz. 642 z późn. zm.) [63]. Wśród składników niedozwolonych do stosowania w kosmetykach znajdują się substancje rakotwórcze, mutagenne, teratogenne, narkotyki, antybiotyki, niektóre wyciągi roślinne i inne. Listy substancji dozwolonych z ograniczeniami wymieniają składniki kosmetyków, które mogą być stosowane tylko zgodnie z określonymi normami. Normy te to na przykład dozwolone stężenia lub ostrzeżenia, które należy umieścić na opakowaniu [63]. Składniki nie wymienione na obu tych listach nie podlegają uregulowaniu. Są jednak badane i analizowane podczas oceny bezpieczeństwa

kosmetyku przed wprowadzeniem na rynek. Nie istnieje lista substancji dozwolonych do stosowania w kosmetykach. Inne dokumenty określające wymagania prawne w stosunku do kosmetyków stosowanych na terenie Polski i Unii Europejskiej to:

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 16 czerwca 2003 r. w sprawie określenia kategorii produktów będących kosmetykami (Dz.U. z 2003 r., Nr 125, poz. 1168).
- Siódma poprawka do Dyrektywy o produktach kosmetycznych z 2003 r.
- Decyzja Komisji 257/2006/WE – określająca wykaz nazw składników według Międzynarodowego Nazewnictwa Składników Kosmetyków (tzw. Nomenklatura INCI). Nazwy INCI stosowane są na opakowaniach [59, 60, 65, 66]. Wszelkie ustawy i przepisy prawa nie definiują pojęcia „fitokosmetyku”. Według zebranych informacji fitokosmetyk to kosmetyk zawierający substancje pochodzenia naturalnego tj. roślinne oleje, tłuszcze, woski, wyciągi z ziół i nektaru kwiatów albo olejki eteryczne i aromaty [10], uzyskane metodami fizycznymi (np. tłoczenie, ekstrakcja, filtracja, destylacja, suszenie itp.) oraz mikrobiologicznymi lub enzymatycznymi.

Przykładowe kosmetyki zawierające hydroksykwasy dostępne w Polsce

1. Produkty dostępne na rynku detalicznym:
 - Floslek „WHITE&BEAUTY program wybielający przebarwienia”,
 - SVR „Uriage Hyséac” krem z kwasami AHA złuszczący – 2% kwas jabłkowy, 6% argininian glikolowy, 7% ester kwasu jabłkowego, wyciąg z wierzbownicy (*Epilobium*).
2. Produkty stosowane przez profesjonalistów:
 - Firma Charmine Rose posiada w sprzedaży Kwas migdałowy 30% + Kwas laktobionowy 5% , poj. 100 ml.
 - Firma Jadwiga Instytut Kosmetyczno-Medyczny Laboratorium Biodobry s.c. proponuje zabieg eksfoliacji oparty na różnych stężeniach eksfoliatorów. Produkty używane do zabiegu: AHA śmietanka 120 ml; AHA żel oczyszczający; 1% AHA Eksfoliator, AHA i BHA; 25% AHA Eksfoliator, AHA i BHA 35%; AHA neutralizator; AHA maseczka uspokajająca.

Charakterystykę niektórych fitokosmetyków rewitalizujących i szczegółowy skład INCI dla każdego produktu zamieszczono poniżej.

Hydroksykwas organiczne w fitokosmetykach rewitalizujących

Floslek White and Beauty (FR1) – tonik wybielający z kwasami AHA o delikatnym działaniu keratolitycznym i zmiękczejącym naskórek, zalecany jest do stosowania do każdego rodzaju skóry ze zmianami barwnikowymi. Daje efekt oczyszczenia skóry z zanieczyszczeń i pozostałości po makijażu oraz odświeża. Skóra po użyciu jest gładka, zmatowiona i delikatna. Stosowany w kuracji przed nałożeniem kremu zwiększa jego skuteczność wybielającą, dając lepszy efekt. Zmniejsza intensywność zmian barwnikowych różnego pochodzenia. Rozjaśnia też plamy powstałe na skutek intensywnego i długotrwałego działania promieni słonecznych.

Skład INCI: Aqua, Glycerin, Propylene Glycol, Arctostaphylos Uva-Ursi Extract, Alchemilla Silvestris Extract, Achillea Millefolium Extract, Morus Alba Extract, Betula Verrucosa Extract, Petroselinum Sativum Extract, Citric Acid, Salicylic Acid, Ascorbic Acid, Tartaric Acid, Malic Acid, Hibiscus Sabadariffa Flower Extract, Rosa Canina Fruit Extract, Viola Tricolor Extract, Polysorbate 20, Panthenol, Triethanolamine, Trideceth-9, PEG-5 Ethylhexanoate, Allantoin, Parfum, Disodium EDTA, Methylchloroisothiasolinone, Methylisothiasolinone, Limonene, Linalool, Butylphenyl Methylpropional (Lilial), Benzyl Salicylate, Citronellol.

Salon & SPA Lotion z kwasem migdałowym FR2 – tonik przeznaczony jest do przygotowania skóry przed pierwszym zabiegiem w salonie kosmetycznym oraz do pielęgnacji domowej w trakcie całej kuracji. Zawarte w nim kwasy glikolowy i migdałowy delikatnie złuszcza wierzchnie warstwy naskórka, wygładzają i rozjaśniają cerę, odmładzając jej wygląd. Skład INCI: Aqua, Aloe Barbadensis Leaf Juice, Glycolic Acid, Mandelic Acid, Propylene Glycol, Sodium Hydroxide, Methylparaben, Propylparaben, Diazolidinyl Urea.

No problem FR3 – antybakteryjny tonik matujący o wzmocnionym działaniu z ekologicznym wyciągiem z mango, cynkiem oraz kwasami salicylowym i glikolowym. Oczyszcza, matuje i przywraca naturalne pH. Zmniejsza pory i zapobiega powstawaniu zaskórników. Skład INCI: Aqua, Cocamidopropyl Betaine, Alcohol Denat., Glycerin, Polyvinyl Chloride, PEG-7 Glyceryl Cocoate, Parfum, PVM/MA Decadiene Crosspolymer, Sodium Hydroxide, Propylene Glycol, Citrullus Vulgaris Fruit Extract, Allantoin, Triclosan, Pearl Powder, Sodium Benzotriazolyl, Butylphenol Sulfonate, Buteth-3, Tributyl Citrate, Disodium EDTA, Benzyl Benzoate, Benzyl Salicylate, Citronellol, Eugenol, Geraniol, Butylphenyl Methylpropional, Limonene, Linalool, Alpha-Isomethyl Ionone, 2-Bromo-2-Nitropropane-1,3-Diol, Ethylparaben, Methylparaben, C.I. 14720.

Ziaja Infima FR4 – płyn do higieny intymnej o przyjemnym neutralnym zapachu. Zawiera kwas mlekowy, prowitaminę B5 (D-panthenol), łagodne substancje myjące pochodzenia roślinnego. Nie zawiera mydła. Wzmacnia naturalny system obrony błon śluzowych, skutecznie łagodzi podrażnienia i otarcia śluzówki. Skład INCI: Aqua (water), Sodium Laureth Sulfate, Cocamidopropyl Betaine, Lactic Acid, Panthenol, Cocamid DEA, PEG-120 Methyl Glucose Dioleate, Sodium Benzoate, Parfum (fragrance), CI42090 (FD&C Blue No.1).

Tonik dynamizujący FR5 – tonik odświeżający i tonizujący skórę. Wzbogacony wyciągiem z winogron i prowitaminą B5 tonik usuwa ostatnie ślady zanieczyszczeń z powierzchni skóry. Skład INCI: Aqua, Water, Glycerin, Pyrus Malus/ Apple Fruit Water, Vitis Vinifera/Grape Fruit Extract, Panthenol, Peg-60 Hydrogenated Castor Oil, Methylparaben, Polyaminopropyl Biguanide, Parfum / Fragrance, Benzyl Salicylate, Butylphenyl Methylpropional, Hydroxyisohexyl 3-Cyclohexene Carboxaldehyde, Linalool.

Aqua effect FR6 – tonik wzbogacony w witaminę E i Hydra IQ. Tonizuje, usuwa zanieczyszczenia, zachowuje naturalny poziom nawilżenia skóry. Skóra jest głęboko oczyszczona i odświeżona. Skład INCI: Aqua, Alcohol Denat., PEG-40 Hydrogenated Castor Oil, Glyceryl Glucoside, Nelumbium Speciosum Flower Extract, Tocopheryl Acetate, Panthenol, Glycerin, Propylene Glycol, Polyquaternium-10, Methylparaben, Butylphenyl Methylpropional, Benzyl Alcohol, Geraniol, Hydroxyisohexyl 3-Cyclohexene Carboxaldehyde, Limonene, Linalool, Cinnamyl Alcohol, Alpha-Isomethyl Ionone, Hydroxycitronellal, Benzyl Salicylate, Parfum.

AA skin Future FR7 – rewitalizujący tonik nawilżający z kwasem hialuronowym. Skład INCI: Aqua, Propylene Glycol, Glycerin, Sodium Cocoamphoacatate, PEG-12 Dimethicone, Polysorbate 20, Panthenol, Allantoin, Citrus Limon (Lemon) Fruit extract, Phenoxyethanol, Ethylhexylglycerin, Tetrasodium EDTA, Parfum, Citric Acid.

Kontrola jakości hydroksykwasów

Każdy produkt kosmetyczny wprowadzany na rynek musi zostać dokładnie przebadany pod względem ilościowym oraz jakościowym – dotyczy to również hydroksykwasów. Od początku roku 2012 istnieje możliwość wprowadzenia informacji, o których mówi artykuł 13. Rozporządzenia 1223/2009, do Portalu Zgłaszania Produktów Kosmetycznych (CPNP). Portal CPNP to internetowy, elektroniczny system zgłaszania informacji o kosmetyku

Hydroksykwas organiczne w fitokosmetykach rewitalizujących

wprowadzonym do obrotu na rynku europejskim. Natomiast od 11 lipca 2013 roku, po półtorarocznym okresie próbnym zaczął obowiązywać nakaz korzystania z portalu CPNP. Do systemu wprowadza się obecnie tzw. recepturę ramową, co oznacza podanie przez producenta informacji na temat kategorii lub funkcji składników, maksymalnego stężenia w produkcie kosmetycznym oraz istotnych informacji ilościowych i jakościowych [58–60].

Tabela 2. Metody HPLC wykorzystywane do oznaczania zawartości hydroksykwasów w kosmetykach i żywności

L.p.	Badany produkt	Kolumna chromatograficzna	Faza ruchoma	Przepływ [mL/min]	Detekcja	Zakres liniowy [mg/L]	LOD [mg/L]	Odzysk [%]	Lit.
1	Kremy, lotiony	Prodigy ODS-3 (5µm, 100 Å), Przedkolumna (30 × 4,6 mm) HPLC kolumna C	0,05 M NH ₄ H ₂ PO ₄ pH 3,5 CH ₃ CN: 0 0,05 M NH ₄ H ₂ PO ₄ (1:1) pH 3,0	Przepływ programowany 0,3 – 1,0	UV-Vis, 210 nm	0,1–100,0	0,05	100,6	[24]
2	Kosmetyki profesjonalne	Kolumna C18	11,5 g kwasu fosforowego w 950 mL wody dej. pH 2,5	0,25	UV 210 nm	0,01–1,0	0,005	101%	[62]
3	Kremy	Altima C18 (5µm, 250 × 2,1 i.d)	roztwór H ₃ PO ₄ z tetrabutylamonem	0,25	UV, 210 nm	0,007–1,034	0,003	96–101,5	[27]
4	Kremy, żele	Ultrasphere ODS column (150 × 4,6 mm) Przedkolumna LiChrosphere C18 (4,0 × 4,0 mm, 5µm)	Metanol-bufor fosforanowy pH 7,2	1,0	UV, 210 nm	0,015–0,5	0,07	92,4–96,2	[51]
5	Kremy	C8 Prodigy (250 × 4,6 mm)	11,5 g kwasu fosforowego w 950 mL wody dej. pH 2,5	0,25	UV-Vis, 210 nm	0,01–100,0	LOQ = 0,025	93–102	[29]
6	Soki	HypersilGold C18; (250 × 4,6 mm, 5µm)	50 mM bufor dwufosforanowy pH 2,8	0,7	DAD, 214 nm	0,2 - 300,0	0,10	95,8 - 102,1	[68]

W przemyśle kosmetycznym, w analizie środków kosmetycznych stosuje się różne metody konwencjonalne i nowoczesne metody instrumentalne. Najpowszechniej wykorzystywane są: spektrofotometria UV-Vis, spektrofotometria, spektroskopia w podczerwieni, absorpcyjna spektrometria atomowa (ASA), spektrometria mas z plazmą sprzężoną indukcyjnie (ICP-MS) oraz chromatografia gazowa (GC), chromatografia jonowa (IC), wysokosprawna chromatografia cieczowa (HPLC) i elektroforeza kapilarna (CE) [23–25, 51]. W przypadku oznaczeń hydroksykwasów w produktach kosmetycznych najczęściej publikowane są wyniki uzyskane z wykorzystaniem metod chromatograficznych – CE i HPLC [23–29, 42, 50, 51, 62]. Badania tego typu przeprowadzono zarówno na różnego rodzaju produktach kosmetycznych, jak i spożywczych. Wyniki badań na podstawie przeglądu

piśmiennictwa zaprezentowano w Tabeli 2 i 3. Jak wskazują autorzy tych prac, metody te posiadają swoje wady jak i zalety. Wśród zalet CE można wymienić krótki czas analizy, małe objętości próbek, wysoką czułość od 10 do 100 razy większą niż przy użyciu HPLC. W metodzie HPLC możliwa jest analiza złożonych próbek, co sprawia, że jest to proces powtarzalny, specyficzny i wysokoselektywny, wymagający przy tym niewielkich ilości substancji badanych. Główną wadą obu metod jest ich wysoki koszt. W piśmiennictwie naukowym niewiele jest jak dotąd doniesień na temat wykorzystania do badań kosmetyków metod enzymatyczno-spektrofotometrycznych i sensorów elektrochemicznych [32–35, 67], a szczegółowe wyniki uzyskane tymi metodami będą przedmiotem odrębnego opracowania.

Tabela 3. Metody CE wykorzystywane do oznaczania zawartości hydroksykwasów w kosmetykach i żywności

L.p.	Badany produkt	Parametry kapilary	Bufor (pH)	Napięcie robocze (kV)	Detekcja	Zakres liniowy [mg/L]	LOQ [mg/L]	Odzysk [%]	Lit.
1	Kremy do twarzy, rąk i stóp	Kapilara kwarcowa (Polymicron Technologies, Phoenix, AZ, USA) cał. dł. 57 cm, 50 cm dł. efekt., Ø wew. 75 µm.	4,1	20 kV	UV 254 nm	1,0–100,0	0,4–1,0	99,1–99,7	[25]
2	Mleczko, żel, lotion	Kapilara kwarcowa (Polymicron Technologies, Phoenix, AZ, USA) cał. dł. 50.2 cm, 40 cm dł. efekt., Ø wew. 50 µm.	7,0	-15 kV	DAD 200nm	10,0–100,0	0,3–1,5	99,0–100,6	[26]
3.	Mleko, jogurt	Kapilara kwarcowa (Polymicron Technologies, Phoenix, AZ, USA), dł 365cm, Ø. wew 25µm)	7,2	5kV	Konduktometryczna	10,0–500,0	2,4–2,8	98,5–100,6	[42]
4	Soki pomarańczowe i winogronowe	Kapilara kwarcowa (BioCAPtm, Bangkok, Thailand), dł 50 cm, Ø wew. 50 µm	7,2	-15 kV	UV 200 nm	0,1–0,5	2,5 i 5,0	98,6–100,4	[28]

Literatura

- [1] Bazylak G., Sperkowska B., Effect of extraction conditions on the content of soluble oxalate in aqueous infusions of green and herbal teas, *Planta Medica*, 2010, 76, s. 1336–1337.
- [2] Bazylak G., Siepak M., Przybylska A, Gryn A, Sperkowska B., Melatonin and selenium contents in dried white mulberry leaves, hawthorn inflorescences and multi-herbal blends used as functional dietary supplements, *Planta Medica*, 2016, 82(S01), s. 1–381, doi: 10.1055/S-0036-1597031.
- [3] Bazylak G., Michalski R., Siepak M., Łyko A., Sperkowska B., Inorganic anions profile in the fresh aqueous brews of multiherbal products used as vitalizing or slimming drinks, *Planta Medica*, 2016, 82(S01), s. 1–381, doi:10.1055/S-0036-1596833.
- [4] Lamer-Zarawska E., Chwała C., Gwardys A., *Rośliny w kosmetyce przeciwstarzeniowej*. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa 2012.
- [5] Sperkowska B., Bazylak G., Zawartość rozpuszczalnych szczawianów w wieloskładnikowych ziołowych herbatach odchudzających, witalizujących i upiększających, *Szki-ce Humanistyczne*, 2010, 10(4), s. 176–185.
- [6] Sperkowska B., Bazylak G., Zawartość szczawianów w preparatach ziołowych o działaniu uspokajającym, odstresowującym i wspomagającym leczenie skutków stresu, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2010, 43(3), s. 240–248.
- [7] Martini M.C., Placek W. (red.), *Kosmetologia i farmakologia skóry*, Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa, 2007.
- [8] Marzec A., *Chemia kosmetyków. Surowce, półprodukty, preparatyka wyrobów*. Wyd. TNOIK Dom Organizatora, Toruń, 2009.
- [9] Marzec A., *Chemia nowoczesnych kosmetyków*. Wyd. TNOIK Dom Organizatora, Toruń, 2010.
- [10] Wołosik K., Małgorzata Knaś M., Niczyporuk M., *Fitokosmetologia wykłady z fitokosmetologii, fitokosmetyki i kosmetyki naturalnej*. Wyd. MedPharm Polska, Wrocław, 2013.
- [11] Gertig H., *Regulacje prawne w kosmetyce*, Wyd. Nauk. Uniw. Med. im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Poznań, 2007.
- [12] Koziej T.P., *Fitokosmetyka siły natury*, Beauty Forum, 2008, 12, s. 14–16.
- [13] Hawryłkiewicz W., Dzwonnik S., Zastosowanie alfa- i beta-hydroksykwasów w pielęgnacji skóry dotkniętej trądzikiem pospolitym – ocena skuteczności preparatów na bazie 25-proc. kwasów owocowych, *Postępy kosmetologii*, 2012, 2(1), s. 22–23.
- [14] Kornhauser A., Coelho S.G., Hearing V.J., Effects of cosmetic formulations containing hydroxyacids on sun-exposed skin: current applications and future developments, *Dermatology Research and Practice*, 2012, doi: 10.1155/2012/710893.
- [15] Maddin S., Current review of the alpha hydroxy acids, *Skin Therapy Letter*, 1998, 3, s. 1–18.
- [16] Miękoś-Zydek B., Czyż P., Kaszuba A., *Zaburzenia pigmentacji skóry – przebarwienia*, Wyd. Nauk. Uniw. Med. im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Poznań, 2008.
- [17] Green B.A., Yu R.J., Van Scott E.J., Clinical and cosmeceutical uses of hydroxyacids, *Clinics Dermatology*, 2009, 27, s. 495–501.
- [18] Murad H., Shamban A.T., Premo P.S., The use of glycolic acid as a peeling agent, *Dermatologic Clinics*, 1995, 13, s. 285–307.

- [19] Adamski Z., Kaszuba A., *Dermatologia dla kosmetologów*, Elsevier Urban & Partner, Wrocław, 2008.
- [20] Babilas P., Knie U., Abels C., *Cosmetic and dermatologic use of alpha hydroxy acids*, *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*, 2012, 10, s. 488–491.
- [21] Molever K., *Simultaneous determination of alpha and beta hydroxy acids in personal care products by capillary gas chromatography*, *Journal of Cosmetic Science*, 2002, 53, s. 121–126.
- [22] Molski M., *Chemia piękna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2009.
- [23] Antonelli M.L., Spadaro C., Tornelli R.F., *A microcalorimetric sensor for food and cosmetic analyses: l-Malic acid determination*, *Talanta*, 2008, 74, s. 1450–1454.
- [24] Couch L.H., *Quantification of glycolic acid in cosmetic products using reversed phase high performance liquid chromatography*, *International Journal of Cosmetic Science*, 2002, 24, s. 89–95.
- [25] Dutra E.A., Santoro M.I., Micke G.A., Tavares M.F., Kedor-Hackmann E.R., *Determination of alpha-hydroxy acids in cosmetic products by capillary electrophoresis*, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2006, 40, s. 242–248.
- [26] Liu PY, Lin YH, Feng CH, Chen YL., *Determination of hydroxy acids in cosmetics by chemometric experimental design and cyclodextrin-modified capillary electrophoresis*, *Electrophoresis*, 2012, 33, s. 3079–86.
- [27] Nicoletti I., *Determination of alpha-hydroxy acids in cosmetic products by high-performance liquid chromatography with a narrow-bore column*, *International Journal of Cosmetic Science*, 1999, 21, s. 265–274.
- [28] Vorarat S., Aromdee C., Podokmai Y., *Determination of alpha hydroxy acids in fruits by capillary electrophoresis*, *Analytical Sciences*, 2002, 18, s. 893–896.
- [29] Yates R.L., Havery D.C., *Determination of Phenol, Resorcinol, Salicylic Acid and α -Hydroxy Acids in Cosmetic Products and Salon Preparations*, *Journal of Cosmetic Science*, 1999, 50, s. 315–325.
- [30] Sperkowska B., Bazylak G., *Ocena zawartości rozpuszczalnych szczawianów w herbatkach zielonych i popularnych naparach ziołowych*, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2010, 43(2), s. 130–137.
- [31] Sperkowska B., Bazylak G., *Effect of extraction conditions on the soluble oxalate content in water infusions of green and herbat teas*, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 17(4), s. 107–121.
- [32] Sperkowska B., Bazylak G., *Enzymatic spectrophotometric determination of soluble oxalate content in some multierbal functional products reducing stress related health disorders*, *Current Issues in Pharmacy and Medical Sciences*, 2013, 26(2), s. 171–175.
- [33] Sperkowska B., Bazylak G., *Oznaczanie szczawianów w roślinach leczniczych i produktach zielarskich. Część I. Metody miareczkowe, kolorymetryczne luminescencyjne i enzymatyczne [w monografii:] Chrzanowska J., Róžański H. (red): Rośliny zielarskie, kosmetyki naturalne i żywność funkcjonalna*, Wyd. PWSZ, Krosno–Wrocław, 2015, s. 403–426.
- [34] Sperkowska B., Bazylak G., *Oznaczanie szczawianów w roślinach leczniczych i produktach zielarskich. Część II. Metody chromatograficzne, sensory i biosensory elektrochemiczne [w monografii:] Chrzanowska J., Róžański H. (red): Rośliny zielarskie*,

Hydroksykwas organiczne w fitokosmetykach rewitalizujących

- kosmetyki naturalne i żywność funkcjonalna, Wyd. PWSZ, Krosno–Wrocław, 2015, s. 427–444.
- [35] Sperkowska B., Bazylak G., Wpływ niekonwencjonalnych sposobów ekstrakcji na wynik oznaczania metodą enzymatyczną kwasu szczawiowego w wodnych naparach roślin leczniczych [w monografii:] Bazylak G., Różański H. (red.), Rośliny zielarskie, kosmetyki naturalne i żywność funkcjonalna. Bezpieczeństwo żywności i pasz, Wyd. PWSZ, Krosno–Wrocław, 2016, s. 190–211.
- [36] Parvez S., Kang M., Chung H.S., Cho C., Hong M.C., Shin M.K., Bae H., Survey and mechanism of skin depigmenting and lightening agents, *Phytotherapy Research*, 2006, 20, s. 921–934.
- [37] Williams A., Structure and function of human skin, *Transdermal and Topical Drug Delivery*, Wyd. Pharmaceutical Press, 2003.
- [38] Mastalerz P., *Chemia organiczna*, Wyd. Chemiczne, Wrocław 2000.
- [39] Bojarski J., *Chemia organiczna*, Jacek Bojarski & Wyd. Uniw. Jagielloński, Kraków, 2003.
- [40] Tung R.C., Bergfeld W.F., Vidimos A.T., Remzi B.K., Alpha-hydroxy acid-based cosmetic procedures. Guidelines for patient management, *American Journal of Clinical Dermatology*, 2000, 1, s. 81–88.
- [41] Brody H.J. (red.), Placek W. (red. pol. wyd.), *Peelingi i resurfacing skóry*, Czelej, Lublin 2001.
- [42] Pormsila W., Gong X.Y., Hauser P.C., Determination of the enantiomers of alpha-hydroxy- and alpha-amino acids in capillary electrophoresis with contactless conductivity detection, *Electrophoresis*, 2010, 31, s. 2044–2048.
- [43] Usuki A., Ohashi A., Sato H., Ichihashi M., Funasaka Y., The inhibitory effect of glycolic acid and lactic acid on melanin synthesis in melanoma cells, *Experimental Dermatology*, 2003, 12, s. 43–50.
- [44] Guevara I.L., Pandaya A.G., Safety and efficacy of 4% hydroquinone combined with 10% glycolic acid, antioxidants and sunscreen in the treatment of melasma, *International Journal of Dermatology*, 2003, 42, s. 43–50.
- [45] Draelos Z.D., α -Hydroxy acids, β -hydroxy acid, and other topical agents, *Dermatologic Therapy*, 2000, 13, s. 154–158.
- [46] Fiume Z., Final report on the safety assessment of malic acid and sodium malate, *International Journal of Toxicology*, 2001, 20 (suppl 1), s. 47–55.
- [47] Smith W.P., Epidermal and dermal effects of topical lactic acid, *Journal of the American Academy of Dermatology*, 1996, 35, s. 388–391.
- [48] Zakład Biotechnologii i Inżynierii Genetycznej, Śląski Uniwersytet Medyczny, 2013, http://biotechnologia.slam.katowice.pl/tech_biochemiczne. Akcesja: 03.05.2016.
- [49] Yigitoglu M., Production of Citric Acid by Fungi, *Journal of Islamic Academy of Sciences*, 1992, 5, s. 100–106.
- [50] Grimes P.E., The safety and efficacy of salicylic acid chemical peels in darker racial-ethnic groups, *Dermatologic Surgery*, 2001, 25, s. 18–22.
- [51] Scalia S., Callegari R., Villani S., Determination of glycolic acid in cosmetic products by solid-phase extraction and reversed-phase ion-pair high-performance liquid chromatography, *Journal of Chromatography A*, 1998, 795, s. 219–225.
- [52] Huang W. S., Lin Ch.-Ch., Huang M.Ch., Wen K.-Ch., Determination of α -Hydroxyacids in Cosmetics, *Journal of FDA*, 2002, 10, s. 95–100.

- [53] Ronert M.A., Beta Hydroxy Acids, The Science white paper series of image skincare, Image Skincare, 2009.
- [54] Heymann L.A., The Cosmetic/Drug Dilemma: FDA Regulation of Alpha-Hydroxy Acids, Food and Drug Law Journal, 1997, 52, s. 357–375.
- [55] Sperkowska B., Bazylak G., Oznaczanie mikroelementów w wieloskładnikowych herbatkach ziołowych, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2012, 45(3), s. 241–247.
- [56] Sperkowska B., Bazylak G., Zawartość jonów Mn, Fe, Cu i Zn w wodnych naparach wieloziołowych produktów funkcjonalnych wspomagających redukcję masy ciała i odchudzanie [w monografii:] Rośliny zielarskie, kosmetyki naturalne i żywność funkcjonalna. Bezpieczeństwo żywności i pasz, Bazylak G., Róžański H. (red.), Wyd. PWSZ, Krosno–Wrocław, 2016, s. 212–229.
- [57] Sperkowska B., Bazylak G., Zawartość manganu w wieloziołowych produktach wspomagających odchudzanie, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2016, 49(3), s. 399–406.
- [58] Krzyżostan M., Internetowy Portal Zgłaszania Produktów Kosmetycznych (CPNP), zastąpi KSIOK? <http://biotechnologia.pl/>, Akcesja: 30.05.2016.
- [59] Sereżyńska E., Bezpieczeństwo kosmetyków z punktu widzenia europejskiego konsumenta <http://www.konsument.gov.pl/>. Akcesja: 27.05.2013.
- [60] Oborska A., Legislacja kosmetyczna w Komisji Europejskiej – najnowsze wyzwania i zagrożenia dla przemysłu, <http://kosmetyka.farmacom.com>, Akcesja: 27.05.2013.
- [61] Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków FDA, <http://www.fda.gov/Cosmetics/>. Akcesja: 27.04.2013.
- [62] Hubinger J.C., A survey of consumer cosmetic products and salon preparations for alpha hydroxy acids, Journal of Cosmetic Science, 2002, 53, s. 243–248.
- [63] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 czerwca 2003 r. w sprawie określenia kategorii produktów będących kosmetykami. Na podstawie art. 2 ust. 2 ustawy z dnia 30 marca 2001 r. o kosmetykach (Dz. U. Nr 42, poz. 473 oraz z 2003 r. Nr 73, poz. 659).
- [64] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 1223/2009 z dnia 30 listopada 2009 r., dotyczące produktów kosmetycznych (Dz. U. L 342/59 z dnia 22.12.2009 r.).
- [65] Noszczyk M., Kosmetologia pielęgnacyjna i lekarska, PZWL, Warszawa, 2011.
- [66] Ustawa o kosmetykach z 30 marca 2001 r. (Dz. U. nr 42, poz. 473 z 2001).
- [67] Sperkowska B., Bazylak G. 2015c, Zastosowanie spektroskopii w bliskiej podczerwieni (NIR) do oznaczania szczawianów w wieloziołowych produktach funkcjonalnych, [w monografii:] Rośliny zielarskie, kosmetyki naturalne i żywność funkcjonalna, Chrzanoska J., Róžański H. (red.), PWSZ, Krosno–Wrocław, 2015, s. 445–475.
- [68] Nour V., Trandafir I., Jonica M.E., HPLC organic acid analysis in different citrus juices under reversed phase conditions, Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 2010, 38(1), 44–48.

Do cytowania:

Kaniewska A., Sperkowska B., Hydroksykwas organiczne w fitokosmetykach rewitalizujących, Herbalism, 2017, 1(3), s. 20–40

Wpływ chryzyny na parametry histomorfometryczne kości owarietomizowanych szczurów

Effect of chrysin on histomorphometrical parameters of bones in ovariectomized rats

Maria Zych, Weronika Wojnar, Anna Bońska, Ilona Kaczmarczyk-Sedlak

Katedra i Zakład Farmakognozji i Fitochemii, Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, ul. Jagiellońska 4, 41-200 Sosnowiec, e-mail: farmafit@sum.edu.pl

Słowa kluczowe: osteoporoza, szczury, owariektomia, chryzyna, fitoestrogeny, parametry histomorfometryczne

Key words: osteoporosis, rats, ovariectomy, chrysin, phytoestrogens, histomorphometric parameters

Streszczenie

Osteoporoza jest schorzeniem wynikającym między innymi z niedoboru estrogenów u kobiet w okresie menopauzalnym. Choroba ta charakteryzuje się zmniejszoną wytrzymałością kości na uszkodzenia mechaniczne. Osłabienie układu szkieletowego wynika z zaburzeń na poziomie mikroarchitektury tkanki kostnej. Aby zapobiec rozwojowi osteoporozy pomenopauzalnej, można stosować terapię hormonalną, która jednak niesie za sobą wiele działań niepożądanych. W związku z tym poszukuje się bezpiecznej alternatywy dla hormonalnej terapii zastępczej. W tym celu wykorzystywane są związki pochodzenia roślinnego, w tym substancje o charakterze flawonoidów, nazywane fitoestrogenami. Celem pracy było zbadanie, czy związek o strukturze flawonoidu – chryzyna – może wykazywać ochronne działanie na tkankę kostną na poziomie mikroarchitektury u szczurów z eksperymentalnie wywołaną osteoporozą. Badania prowadzono na samicach szczurów szczepu Wistar podzielonych na grupy: SHAM – pozornie operowane, OVX – owarietomizowane i OVX+CHR – owarietomizowane, którym podawano doustnie chryzynę w dawce 50 mg/kg przez 4 tygodnie. Po izolacji kości zanalizowano parametry makrometryczne oraz wykonano preparaty histologiczne i oznaczono szereg parametrów histomorfometrycznych. Uzyskane wyniki wskazują, że chryzyna podawana szczurom owarietomizowanym powoduje nieznaczną poprawę badanych parametrów.

Summary

Osteoporosis is a disease caused by many factors, for example by estrogens deficiency in menopausal women. It is characterized by decreased mechanical strength of the bones resulting from alterations in bone microarchitecture. To prevent postmenopausal osteoporosis development, hormonal replacement therapy can be used. There are however many side effects of such therapy, thus safe alternative is needed. Scientific reports indicate that plant

-derived substances, including flavonoids, may be helpful in postmenopausal osteoporosis prevention or treatment. These substances are called 'phytoestrogens'. The aim of the study was to examine if chrysin – a plant-derived flavonoid – reveals protective effect on bone tissue microarchitecture in rats with experimental osteoporosis. The study was conducted on female Wistar rats divided into groups: SHAM – sham operated, OVX – ovariectomized rats and OVX+CHR – ovariectomized rats treated with chrysin at a dose of 50 mg/kg. Tested flavonoid was administered orally for 4 weeks. Obtained bones were weighted and measured, then histological specimens were prepared and histomorphometric parameters were analyzed. The results indicate, that chrysin administered to ovariectomized rats leads to meager improvement of analyzed parameters.

Wstęp

Osteoporoza jest schorzeniem szkieletu, które charakteryzuje się zmniejszoną masą kości, jak również uszkodzeniem tkanki kostnej na poziomie mikroarchitektury. Jednym z poważniejszych powikłań osteoporozy jest obniżona wytrzymałość kości, a co za tym idzie, zwiększona podatność na złamania [1]. Odpowiedź tkanki kostnej na naprężenia mechaniczne związana jest z jej budową, która pozwala na właściwą ochronę przed złamaniami przy wykorzystaniu jak najmniejszej ilości materiału budulcowego. Proces adaptacji kości możliwy jest dzięki obecności wyspecjalizowanych komórek, osteocytów, które przekształcają sygnał mechaniczny w odpowiedź chemiczną. Osteocyty uwalniają cząsteczki sygnałowe inicjujące aktywność formujących kości osteoblastów i/lub resorbujących kość osteoklastów [2].

Spośród wielu przyczyn leżących u podstaw rozwoju osteoporozy u kobiet wymienia się menopauzę i związany z nią niedobór estrogenów [3]. Dowiedziono, że obniżony poziom tych hormonów płciowych może prowadzić do wzmożonej apoptozy osteocytów, jak również do zwiększonej aktywności osteoklastów. Osteoklasty na swojej powierzchni posiadają receptor estrogenowy (RE), poprzez który estrogeny przyłączają się do komórek, indukując ich apoptozę. W związku z powyższym, niedobór estrogenów prowadzi do zaburzeń w równowadze procesów zachodzących w tkance kostnej, a resorpcja kości przeważa nad ich tworzeniem [4].

Ze względu na zwiększone ryzyko wystąpienia osteoporozy i związanych z nią złamań u kobiet w okresie pomenopauzalnym, poszukuje się sposobów, dzięki którym możliwe będzie zapobieganie lub opóźnienie rozwoju tego schorzenia. U kobiet z niedoborem estrogenów jednym ze sposobów profilaktyki osteoporozy może być hormonalna terapia zastępcza (HTZ), gdyż jak dowiedziono, suplementacja estrogenów może zmniejszyć ryzyko wystą-

pienia złamań nawet o 30–40% [5, 6]. Istnieje jednak wiele dowodów wskazujących na niekorzystne efekty uboczne związane ze stosowaniem HTZ, w tym choroby układu krążenia, takie jak zakrzepica czy wyższe prawdopodobieństwo wystąpienia zawału serca, jak również zwiększone ryzyko rozwoju nowotworów hormonozależnych [7]. Aby uniknąć działań niepożądanych, związanych z HTZ, poszukuje się bezpiecznej alternatywy dla związków steroidowych. Do związków o niesteroidowej budowie, które mogą wpływać na receptory estrogenowe, są zaliczane substancje pochodzenia roślinnego nazywane ogólnie fitoestrogenami. Wśród fitoestrogenów można wymienić flawonoidy, lignany, kumestany oraz mykoestrogeny. Dzięki strukturalnemu podobieństwu do 17- β -estradiolu mogą pobudzać RE, jednak ich aktywność jest 10^{-2} - 10^{-3} razy mniejsza niż endogenego estradiolu [8, 9].

Dużą grupę związków o charakterze fitoestrogenów stanowią flawonoidy, a w szczególności izoflawony, takie jak genisteina, formononetyna czy biochanina A [10, 11]. Obok izoflawonów znajdują się również inne związki zaliczane do flawonoidów, które mogą wykazywać działanie estrogenopodobne – flawonole, flawanony, flawony oraz izoflawany [12, 13].

Chryzyna, związek o strukturze flawonu, występuje w wielu naturalnych źródłach roślinnych. Zidentyfikowano ją między innymi w męczennicy cielistej (*Passiflora incarnata* L.), męczennicy błękitnej (*Passiflora caerulea* L.), ostropeście plamistym (*Silybum marianum* L.) i indyjskiej roślinie z rodzaju *Oroxylum* (*Oroxylum indicum* L.). Chryzyna obecna jest również w miodach i propolisie oraz niektórych grzybach jadalnych, takich jak bocznik ostrygowaty (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.) [14, 15, 16, 17, 18]. Flawon ten posiada wiele udokumentowanych korzystnych działań farmakologicznych. Wykazuje działanie przeciwłękowe, uspokajające, przeciwutleniające, antyhepatotoksyczne, jak również przeciwnowotworowe [19, 20, 21]. Istnieją również doniesienia, że chryzyna może przeciwdziałać utracie masy kostnej u szczurów, którym podawano kwas retinowy jako czynnik powodujący osteoporozę [22]. Brak jest jednak badań wskazujących na wpływ tego flawonu na zmiany w tkance kostnej wynikające z niedoboru estrogenów.

Celem niniejszej pracy było zbadanie oddziaływania chryzyny na parametry histomorfometryczne kości szczurów z osteoporozą wywołaną poprzez ovariectomię.

Materiał i metody

Eksperyment przeprowadzono na 21 dojrzałych płciowo, 3-miesięcznych samicach szczurów szczepu Wistar. Zwierzęta do badań zostały dostarczone przez Centrum Medycyny Doświadczalnej SUM w Katowicach-Ligocie. Zezwolenie na przeprowadzenie doświadczenia wydała Lokalna Komisja Etyczna w Katowicach (numer zgody 74/2011). Zwierzęta do badań podzielono na 3 grupy (n=7):

- SHAM – grupa kontrolna, u której przeprowadzono zabieg pozorny,
- OVX – grupa owariektomizowana, poddana zabiegowi obustronnego wycięcia jajników,
- OVX+CHR – grupa owariektomizowana, której podawano chryzynę w dawce 50 mg/kg.

Grupy SHAM i OVX stanowiły również grupy kontrolne dla eksperymentu prowadzonego nad badaniami wpływu naryngeniny na układ kostny w warunkach niedoboru estrogenów [23].

Podczas trwania całego eksperymentu szczury były karmione pełnowartościową granulowaną paszą laboratoryjną Labofeed B bez zawartości soi i miały nieograniczony dostęp do wody pitnej.

24 godziny przed rozpoczęciem podawania wody i chryzyny oraz 24 godziny przed zakończeniem eksperymentu, szczurom zaaplikowano dootrzewnowo tetracyklinę w dawce 20 mg/kg w objętości 1 ml/kg masy ciała zwierzęcia.

Chryzynę do podawania zwierzętom przygotowano w moździerzu poprzez zawieszenie związku w wodzie w proporcji 50 mg na każde 2 ml wody bez dodatków innych rozpuszczalników lub emulgatorów. Zwierzętom podawano zawiesinę raz dziennie o tej samej porze dnia, przez 28 dni doustnie za pomocą sondy dożołądkowej (*per os – p.o.*) w objętości zależnej od masy ciała – na każdy 1 kg masy ciała szczura podawano 2 ml zawiesiny, dzięki czemu podawana dawka wynosiła dokładnie 50 mg chryzyny/kg masy ciała. Przed pobraniem do sondy zawiesinę każdorazowo dokładnie mieszano, aby uzyskać jej homogeniczność. Szczury z grup SHAM i OVX dostawały wodę destylowaną *p.o.* Podawanie chryzyny rozpoczęto tydzień po zabiegu owariektomii.

W trakcie trwania podawania wody i badanego związku kontrolowano przyrost masy ciała szczurów za pomocą wagi Radwag WLY 0,6/1,2/D2 z dokładnością do 0,1 g.

Po 28 dniach podawania owariektomizowanym szczurom chryzyny zwierzęta uśmiercono (zgodnie z wytycznymi Lokalnej Komisji Etyki w Katowicach) poprzez jednokrotne podanie dootrzewnowo mieszaniny ketaminy z ksylazyną. Po stwierdzeniu zgonu zwierzęcia dokonano izolacji narządów

Wpływ chryzyny na parametry histomorfometryczne kości...

wewnętrznych: macicy, grasicy i wątroby, a także kości: udowej, piszczelowej oraz kręgu L-4. Po wyizolowaniu narządy i kości zważono na wadze A&D HR-200 o dokładności do 0,1 mg. Dodatkowo dokonano pomiaru parametrów makrometrycznych kości, takich jak długość kości udowej i piszczelowej oraz średnica kości udowej i piszczelowej (pomiaru dokonywano w połowie długości kości w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej). Wyznaczono także stosunek masy kości do masy ciała szczurów określonej po 4 tygodniach doświadczenia tuż przed uśmierceniem. Stosunek masy kości do masy ciała zwierząt wyrażono w **gramach na 100 gram** masy ciała.

Z prawej kości udowej przygotowano preparaty histologiczne według wcześniej opisywanych procedur [24, 25]. Z kości udowej sporządzono skrawek przekroju poprzecznego poprzez cięcie tej kości w połowie długości przy użyciu piły diamentowej. Z tej kości przygotowano także skrawek przekroju podłużnego nasady dalszej poprzez cięcie w płaszczyźnie strzałkowej. Otrzymane skrawki płukano w wodzie destylowanej, a następnie utrwalono w alkoholu etylowym absolutnym. Preparaty przekroju podłużnego kości udowej wybarwiono metodą Trippa i Mackaya [26], które następnie posłużyły do badania szerokości beleczek kostnych oraz chrząstki nasadowej. Niewybarwione skrawki przekrojów poprzecznych wykorzystano do pomiarów pola powierzchni korowej trzonu, powierzchni jamy szpikowej kości oraz całej powierzchni trzonu według metody Baylinka z wykorzystaniem lanometru [27]. W preparatach przekroju poprzecznego z kości udowej oznaczono także przyrost kości na grubość zewnętrzną (od strony *periosteum*) i wewnętrzną (od strony *endosteum*) z wykorzystaniem metody tetracyklinowej [28]. Analizy parametrów histomorfometrycznych dokonano używając mikroskopu Optiphot 2 połączonego z kamerą RBG oraz oprogramowania Lucia 4.51 (Laboratory Imaging).

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, wykorzystując test t-Studenta. Za wyniki istotne statystycznie uznano te, których $p < 0,05$. Wyniki przedstawiono w postaci średnich arytmetycznych \pm SEM. Do analizy statystycznej użyto oprogramowania Microsoft Excel 2010.

Wyniki

Konsekwencje niedoboru estrogenów u szczurów

U szczurów owariektomizowanych (OVX) po 4 tygodniach eksperymentu wystąpiło statystycznie istotne zwiększenie przyrostu masy ciała o 127,5% ($p < 0,001$), zmniejszenie masy macicy o 83,9% ($p < 0,001$) oraz zwiększenie masy grasicy o 62,4% ($p < 0,01$) w porównaniu z grupą kontrolną szczurów operowanych po-

zornie (SHAM) (Tabela 1). Niedobór estrogenów nie wpłynął na masę wątroby, ale spowodował wzrost masy ciała zwierząt (o 6,9%) w porównaniu z grupą SHAM.

Tabela 1. Wpływ chryzyny na masę ciała, przyrost masy ciała i masę macicy, grasicy oraz wątroby u szczurów owariotomizowanych

Parametr/Grupa	SHAM	OVX	OVX+CHR
Masa ciała po 4 tygodniach [g]	235,8±4,9	252,1±4,7	245,1± 3,8
Przyrost masy ciała po 4 tygodniach [g]	13,5±0,8	30,7±2,3 ^{AAA}	31,9±2,8
Masa macicy [g]	0,643±0,096	0,104±0,004 ^{AAA}	0,103±0,004
Masa grasicy [g]	0,313±0,021	0,508±0,051 ^{AA}	0,515±0,038
Masa wątroby [g]	6,270±0,225	5,965±0,163	6,186±0,195

Wyniki zostały przedstawione jako średnia arytmetyczna ± SEM (n=7). ^{AA} - p<0,01, ^{AAA} - p<0,001 – różnice istotne statystycznie między grupą OVX a grupą SHAM.

W grupie OVX zmniejszyła się: masa kości udowej (o 3,7%), kości piszczelowej (o 6,8%) i kręgu L-4 (o 5,4%) w porównaniu do grupy SHAM. Zmniejszeniu uległa masa wszystkich badanych kości w przeliczeniu na masę ciała szczurów, przy czym masa uda i masa piszczeli istotnie statystycznie (odpowiednio o 10% i 12,8%; p<0,01), natomiast masa kręgu nieistotnie statystycznie o 11,4%. Długość i średnica kości udowej i piszczelowej nie uległy zmianom w porównaniu do grupy SHAM (Tabela 2).

Tabela 2. Wpływ chryzyny na parametry makrometryczne kości u szczurów owariotomizowanych

Parametr/Grupa	SHAM	OVX	OVX+CHR
UDO			
Masa uda [g]	0,668±0,013	0,643±0,016	0,650±0,010
Masa uda/masa ciała [g/100g]	0,327±0,008	0,267±0,004 ^{AA}	0,278±0,004
Długość [mm]	33,37±0,31	33,97±0,51	33,5±0,21
Średnica [mm]	3,25±0,02	3,25±0,04	3,25±0,03
PISZCZEL			
Masa piszczeli [g]	0,521±0,008	0,485±0,015	0,488±0,010
Masa piszczeli/masa ciała [g/100g]	0,221±0,005	0,193±0,004 ^{AA}	0,199±0,002
Długość [mm]	37,31±0,29	37,94±0,49	37,0±0,40
Średnica [mm]	2,63±0,06	2,58±0,04	3,15±0,08
KRĘG L-4			
Masa kręgu L-4 [g]	0,172±0,005	0,162±0,007	0,159±0,006
Masa kręgu L-4/masa ciała [g/100g]	0,076±0,004	0,067±0,003	0,070±0,007

Wyniki zostały przedstawione jako średnia arytmetyczna ± SEM (n=7). ^{AA} - p<0,01 – różnice istotne statystycznie między grupą OVX a grupą SHAM.

Wpływ chryzyny na parametry histomorfometryczne kości...

W grupie OVX istotnie statystycznie zmniejszyła się szerokość beleczek kostnych nasady i przynasady kości udowej odpowiednio o 15,2% ($p < 0,001$) i 5,7% ($p < 0,05$), a nie zmieniła się szerokość chrząstki nasadowej w porównaniu do grupy SHAM. Pole powierzchni przekroju poprzecznego części korowej trzonu kości udowej uległo zmniejszeniu (o 5%), zaś wzrosło pole powierzchni przekroju poprzecznego jamy szpikowej (o 15,4%) i stosunek pola powierzchni jamy szpikowej do pola powierzchni całego trzonu kości udowej (istotnie statystycznie o 14,5%, $p < 0,05$). Zarówno przyrost kości udowej na grubość od strony okostnej, jak i od strony jamy szpikowej uległ zwiększeniu, odpowiednio o 34,8% (istotnie statystycznie, $p < 0,05$) i o 9,8% w porównaniu do grupy szczurów operowanych pozornie (Tabela 3).

Tabela 3. Wpływ chryzyny na parametry histomorfometryczne w kości udowej u owariektomizowanych szczurów

Parametr/Grupa	SHAM	OVX	OVX+CHR
Szerokość beleczek nasady kości udowej [μm]	63,36 \pm 1,2	53,70 \pm 0,77 ^{AAA}	57,07 \pm 0,84 ^B
Szerokość beleczek przynasady kości udowej [μm]	41,78 \pm 0,76	39,40 \pm 0,34 ^A	41,09 \pm 0,5 ^B
Szerokość chrząstki nasadowej [μm]	55,21 \pm 2,76	53,82 \pm 2,59	52,60 \pm 2,02
Pole powierzchni przekroju poprzecznego części korowej trzonu kości udowej [mm^2]	6,514 \pm 0,127	6,185 \pm 0,172	6,240 \pm 0,190
Pole powierzchni przekroju poprzecznego jamy szpikowej kości udowej [mm^2]	2,821 \pm 0,191	3,256 \pm 0,128	3,004 \pm 0,100
Stosunek pola powierzchni jamy szpikowej do pola powierzchni całego trzonu kości udowej	0,301 \pm 0,015	0,345 \pm 0,007 ^A	0,325 \pm 0,009
Przyrost kości udowej na grubość od strony okostnej [μm]	33,08 \pm 3,87	44,61 \pm 1,99 ^A	47,24 \pm 0,75
Przyrost kości udowej na grubość od strony jamy szpikowej [μm]	31,14 \pm 0,92	34,20 \pm 2,34	37,60 \pm 1,72

Wyniki zostały przedstawione jako średnia arytmetyczna \pm SEM ($n=7$). ^A - $p < 0,05$, ^{AAA} - $p < 0,001$ – różnice istotne statystycznie między grupą OVX a grupą SHAM; ^B - $p < 0,05$ – różnice istotne statystycznie między grupą OVX+ CHR a grupą OVX.

Efekty działania chryzyny u owariektomizowanych szczurów

Stosowanie chryzyny nie wywołało istotnych zmian w masie, macicy, grasicy, wątroby oraz w przyroście masy ciała w porównaniu do grupy OVX (Tabela 1).

Nie zaobserwowano istotnych zmian w masie kości udowej, kości piszczelowej i kręgu L-4, jak również w długości i szerokości badanych kości

w porównaniu z grupą OVX. Natomiast masa badanych kości w przeliczeniu na masę ciała uległa zwiększeniu: uda o 4,3%, piszczeli o 3,2% i kręgu o 3,7% (Tabela 2).

U szczurów, którym podawano chryzynę zwiększyła się istotnie statystycznie szerokość beleczek kostnych zarówno nasady, jak i przynasady kości udowej odpowiednio o 6,3% ($p < 0,05$) i 4,3% ($p < 0,05$), a szerokość chrząstki nasadowej pozostała bez istotnych zmian w porównaniu z grupą OVX.

Stosowanie chryzyny nie spowodowało zmian pola powierzchni przekroju poprzecznego części korowej trzonu kości udowej, ale nastąpiło zmniejszenie pola powierzchni jamy szpikowej (o 7,7%) oraz stosunku pola powierzchni jamy szpikowej do pola powierzchni całego trzonu kości udowej (o 5,6%) w porównaniu do grupy OVX. Przyrost kości udowej na grubość od strony okostnej oraz od strony jamy szpikowej uległ zwiększeniu (odpowiednio o 5,9% i 9,9% (Tabela 3.).

Dyskusja

Osteoporoza pomenopauzalna jest chorobą zanikową układu szkieletowego, w której dochodzi do stopniowego zmniejszania masy kostnej w wyniku zaburzeń w procesach przebudowy kości. Prowadzą one do nieprawidłowości w mikroarchitekturze tkanki kostnej i w efekcie do zwiększonego narażenia na urazy i złamania. Bezpośrednią przyczyną osteoporozy pomenopauzalnej jest niedobór estrogenów. Podobne zmiany w tkance kostnej, jakie obserwuje się u kobiet z niedostatecznym stężeniem hormonów płciowych, występują u dojrzałych samic zwierząt laboratoryjnych po usunięciu jajników. W niniejszej pracy osteoporozę wywołano u 3-miesięcznych samic szczurów szczepu Wistar poprzez wykonanie zabiegu owariektomii [29].

Szczury owariektomizowane charakteryzowały się zwiększonym przyrostem masy ciała i masy grasicy oraz bardzo znacznym zmniejszeniem masy macicy w porównaniu ze szczurami operowanymi pozornie. Zaobserwowane zmiany ogólnoustrojowe spowodowane są niedoborem estrogenów i świadczą o prawidłowo przeprowadzonym zabiegu wycięcia jajników. Powyższe spostrzeżenia są zgodne z danymi literaturowymi [10, 11, 13].

Niedobór estrogenów ma również negatywny wpływ na układ kostny i prowadzi do nasilenia procesów przebudowy kości z przesunięciem równowagi w kierunku resorpcji. U szczurów owariektomizowanych obniżony poziom estrogenów doprowadził do nieznacznego zmniejszenia masy kości

piszczelowej, udowej i kręgu L-4 oraz znaczącego zmniejszenia masy badanych kości w przeliczeniu na masę ciała. Spowodowało to pogorszenie funkcji podporowej kości, gdyż ze względu na przyrost masy ciała były one poddawane większym obciążeniom.

U szczurów z niedoborem estrogenów zaobserwowano także zmiany w parametrach histomorfometrycznych zarówno kości zbitej (przyrost trzonu kości udowej na grubość, powierzchnia przekroju poprzecznego części korowej i jamy szpikowej kości udowej), jak i beleczkowatej (szerokość beleczek kostnych, nasady i przynasady kości udowej) w porównaniu do szczurów operowanych pozornie.

Tkanka kostna zbita zlokalizowana jest w trzonach kości długich, w tym kości udowej i piszczelowej, natomiast nasady i przynasady tych kości wypełnione są tkanką kostną beleczkowatą. Oba typy tkanki kostnej różnią się nie tylko rozmieszczeniem w układzie kostnym, ale również układem przestrzennym i pełnią funkcję. W układzie szkieletowym dominuje tkanka kostna zbita, stanowi 80% całkowitej masy kości. Jest ona silnie uwapniona i dlatego warunkuje odporność mechaniczną. Pozostała część układu kostnego zbudowana jest z tkanki kostnej beleczkowatej o nieregularnej budowie przestrzennej. Powierzchnia kości beleczkowatej jest 4 razy większa od powierzchni kości zbitej [30]. Procesy przebudowy tkanki kostnej najszybciej przebiegają na powierzchni kości, dlatego kość beleczkowatą charakteryzuje większa aktywność metaboliczna.

Niedobór estrogenów doprowadził w kości o utkaniu zbitym do powiększenia jamy szpikowej kości udowej oraz towarzyszącemu temu zwiększeniu stosunku powierzchni jamy szpikowej do powierzchni całego trzonu, co świadczy o nasilonych procesach resorpcji. Natomiast zaobserwowany istotny wzrost przyrostu kości na grubość od strony okostnej kości udowej świadczy o nasileniu procesów kościotworzenia. Podobne obserwacje poczyniono wcześniej w wielu publikacjach naukowych [31, 32].

W kości o strukturze beleczkowatej pod wpływem niedoboru estrogenów doszło do istotnego statystycznie zmniejszenia szerokości beleczek kostnych. Takie zmiany mogą świadczyć o nasileniu procesów resorpcji lub zahamowaniu procesu kościotworzenia. Zmniejszenie szerokości beleczek kostnych odnotowano również w innych badaniach prowadzonych nad układem kostnym szczurów owariotomizowanych, co potwierdza negatywny wpływ niedostatecznej ilości żeńskich hormonów płciowych na układ szkieletowy [13, 31, 32].

Wiele doniesień naukowych wskazuje na estrogenopodobne działanie związków roślinnych, w tym flawonoidów. Ze względu na strukturalne

podobieństwo do endogennego estradiolu flawonoidy mają zdolność oddziaływania z receptorami estrogenowymi, dzięki czemu mogą wywoływać w organizmie odpowiedź podobną do tego hormonu [33]. Jednym z najlepiej poznanych fitoestrogenów jest występująca w soi genisteina. Izoflawon ten ma dobrze udokumentowane działanie antyosteoporotyczne oraz zapobiegające występowaniu związanych z menopauzą symptomów. W badaniach dowiedziono, że genisteina hamuje rozwój osteoporozy pomenopauzalnej u kobiet i zapobiega utracie minerału kostnego, jak również powoduje wzrost gęstości mineralnej kości (ang. *bone mineral density*, BMD) w kości udowej i kręgach lędźwiowych, co potwierdzono analizą markerów metabolizmu kostnego [34, 35]. Udowodniono również, że nie tylko izoflawony mogą wykazywać korzystne działanie na tkankę kostną zmienioną osteoporotycznie. Dużą grupą związków o działaniu estrogenopodobnym są również flawony, do których zaliczana jest chryzyna.

W przedstawianej pracy chryzyna podawana w dawce 50 mg/kg szczurom po zabiegu owariektomii spowodowała poprawę niektórych analizowanych parametrów – nastąpiło zwiększenie średnicy beleczek kostnych nasady i przynasady kości udowej. Ponadto zaobserwowano również zmniejszenie pola powierzchni przekroju poprzecznego jamy szpikowej oraz zmniejszenie stosunku pola powierzchni jamy szpikowej do pola powierzchni całego trzonu. Zastosowanie tego flawonu zapobiegło również pogłębieniu się zmian osteoporotycznych, gdyż nie zaobserwowano pogorszenia żadnego z pozostałych parametrów w porównaniu do szczurów z grupy owariektomizowanej. Do tej pory nie przedstawiono w literaturze naukowej wyników badań nad wpływem chryzyny na układ szkieletowy szczurów owariektomizowanych, jednak istnieją doniesienia wskazujące, że flawon ten może mieć korzystne działanie na tkankę kostną zwierząt laboratoryjnych. W innych badaniach udowodniono, że chryzyna podawana w dawce 100 mg/kg przez 14 dni szczurom przed wywołaniem zmian osteoporotycznych za pomocą kwasu retinowego zadziałała ochronnie na tkankę kostną, zapobiegając wystąpieniu stresu oksydacyjnego w badanej tkance. Protekcyjne działanie chryzyny przejawiało się zwiększeniem zawartości wapnia i fosforu w tkance kostnej oraz większą wartością parametru BMD niż u szczurów kontrolnych z osteoporozą wywołaną kwasem retinowym [22]. Badania *in vitro* wykazały, że chryzyna może wpływać na różnicowanie się komórek kostnych poprzez estrogeno-zależną aktywację szlaku sygnałowego kinaz aktywowanych mitogenem (ERK/MAPK), dzięki czemu może mieć zastosowanie w zapobieganiu rozwoju osteoporozy [36].

Wpływ chryzyny na parametry histomorfometryczne kości...

Mimo iż brak jest doniesień dotyczących wpływu chryzyny na tkankę kostną w modelu zwierzęcym z niedoborem estrogenów wywołanym usunięciem jajników, istnieją prace traktujące o działaniu innych flawonów na układ szkieletowy zwierząt owariektomizowanych. Badania wykazują, że luteolina, flawon występujący w wielu roślinach, takich jak seler, zielona papryka, rumianek czy pietruszka, wykazuje ochronne działanie na kości. Kim i współpracownicy wykazali, że luteolina podawana w dawce 20 mg/kg myszom owariektomizowanym zapobiegała niekorzystnym zmianom osteoporozy – nastąpiło zwiększenie parametru BMD, jak również zawartości minerałów kostnych oraz objętości frakcji kostnej w porównaniu do kości zwierząt owariektomizowanych kontrolnych [37]. Innym flawonem, który ma udowodnione ochronne działanie na tkankę kostną u owariektomizowanych zwierząt jest apigenina, związek występujący między innymi w owocach, warzywach, kiełkach i surowcach zielarskich. Apigenina podawana szczurom po zabiegu owariektomii w dawce 10 mg/kg powodowała poprawę parametrów histomorfometrycznych kości, w tym zwiększenie szerokości beleczek kostnych, jak również wpłynęła korzystnie na wartości parametrów makrometrycznych badanych kości [38].

W niniejszym badaniu nie zaobserwowano silnego korzystnego działania chryzyny na tkankę kostną szczurów owariektomizowanych. Nieznaczone poprawienie pogorszonych niedoborem estrogenów parametrów histomorfometrycznych, w porównaniu do danych literaturowych dla innych flawonów można tłumaczyć między innymi słabszym powinowactwem badanego związku do receptorów estrogenowych niż izoflawonów czy choćby apigeniny [12]. Jednak mniejsze powinowactwo do receptorów estrogenowych może być kompensowane poprzez właściwości antyoksydacyjne tego flawonu, co – jak sugeruje Oršolić i wsp. – również ma duże znaczenie w zapobieganiu rozwojowi osteoporozy [22].

Podsumowanie

Pomimo jedynie delikatnej poprawy wybranych parametrów histomorfometrycznych kości zmienionych osteoporozycznie w wyniku niedoboru estrogenów, można wnioskować, że chryzyna podawana w dawce 50 mg/kg wykazuje działanie ochronne na tkankę kostną badanych zwierząt, przez co może przyczynić się do prewencji osteoporozy. Jednak, aby potwierdzić korzystne działanie tego flawonu na osłabiony układ szkieletowy konieczne są dalsze testy obejmujące analizę składu chemicznego kości oraz ich właściwości mechanicznych.

Badania zostały sfinansowane ze środków przeznaczonych na utrzymanie potencjału badawczego – numer umowy KNW-1-038/K/5/0.

Literatura

- [1] Holroyd C., Cooper C., Dennison E., Epidemiology of osteoporosis, *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 2008, 22(5), s. 671–685.
- [2] Klein-Nulend J., Oers R.F. van, Bacabac R.G., Bone cell mechanosensitivity, estrogen deficiency, and osteoporosis, *Journal of Biomechanics*, 2015, 48(5), s. 855–865.
- [3] Raisz L.G., Pathogenesis of osteoporosis: concepts, conflicts, and prospects, *Journal of Clinical Investigation*, 2005, 115(12), s. 3318–3325.
- [4] Khosla S., Oursler M.J., Monroe D.G., Estrogen and the skeleton, *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 2012, 23(11), s. 576–581.
- [5] Gambacciani M., Levancini M., Management of postmenopausal osteoporosis and the prevention of fractures, *Panminerva Medica*, 2014, 56(2), s. 115–131.
- [6] Cauley J.A., Estrogen and bone health in men and women, *Steroids*, 2015, 99(Pt A), s. 11–15.
- [7] Beral V., Banks E., Reeves G., Evidence from randomised trials on the long-term effects of hormone replacement therapy, *Lancet*, 2002, 360(9337), s. 942–944.
- [8] Cederroth C.R., Nef S., Soy, phytoestrogens and metabolism: A review, *Molecular and Cellular Endocrinology*, 2009, 304(1–2), s. 30–42.
- [9] Kuhnle G.G.C., Vogiatzoglou A., Ward H.A., Khaw K.-T., Dietary phytoestrogens and health – a population study, *Proceedings of the Nutrition Society*, 2011, 70, (OCE4), article E254.
- [10] Kaczmarczyk-Sedlak I., Wojnar W., Zych M., Ozimina-Kamińska E., Taranowicz J., Siwek A., A Effect of formononetin on mechanical properties and chemical composition of bones in rats with ovariectomy-induced osteoporosis, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 457052, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/457052>
- [11] Kaczmarczyk-Sedlak I., Zych M., Wojnar W., Ozimina-Kamińska E., Dudek S., Chadała N., Kachel A., Biochanin a shows no effect on skeletal system in ovariectomized rats, when administered in moderate dose, *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 2015, 72(3), s. 587–596.
- [12] Kuiper G.G., Lemmen J.G., Carlsson B., Corton J.C., Safe S.H., Saag P.T. van der, Burg B. van der, Gustafsson J.A., Interaction of estrogenic chemicals and phytoestrogens with estrogen receptor beta, *Endocrinology*, 1998, 139(10), s. 4252–4263.
- [13] Klasik-Ciszewska S., Kaczmarczyk-Sedlak I., Wojnar W., Effect of glabridin and glycyrrhizic acid on histomorphometric parameters of bones in ovariectomized rats, *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 2016, 73(2), s. 517–527, Erratum in: *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 2016, 73(3), s. 808.
- [14] Harminder, Singh V., Chaudhary A.K., A review on the taxonomy, ethnobotany, chemistry and pharmacology of *Oroxylum indicum* Vent, *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2011, 73(5), s. 483–490.
- [15] Dhawan K., Dhawan S., Sharma A., *Passiflora*: a review update, *Journal of Ethnopharmacology*, 2004, 94(1), s. 1–23.

Wpływ chryzyny na parametry histomorfometryczne kości...

- [16] Amor E.C., Bioflavonoids as bioactive natural products from plants, *Frontiers in Natural Product Chemistry*, 2005, 1, s. 189–192.
- [17] Kaškonienė V., Maruska A., Kornysova O., Buszewski B., Quantitative and qualitative determination of phenolic compounds in honey, *Cheminė Technologija*, 2009, 3(52), s. 74–80.
- [18] Anandhi R., Annadurai T., Anitha T.S., Muralidharan A.R., Najmunnisha K., Nachiappan V., Thomas P.A., Geraldine P., Antihypercholesterolemic and antioxidative effects of an extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, and its major constituent, chrysin, in Triton WR-1339-induced hypercholesterolemic rats, *Journal of Physiology and Biochemistry*, 2013, 69(2), s. 313–23.
- [19] Khoo B.Y., Siang Ling Chua S.L., Balam P., Apoptotic effects of chrysin in human cancer cell lines, *International Journal of Molecular Sciences*, 2010, 11(5), s. 2188–2199.
- [20] Brown E., Hurd N.S., McCall S., Ceremuga T.E., Evaluation of the anxiolytic effects of chrysin, a *Passiflora incarnata* extract, in the laboratory rat, *AANA Journal*, 2007, 75(5), s. 333–337.
- [21] Pushpavalli G., Kalaiarasi P., Veeramani Ch., Pugalendi K.V., Effect of chrysin on hepatoprotective and antioxidant status in D-galactosamine-induced hepatitis in rats, *European Journal of Pharmacology*, 2010, 631(1-3), s. 36–41.
- [22] Oršolić N., Goluža E., Dikić D., Lisičić D., Sašilo K., Rodak E., Jeleč Z., Lazarus M.V., Orct T., Role of flavonoids on oxidative stress and mineral contents in the retinoic acid-induced bone loss model of rat, *European Journal of Nutrition*, 2014, 53(5), s. 1217–1227.
- [23] Kaczmarczyk-Sedlak I., Wojnar W., Zych M., Ozimina-Kamińska E., Bońka A., Effect of dietary flavonoid naringenin on bones in rats with ovariectomy induced osteoporosis, *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 2016, 73(2), s. 1073–1081.
- [24] Kaczmarczyk-Sedlak I., Zych M., Rotko K., Sedlak L., Effects of thalidomide on the development of bone damage caused by prednisolone in rats, *Pharmacological Reports*, 2012, 64(2), s. 386–395.
- [25] Folwarczna J., Janiec W., Gawor M., Pytlik M., Kaczmarczyk-Sedlak I., Nowińska B., Effects of enoxaparin on histomorphometric parameters of bones in rats, *Polish Journal of Pharmacology*, 2004, 56(4), 451–457.
- [26] Tripp E.J., MacKay E.H., Silver staining of bone prior to decalcification for quantitative determination of osteoid in sections, *Stain Technology*, 1972, 47(3), s. 129–136.
- [27] Baylink D., Wergedal J., Stauffer M., Formation, mineralization, and resorption of bone in hypophosphatemic rats, *Journal of Clinical Investigation*, 1971, 50(12), s. 2519–2530.
- [28] Frost H.M., Tetracycline-based histological analysis of bone remodeling, *Calcified Tissue Research*, 1969, 3(3), s. 211–237.
- [29] Kalu D.N., The ovariectomized rat model of postmenopausal bone loss, *Bone and Mineral*, 1991, 15(3), s. 175–191.
- [30] Badurski J., Osteoporoza a złamania. Poradnik do zrozumienia, diagnostyki i leczenia, Polska Fundacja Osteoporozy, Białystok 2003.
- [31] Kaczmarczyk-Sedlak I., Folwarczna J., Trzeciak H.I., Thalidomide affects the skeletal system of ovariectomized rats, *Pharmacological Reports*, 2009, 61(3), s. 529–538.
- [32] Folwarczna J., Zych M., Nowińska B., Pytlik M., Bialik M., Jagusiak A., Lipecka-Karcz M., Matysiak M., Effect of diosgenin, a steroidal sapogenin, on the rat skeletal system, *Acta Biochimica Polonica*, 2016, 63(2), s. 287–295.

- [33] Usui T., Pharmaceutical prospects of phytoestrogens, *Endocrine Journal*, 2006, 53(1), s. 7–20.
- [34] Atteritano M., Mazzaferro S., Frisina A., Cannata M.L., Bitto A., Squadrito F., Macrì I., Frisina N., Buemi M., Genistein effects on quantitative ultrasound parameters and bone mineral density in osteopenic postmenopausal women, *Osteoporosis International*, 2009, 20(11), s. 1947–1954.
- [35] Marini H., Minutoli L., Polito F., Bitto A., Altavilla D., Atteritano M., Gaudio A., Mazzaferro S., Frisina A., Frisina N., Lubrano C., Bonaiuto M., D'Anna R., Cannata M.L., Corrado F., Adamo E.B., Wilson S., Squadrito F., Effects of the phytoestrogen genistein on bone metabolism in osteopenic postmenopausal women: a randomized trial, *Annals of Internal Medicine*, 2007, 146(12), s. 839–847.
- [36] Zeng W., Yan Y., Zhang F., Zhang C., Liang W., Chrysin promotes osteogenic differentiation via ERK/MAPK activation, *Protein & Cell*, 2013, 4(7), s. 539–547.
- [37] Kim T.H., Jung J.W., Ha B.G., Hong J.M., Park E.K., Kim H.J., Kim S.Y., The effects of luteolin on osteoclast differentiation, function in vitro and ovariectomy-induced bone loss, *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 2011, 22(1), s. 8–15.
- [38] Park J.A., Ha S.K., Kang T.H., Oh M.S., Cho M.H., Lee S.Y., Park J.H., Kim S.Y., Protective effect of apigenin on ovariectomy-induced bone loss in rats, *Life Science*, 2008, 82(25–26), s. 1217–1223.

Do cytowania:

Zych M., Wojnar W., Bońska A., Kaczmarczyk-Sedlak I., Wpływ chryzyny na parametry histomorfometryczne kości owariektomizowanych szczurów, *Herbalism*, 2017, 1(3), s. 41–54

Wpływ kinetyny i N-6-benzyloadeniny na migrację komórek oraz biosyntezę kolagenu w fibroblastach skóry ludzkiej

Kinetin and N-6-benzyladenine influence on cell migration and collagen biosynthesis in human skin fibroblasts

*Agata Jabłońska-Trypuć, **Walentyn Pankiewicz, **Romuald Czerpak

* Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Chemii, Biologii i Biotechnologii, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok, Polska, e-mail: a.jablonska@pb.edu.pl, tel: +48 85 746 90 00; ** Wyższa Szkoła Medyczna w Białymstoku, ul. Krakowska 9, 15-875 Białystok, Polska

Słowa kluczowe: kolagen, kinetyna, N-6-benzyloadenina, cytokininy, fibroblasty, skóra
Keywords: collagen, kinetin, N-6-benzyladenine, cytokinins, fibroblasts, skin

Streszczenie

Kinetyna i N-6-benzyloadenina należą do grupy hormonów roślinnych – cytokinin. W poprzednich pracach wykazaliśmy ich pozytywny wpływ na podstawowe parametry stresu oksydacyjnego, dlatego podjęliśmy próbę zbadania efektu, jaki wywierają one na migrację komórek i syntezę kolagenu. Działanie fitohormonów było badane w dwóch stężeniach: kinetyny – w stężeniach 10^{-5} i 10^{-6} , a N-6-benzyloadeniny w stężeniach 10^{-6} i 10^{-7} M. Komórki stanowiące kontrolę były inkubowane bez badanych związków. Migracja komórek została oszacowana przy wykorzystaniu testu Wound Healing Assay. Stężenie białka całkowitego oznaczono przy pomocy metody Lowry'ego, a zawartość kolagenu w medium i komórkach, stosując metodę Sirius Red. Wyniki wskazują na stymulujący wpływ badanych związków na migrację komórek oraz na biosyntezę kolagenu, jak również na całkowitą zawartość białka. Wykazany przez nas pozytywny wpływ kinetyny i N-6-benzyloadeniny na metabolizm fibroblastów pozwala na wskazanie ich jako związków o właściwościach potencjalnie terapeutycznych, zwłaszcza w kontekście chorób skóry.

Summary

N-6-benzyladenine and kinetin belong to a group of plant hormones called cytokinins. Our previous work showed their positive influence on oxidative stress parameters tested in fibroblasts, thus we decided to examine their effect on cell migration and collagen synthesis. The activity of phytohormones was tested in a final concentration range of 10^{-5} to 10^{-6} M for kinetin and 10^{-6} to 10^{-7} M for N6-benzyladenine. The control cells were incubated without the test compound. Fibroblasts migration was assayed by using Wound Healing Assay. The concentration of proteins was determined spectrophotometrically as per Lowry

et al (1951). Collagen content in cells and medium was determined spectrophotometrically by observation that Sirius red in saturated picric acid selectively binds to fibrillar collagens (types I to V). The results show stimulatory effect of tested compounds on cells migration and collagen biosynthesis, as well as total protein content. Kinetin and N-6-benzyladenine effectiveness demonstrated in this study in relation to the skin cells may indicate their potential therapeutic relevance, especially regarding skin diseases.

Wstęp

Cytokininy są jedną z głównych grup hormonów roślinnych. Molekularny mechanizm ich działania w tkankach roślinnych został dość szczegółowo opisany, jednak niewiele jest danych literaturowych dokumentujących ich wpływ na metabolizm komórek zwierzęcych i ludzkich [1]. W naszych poprzednich pracach wykazaliśmy pozytywny wpływ wybranych związków z grupy cytokinin – kinetyny (K) i N-6-benzyladeniny (BA) na podstawowe parametry stresu oksydacyjnego [2]. Do grupy cytokinin należą również związki pochodne kwasów tłuszczowych. Przykładem takiego związku jest kwas traumatynowy będący pochodną traumatyny – hormonu przyrannego, stymulującego zabliznianie się ran w roślinach. Nasze ostatnie badania potwierdziły również pozytywny wpływ tego związku na biosyntezę kolagenu i redukcję poziomu stresu oksydacyjnego w fibroblastach ludzkich [3]. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki, zdecydowaliśmy się na zbadanie wpływu K i BA na migrację komórek oraz syntezę kolagenu – podstawowego białka budulcowego skóry ludzkiej. Hodowla *in vitro* fibroblastów skóry ludzkiej jest doskonałym modelem badawczym pozwalającym na przeanalizowanie wpływu biologicznie aktywnych substancji na podstawowe parametry biochemiczne i zmiany morfologiczne zachodzące w skórze. Ponieważ wybrane cytokininy nie były dotąd badane pod względem ich potencjalnego działania terapeutycznego na skórę ludzką, celem naszych badań było oszacowanie ich wpływu na zmiany morfologiczne komórek, ich migrację i wybrane parametry biochemiczne, takie jak zawartość białka całkowitego oraz kolagenu. Kolagen jest podstawowym białkowym składnikiem skóry [4]. Linie komórkowe na których przeprowadzono eksperyment pochodziły od dawców w wieku od 30 do 40 lat, dlatego też możemy sądzić, że korzystny efekt wywierany przez badane fitohormony jest związany nie tylko z ich potencjalnym działaniem terapeutycznym, ale również spowalniającym procesy starzenia się skóry poprzez wspieranie najważniejszego jej komponentu – kolagenu. Zostało opisanych wiele symptomów endogenne starzenia się, a spadek aktywności

biologicznej fibroblastów jest jednym z nich. Biorąc pod uwagę fakt, że są to komórki odpowiedzialne za syntezę kolagenu, zmiany w ich aktywności nie pozostają bez znaczenia dla prawidłowego funkcjonowania tkanki łącznej, w której kolagen jest głównym białkiem strukturalnym. Wiele substancji aktywnych stosowanych w recepturach terapeutycznych i suplementach wykazuje korzystny wpływ na procesy metaboliczne zachodzące w komórkach skóry. Przykładami takich związków są wybrane fitohormony, takie jak kinetyna i N-6-benzyloadenina.

Poniższa praca dotyczy wpływu wybranych związków z grupy cytokinin – kinetyny i N-6-benzyloadeniny na biosyntezę kolagenu, syntezę białka oraz migrację komórek w normalnych warunkach fizjologicznych, bez zastosowania czynników stresowych. W naszych badaniach skupiliśmy się na najbardziej odpowiednim modelu *in vitro* – fibroblastach, które stanowią zdecydowaną większość wśród komórek budujących skórę ludzką. Badane związki analizowaliśmy w stężeniach ustalonych we wcześniejszych eksperymentach [2]. W poprzednio ustalonym zakresie stężeń dla każdego z analizowanych fitohormonów zbadaliśmy ich wpływ na zawartość białka całkowitego, kolagenu oraz na migrację komórek badaną testem Wound Healing Assay.

Materiały i metody

Związki chemiczne

Wszystkie reagenty: kinetyna, N-6-benzyloadenina, PBS (*phosphate-buffer saline*), DMEM (*Dulbecco's Modified Eagle Medium*), FBS (*Fetal Bovine Serum*) pochodziły z Sigma (St. Louis, MO, USA). Pozostałe wykorzystane w badaniach reagenty i rozpuszczalniki były czystości analitycznej. Plastik stosowany do hodowli komórek pochodził z firmy Sarstedt.

Linia komórkowa

Wpływ K i BA na wybrane parametry badany był przy użyciu normalnych fibroblastów skóry ludzkiej w warunkach fizjologicznych, bez zastosowania czynników stresowych. Linia komórkowa fibroblastów pochodziła z Katedry Biologii Komórki, Wydziałów Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii Uniwersytetu Jagiellońskiego (Kraków, Polska). Badania zostały wykonane w ramach pozwolenia nr R-I-002/42/2009 uzyskanego od Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku.

Linia komórkowa fibroblastów była hodowana w medium DMEM suplementowanym 10% FBS w temperaturze 37°C i atmosferze 5% CO₂. Fibroblasty wysiewane w gęstości 1x10⁵ komórek/ml były inkubowane z i/lub bez badanych związków w płytkach 6-dołkowych w końcowej objętości medium – 2ml. Zawartość kolagenu w komórkach i w medium oraz stężenie białka całkowitego w komórkach były analizowane w zakresie stężeń kinetyny: 10⁻⁵ i 10⁻⁶M, oraz N-6-benzyloadeniny: 10⁻⁶ i 10⁻⁷M.

Badane fitohormony

K i BA były przechowywane w zamrażarce (poniżej -4°C), chronione przed światłem i dodawane do medium hodowlanego w takich ilościach, które dawały końcowe zakresy stężeń: 10⁻⁵M do 10⁻⁶M dla K i 10⁻⁶M do 10⁻⁷M dla BA. Komórki stanowiące kontrolę były inkubowane bez badanych fitohormonów.

Wound Healing Assay – test zranienia

Metoda ta służy do oceny aktywności substancji wpływających na ruchliwość i proliferację komórek *in vitro* [5]. Ma zastosowanie w badaniach nad gojeniem się ran i angiogenezą. Badano w ten sposób jak stymulacja określonymi cytokinami wpływa na ruchliwość komórek. Do eksperymentu użyto hodowli na poziomie 1 do 4 pasaży. Komórki hodowano w płytkach hodowlanych aż do uzyskania jednolitej warstwy komórek (pełnej konfluencji). Przygotowano roztwory medium z FBS oraz roztwory cytokinin o określonych stężeniach. Wszystkie roztwory powinny być przefiltrowane, aby zachować sterylność. Na dnie naczyń hodowlanych markerem narysowano linię. Przy użyciu sterylnych końcówek pipety automatycznej w jednolitej warstwie komórek wykonano rysę, a odklejone komórki usuwano przez 2-krotne płukanie płytek roztworem PBS. Do tak przygotowanych hodowli dodawano medium i fitohormony w stężeniu uznanym za najbardziej optymalne. Następnie wykonywano zdjęcia po 6, 12 i 24 godzinach. Po każdym wykonaniu zdjęć i pomiarów zmniejszającej się rysy zmieniano medium z dodatkiem fitohormonów.

Oznaczenie zawartości białka całkowitego w komórkach

Białko oznaczono metodą Lowry'ego [6]. Do 0,5 ml próby badanej oraz do 0,5 ml próby ślepej (1M roztwór NaOH) i do 0,5 ml roztworu wzorca – albuminy (0,15 mg/ml), dodano po 2,5 ml odczynnika miedziowego (sporządzono bezpośrednio przed wykonaniem oznaczeń), tj.: zmieszano 2% roztwór Na₂CO₃ w 0,1 M NaOH z 0,5% roztworem CuSO₄ x 5H₂O w 1% cytrynianie sodu w stosunku 50:1. Po 10 min do mieszaniny dodano, stale mieszając, 0,25 ml

1M odczynnika Folina-Ciocalteu (przed użyciem rozcieńczono wodą destylowaną w stosunku 1:1). Próby inkubowano przez 30 min w temperaturze pokojowej, a następnie odczytano wartość absorbancji przy 750 nm wobec próby ślepej.

Oznaczenie zawartości kolagenu w medium hodowlanym i w komórkach

Metoda ta jest oparta na spektrofotometrycznej obserwacji wiązania się barwnika Sirius red w nasyconym kwasie pikrynowym z kolagenem włókienkowym (typ od I do V), zwłaszcza z jego fragmentem Gly-X-Y struktury helikalnej [7]. Metoda jest stosowana do pomiarów zawartości kolagenu w medium hodowlanym oraz w komórkach.

Przygotowano wzorcowe roztwory kolagenu poprzez rozpuszczenie kolagenu w 0,5M kwasie octowym, tak aby uzyskać ilości: 0µg, 5µg, 10µg, 20µg, 30µg, 50µg. Do roztworów wzorcowych, próby ślepej i prób badanych o objętości 50–100µl dodano 1 ml roztworu barwnika i mieszano delikatnie w temp. pokojowej przez 30 min. Wirowano próbki przy 10.000 obr/min przez 5 min, aby osadzić kolagen. Ostrożnie usuwano supernatant, aby nie naruszyć osadu. Dodano 1 ml 0,1M HCl do każdej próbki, aby usunąć niezwiązany barwnik. Ponownie wirowano próbki przy 10.000 obr/min przez 5 min. Następnie dodawano 1 ml 0,5M NaOH do każdej próbki i vortexowano, aby uwolnić związany barwnik. Odczytywano absorbancję przy 540 nm. Zawartość kolagenu w próbach badanych odczytywano przy użyciu krzywej wzorcowej wprowadzonej do spektrofotometru.

Analiza statystyczna

Wszystkie eksperymenty przeprowadzone zostały w 9 powtórzeniach i wyniki poddane zostały ocenie statystycznej metodą testu Tukeya i jednokierunkowej ANOVA w programie Statistica 12.5. Różnice uznawano za istotne statystycznie przy $p < 0,05$.

Wyniki

Zawartość białka całkowitego w komórkach

W przypadku kinetyny wzrost zawartości białka był obserwowany w dniu pierwszym w stężeniu $10^{-5}M$ o 89,54% w stosunku do kontroli i w dniu drugim w stężeniu $10^{-6}M$ o 46,4% w stosunku do kontroli (Rys. 1A). BA zdecydowanie słabiej oddziaływała na badany parametr (Rys. 2A). Najwyższy wzrost zawartości białka obserwowano w ostatnim dniu dla stężenia $10^{-6}M$

o 38,46% w stosunku do kontroli i dla stężenie $10^{-7}M$ o 84,73% w stosunku do kontroli w pierwszym dniu. W przypadku żadnej z cytokinin nie zaobserwowano spadku poziomu białka całkowitego poniżej poziomu kontroli. Badane związki działały na ten parametr stymulująco, ale uzyskane wyniki nie są istotne statystycznie.

Zawartość kolagenu w medium i w komórkach

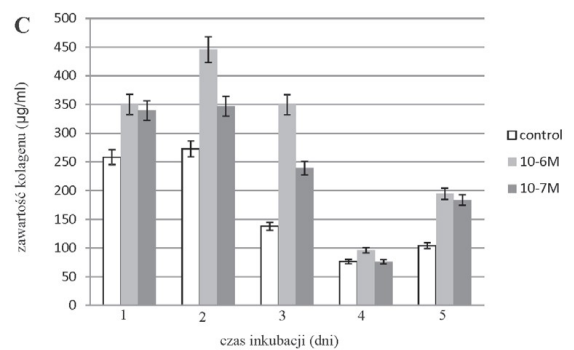
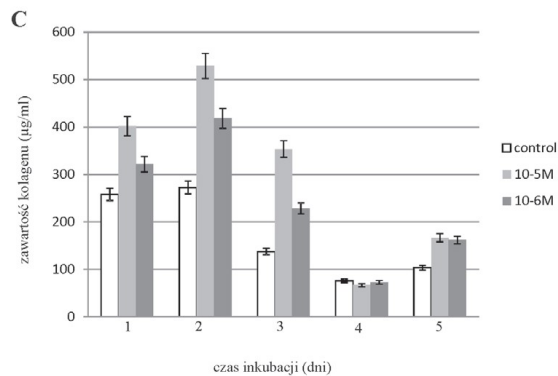
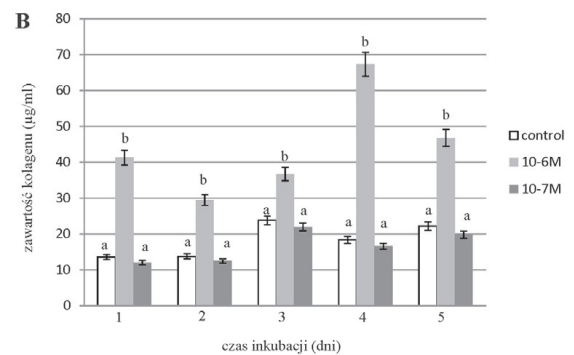
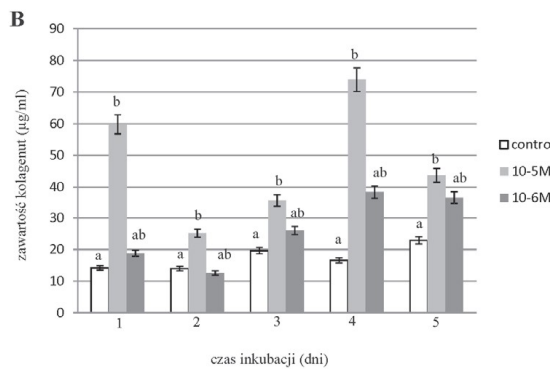
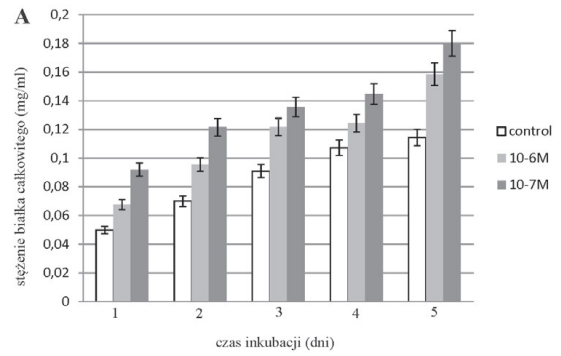
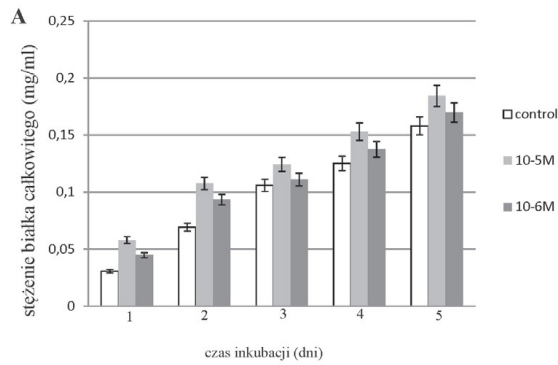
Kinetyna zdecydowanie bardziej stymuluje biosyntezę kolagenu i wydzielanie go do medium hodowlanego. W stężeniu $10^{-5}M$ w dniu pierwszym eksperymentu obserwowano bardzo duży wzrost zawartości tego białka, bo aż o 321,12% w stosunku do kontroli, a w dniu czwartym o 345,18%. Natomiast w stężeniu $10^{-6}M$ w dniu czwartym był obserwowany najintensywniejszy wzrost zawartości tego podstawowego białka strukturalnego. Wynosił on 131,32% w stosunku do hodowli kontrolnej (Rys. 1C, Rys. 1B). W przypadku BA znaczą stymulację wzrostu zawartości kolagenu w medium obserwowano w stężeniu $10^{-6}M$. Natomiast w stężeniu $10^{-7}M$ obserwowany był spadek zawartości kolagenu o około 10% w każdym dniu eksperymentu (Rys. 2C, Rys. 2B). Uzyskane wyniki zawartości kolagenu w medium hodowlanym pod wpływem wybranych cytokinin są istotne statystycznie.

W hodowli stymulowanej K najwyższa zawartość kolagenu w komórkach była obserwowana w dniu trzecim eksperymentu. W stężeniu $10^{-5}M$ wynosiła ona 157%, a w $10^{-6}M$ – 66,34% w stosunku do kontroli. W czwartym dniu badania zaobserwowano spadek zawartości białka strukturalnego w obu badanych stężeniach. Wynosił on odpowiednio 12% dla stężenia $10^{-5}M$ i 4,73% dla stężenia $10^{-6}M$ w stosunku do hodowli kontrolnej. BA powodowała znaczny wzrost zawartości kolagenu w komórkach trzeciego i ostatniego dnia eksperymentu. W hodowli stymulowanej BA w stężeniu $10^{-7}M$ zaobserwowano spadek w zawartości kolagenu w dniu czwartym (0,44%). Wyniki obrazujące zmiany zawartości kolagenu w komórkach nie są istotne statystycznie.

Wpływ cytokinin na migrację fibroblastów

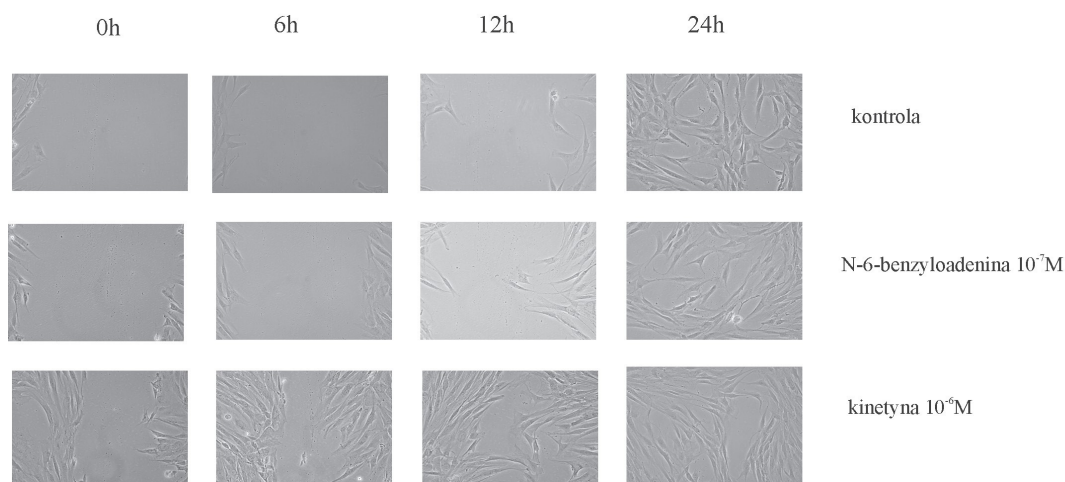
W przypadku stymulacji K w stężeniu $10^{-6}M$ obserwowano najszybsze przemieszczanie się komórek. Najwolniej komórki zasiedlały miejsce „zranienia”, gdy były stymulowane BA w stężeniu $10^{-7}M$ (Rys.3).

Wpływ kinetyny i N-6-benzyladeniny na migracji komórek...



Ryc.1. Wpływ wybranych stężeń K na: A) zawartość białka całkowitego w fibroblastach podczas 5-dniowej inkubacji. Wyniki przedstawiono jako średnia±SD, B) zawartość kolagenu w medium hodowlanym podczas 5-dniowej inkubacji. Wyniki przedstawiono jako średnia ±SD, różne litery (a, b) wskazują na wartości różnic istotne statystycznie ($\leq 0,05$) oszacowane za pomocą testu Tukeya, C) zawartość kolagenu w komórkach podczas 5-dniowej inkubacji. Wyniki przedstawiono jako średnia ±SD

Ryc.2. Wpływ wybranych stężeń BA na: A) zawartość białka całkowitego w fibroblastach podczas 5-dniowej inkubacji. Wyniki przedstawiono jako średnia±SD, B) zawartość kolagenu w medium hodowlanym podczas 5-dniowej inkubacji. Wyniki przedstawiono jako średnia ±SD, różne litery (a, b) wskazują na wartości różnic istotne statystycznie ($\leq 0,05$) oszacowane za pomocą testu Tukeya, C) zawartość kolagenu w komórkach podczas 5-dniowej inkubacji. Wyniki przedstawiono jako średnia ±SD



Ryc. 3. Wpływ K i BA w dwóch wybranych stężeniach na migrację fibroblastów analizowaną w teście zranienia (Wound Healing Assay).

Dyskusja

Hormony pod względem struktury chemicznej stanowią bardzo zróżnicowaną grupę związków organicznych odpowiedzialnych za prawidłowy przebieg procesów biochemiczno-fizjologicznych zachodzących w komórkach i tkankach. Jednak w pewnym wieku obserwowany jest spadek produkcji hormonów przez organizm, zwłaszcza u kobiet. Może on mieć znaczny wpływ na stan fizjologiczny skóry i w pewnym stopniu na funkcjonowanie całego organizmu. Badania wykazały, że efekt zewnętrznego stosowania preparatów zawierających w składzie recepturowym hormony nie ogranicza się do miejsca aplikacji preparatu i może powodować występowanie wielu skutków ubocznych w stosunku do całego organizmu [8, 9]. Dlatego w wielu krajach, w tym także w Polsce, zabronione jest stosowanie w preparatach bez recepty hormonów estrogennych pochodzenia zwierzęcego. Fitohormony, podobnie jak hormony ludzkie, są związkami o dużej aktywności biologicznej mającymi charakter sygnałów chemicznych, produkowanymi przez określone tkanki i transportowanymi do obszarów, w których inicjują procesy wzrostowe i rozwojowe. Ponieważ niektóre z nich są podobne pod względem struktury chemicznej i działania do hormonów ludzkich, między innymi estrogenów, istnieje możliwość wykorzystania ich w medycynie. W odróżnieniu od hormonów człowieka ich odpowiedniki pochodzenia roślinnego cechuje szerokie spektrum działania. Ten sam związek może wpływać na różne procesy metaboliczne. Rodzaj i efekt działania danego hormonu w dużym stopniu zależy od jego stężenia, miejsca działania oraz współdziałania z innymi fitohormonami [10]. Fitohormony,

poza oddziaływaniem na receptory swoiste dla hormonów ludzkich, charakteryzują się bardzo silnymi właściwościami antyoksydacyjnymi. Pełnią one rolę zmiataczy wolnych rodników i hamują mutacje komórkowe, działając przeciwnowotworowo. Wszystkie stwierdzone korzystne efekty działania fitohormonów na organizm ludzki powodują, że pojawia się konieczność badania wpływu kolejnych grup tych związków na organizm ludzki. Taką grupą związków są m.in. cytokininy, takie jak K i BA.

Komórki stymulowane kinetyną nie podlegają tak szybkim, jak komórki kontrolne, zmianom morfologicznym związanym ze starzeniem się. Normalne fibroblasty skóry ludzkiej pochodzące od dorosłych dawców hodowane *in vitro* charakteryzują się wydłużonym, wrzecionowatym kształtem. Są cienkie, długie i układają się równolegle względem siebie w regularną, konfluentną warstwę. Z czasem komórki stają się heterogenne, duże, rozplaszczone, bezkształtne, wypełnione rezydualnymi ciałkami lizosomalnymi i często zawierają więcej niż jedno jądro. Zaobserwowano, co jest zgodne z doniesieniami literaturowymi [11], że komórki poddane działaniu kinetyny nie przechodzą opisanych zmian morfologicznych związanych ze starzeniem się w takim zakresie jak komórki w hodowli kontrolnej. Badania własne wykazały, że komórki nawet w ostatnim dniu eksperymentu utrzymują charakterystyczny wrzecionowaty kształt, układają się równolegle względem siebie i tworzą jedną warstwę. Kinetyna również wpływa na szybkość migracji fibroblastów, co wykazano w teście Wound Assay. Po utworzeniu w konfluentnej hodowli „zranienia”, komórki zasiedlają miejsce, które ma obrazować przerwana tkankę. Pod wpływem kinetyny w stężeniu 10^{-6} M zaobserwowano, że po 24 godzinach „rana” jest prawie całkiem pokryta komórkami. Kinetyna działa bardziej stymulująco na migrację komórek niż N-6-benzyladenina.

Badania własne wykazały, że kinetyna wpływa bardziej stymulująco od benzyladeniny na wzrost ilości komórek i zawartości w nich białek, zwłaszcza w pierwszych dniach eksperymentu. Dane literaturowe również potwierdzają wzrost zawartości białka w kulturach fibroblastów traktowanych kinetyną [11, 12]. Wpływ kinetyny na zawartość kolagenu w medium hodowlanym i w komórkach nie był dotychczas badany i nie ma żadnych danych literaturowych na ten temat. Badania własne wskazują, że hormon ten wzmacnia biosyntezę tego białka, zwiększając jego zawartość. Szczególnie intensywnie stymuluje ona biosyntezę kolagenu w stężeniu 10^{-5} M, podwyższając jego zawartość zarówno w medium hodowlanym, jak i w komórkach. Obserwowano intensywny wzrost zawartości kolagenu w pożywce

w pierwszych dwóch dniach eksperymentu. W dniu trzecim odnotowano wzrost ilości tego białka w komórkach, po którym w 4 dniu nastąpił spadek nawet poniżej wartości kontrolnej, ale w tym samym czasie pojawił się wzrost ilości kolagenu w medium hodowlanym. Może to sugerować, że po zsyntetyzowaniu białko to zostało wydzielone do medium hodowlanego. Czwartego dnia, gdy w komórkach obserwowano spadek zawartości kolagenu, w medium następował wzrost jego ilości. Ponieważ dane literaturowe [12] wskazują, że kinetyna może oddziaływać na poziomie transkrypcji, translacji, post-translacyjnym i metabolicznym, to nie wiadomo, na którym etapie może stymulować biosyntezę kolagenu. Wyniki badań własnych potwierdzają, że kinetyna korzystnie oddziałuje na podstawowe składniki macierzy pozakomórkowej tworzące skórę właściwą. Według Kimura T. i wsp. skóra traktowana kinetyną wykazywała znacznie lepszą morfologiczną organizację fibroblastów w porównaniu do kontroli [13]. Przed stymulacją kinetyną w obrębie skóry właściwej widoczne były zgrubienia włókien kolagenowych mające nieregularny układ. Po 50 dniach działania kinetyny włókna kolagenowe odzyskiwały właściwą grubość i gęstość utkania oraz sposób rozłożenia kolagenu w tkance łącznej. Poprawa jakości składników macierzy pozakomórkowej, takich jak włókna kolagenu i elastyny, była obserwowana przez cały czas działania kinetyny na skórę. Doświadczenia były prowadzone na bezwłosych psach meksykańskich [13].

Badania własne potwierdziły, że benzyloadenina hamuje proliferację komórek. W stężeniach 10^{-6}M i 10^{-7}M działała stosunkowo najslabiej na zahamowanie podziałów w fibroblastach, dlatego też te stężenia były wykorzystane do dalszych badań i sprawdzenia wpływu benzyloadeniny na inne parametry biochemiczne, takie jak: zawartość białka całkowitego i kolagenu, aktywność enzymów antyoksydacyjnych, peroksydacja lipidów, zawartość glutationu i grup sulfhydrylowych w komórkach [2]. W fibroblastach benzyloadenina wykorzystuje podobne mechanizmy hamowania proliferacji, jak w komórkach nowotworowych, tj. powoduje pojawienie się silnego i specyficznego hamowania ważnych kinaz białkowych CDK. Czynniki te odgrywają ważną rolę zarówno w fazie mitozy, jak i we wczesnych fazach podziału komórki (interfazie) [14]. Pomimo, że benzyloadenina hamuje proliferację komórek i w hodowli obserwowano niewiele fibroblastów będących w fazie mitozy, to jednak pod względem morfologicznym komórki stymulowane tym hormonem utrzymują swój wydłużony kształt charakterystyczny dla komórek we wczesnej fazie wzrostu. Jest to zgodne z danymi Johnsona G.S. i wsp., że N-6 pochodne adeniny wpływają na kształt komór-

rek, powodując ich wydłużanie się [15]. Ponadto związki, do których zalicza się również N-6-benzyladeninę, powodują znaczne spowolnienie w przemieszczaniu się komórek i zwiększenie ich adhezji do podłoża. Jest to zgodne z wynikami badań własnych, które wskazują, że benzyladenina w stężeniu 10^{-7} M najslabiej stymulowała migrację komórek w teście WOUND ASSAY. Podobne efekty w kształcie, migracji i adhezji komórek obserwowano podczas inkubacji komórek z potencjalnymi inhibitorami fosfodiesteraz, np.: 1-metylo-3-izobutyloksantyną, która powodowała podniesienie wewnątrzkomórkowego poziomu cAMP. Ponieważ poziom wewnątrzkomórkowego cAMP nie był dotąd bezpośrednio mierzony, nie wiadomo, czy benzyladenina zmienia ten parametr w komórce. Istnieje także możliwość, że benzyladenina zwiększa poziom cAMP w bardzo wyspecjalizowanym, małym obszarze komórki lub działa zupełnie niezależnie od cAMP. Benzyladenina może aktywować kinazy białkowe lub razem z cAMP wpływać na wewnątrzkomórkową dystrybucję jonów Ca^{2+} , Na^{+} i K^{+} bądź też może bezpośrednio oddziaływać na mikrotubule i mikrofilamenty i zmieniać kształt komórki. Według danych literaturowych benzyladenina i jej pochodne okazały się selektywnymi inhibitorami fosfodiesteraz (PDE). PDE są rodziną enzymów powszechnie występujących w tkankach ssaków, które poprzez hydrolizę cAMP i cGMP pośredniczą w transdukcji sygnałów komórkowych. Inhibicja PDE przez benzyladeninę może być wykorzystana w potencjalnej terapii chorób związanych ze stanami zapalnymi, ponieważ enzymy te odgrywają dużą rolę w tworzeniu stanów zapalnych. Hamując aktywność PDE, benzyladenina i jej pochodne hamują również syntezę czynnika martwicy nowotworów TNF- α , który jest kluczową cytokiną wpływającą na rozwój chorób o charakterze zapalnym. Dane literaturowe wskazują, że inhibitory PDE są również czynnikami anty-TNF- α . Są one stosowane w praktyce klinicznej w terapii wielu jednostek chorobowych, w których obserwowany jest stan zapalny, np.: astma, atopia skórna, przewlekła obturacyjna choroba płuc, reumatoidalne zapalenie stawów i choroby neurologiczne [16,17,18]. Benzyladenina, która najprawdopodobniej również działa poprzez mechanizm hamowania fosfodiesteraz, wydaje się spełniać warunki, aby działać przeciwzapalnie i może być wykorzystana w terapii chorób przebiegających ze stanem zapalnym.

Stężenie cAMP w komórce zmienia się bardzo szybko w odpowiedzi na zewnątrzkomórkowe sygnały, którymi może być zwiększone stężenie benzyladeniny. Benzyladenina i jej pochodne selektywnie hamując aktywność PDE, zwłaszcza PDE4, mogą powodować akumulację cAMP w ko-

mórcie. cAMP aktywuje kinazę białkową A zależną od cyklicznego AMP, która katalizuje fosforylację reszty seryny i treoniny w specyficznych białkach wewnątrzkomórkowych. Zmienia ich aktywność i może nawet wpływać na zmianę ekspresji genów. Białka regulatorowe powstające wskutek zwiększonej aktywności enzymów aktywowanych przez kinazy białkowe mogą wpływać na biosyntezę białka w komórce.

Najnowsze dane literaturowe jednak wskazują, że benzyloadenina aktywuje kinazę białkową A, ale na drodze mechanizmu niezależnego od cAMP, prawdopodobnie związanego z innymi ścieżkami sygnałowymi komórki, np. związanymi z TGF- β [19]. Jest to zgodne z wynikami badań własnych, które wskazują na aktywujący wpływ benzyloadeniny na biosyntezę białka, a nawet na biosyntezę podstawowego białka strukturalnego – kolagenu. Nie obserwowano żadnych spadków zawartości białka poniżej poziomu kontroli. Badana zawartość kolagenu wydzielanego przez komórki do medium hodowlanego wskazuje na silny efekt stymulujący benzyloadeniny w stężeniu 10^{-6} M, zwłaszcza w pierwszym i ostatnim dniu eksperymentu. W dniu trzecim jest zauważalny spadek, jednak ciągle zawartość badanego białka strukturalnego jest powyżej poziomu kontroli. W tym samym dniu (trzecim) stwierdzono duży wzrost zawartości kolagenu w komórkach, natomiast w pierwszym i czwartym dniu eksperymentu jego ilość w komórkach była dużo mniejsza niż dnia trzeciego. Stąd można wnioskować, że benzyloadenina aktywując kinazę białkową A, intensywnie stymuluje biosyntezę i wydzielanie kolagenu do medium hodowlanego już w pierwszych dwóch dniach hodowli, po czym zwiększa się synteza tego białka w komórkach (dnia trzeciego), a następnie zsyntetyzowany kolagen jest wydzielany do medium w dniu czwartym i piątym, powodując bardzo duży wzrost jego zawartości w pożywce, nawet do 265,7%. Natomiast benzyloadenina w stężeniu 10^{-7} M powoduje nieznaczny spadek zawartości kolagenu w medium hodowlanym, który utrzymuje się przez cały czas trwania 5-dniowego eksperymentu na poziomie około 10%. W fibroblastach pod wpływem benzyloadeniny w stężeniu 10^{-7} M obserwowano wzrost zawartości kolagenu w dniu pierwszym, trzecim i piątym, a w dniu drugim i czwartym niewielkie spadki zawartości badanego białka. Dane te wydają się potwierdzać hipotezę Swaney'a J.S. i wsp., że wysoki poziom cAMP hamuje biosyntezę kolagenu [20]. Może to oznaczać, że aktywacja biosyntezy kolagenu przez benzyloadeninę zachodzi rzeczywiście na drodze niezależnej od poziomu cAMP, uwarunkowanej tylko aktywacją kinazy białkowej A, która zachodzi poprzez interakcję z TGF- β – czynnika stymulującego biosyntezę kolage-

nu. TGF- β aktywuje kinazę białkową A poprzez regulację kompleksu białek smad3/4 [21, 22].

Badane fitohormony korzystnie wpływają na metabolizm, migrację i proliferację komórek skóry właściwej. Stymulują biosyntezę białka całkowitego, kolagenu i pozytywnie wpływają na podstawowe parametry stresu oksydacyjnego oraz zdolności przemieszczania się fibroblastów. Istnieją przypuszczenia, że kinetyna stosowana na skórę prawdopodobnie usuwa i niweluje uszkodzenia spowodowane nadmierną ekspozycją na promieniowanie UV. Włókna kolagenu i elastyny odzyskują właściwą strukturę, a ponadto zmniejsza się nadmierna pigmentacja skóry. Poza tym kinetyna zmniejsza TEWL i powoduje lepsze funkcjonowanie warstwy kolczystej skóry jako warstwy barierowej. Jest ona efektywna w niskich dawkach, co potwierdzają badania własne na fibroblastach, natomiast jej skuteczność w dużym stopniu zależy od czasu stosowania na skórę. Wykazano także, że związek ten nie ma właściwości alergizujących i może być stosowany nawet w przypadku wrażliwej skóry [23, 24, 25, 26, 27]. Znane i potwierdzone jest również działanie kinetyny, a zwłaszcza jej form rybozydowych na komórki nowotworowe, w których jest ona stymulatorem apoptozy. Nukleozydy i rybonukleozydy kinetyny mają działanie stymulujące apoptozę komórek nowotworowych, jednocześnie nie uszkadzają komórek zdrowych [28]. Stąd też można wnioskować, opierając się również na wynikach badań własnych, że kinetyna może mieć szerokie zastosowanie w terapii i profilaktyce wielu jednostek chorobowych dotyczących nie tylko skóry.

Natomiast benzyloadenina, której pochodne posiadają udowodnione działanie antykancerogenne, może znaleźć zastosowanie jako substancja terapeutyczna w stanach zapalnych, jak i w chorobach skóry związanych z zaburzeniami jej pigmentacji. Istnieje pewna korelacja między kancerogenezą u ludzi oraz u roślin. Czynniki odgrywające ważną rolę w regulacji różnicowania i rozwoju u roślin mogą również wpływać na różnicowanie ludzkich komórek, zarówno zdrowych, jak i patologicznie zmienionych, poprzez system transdukcji sygnału i dlatego mogą być klinicznie użyteczne w leczeniu różnych stanów chorobowych. Skuteczność ich działania wykazana w niniejszej pracy, w odniesieniu do komórek skóry, może wskazywać na ich potencjalne znaczenie terapeutyczne.

Podziękowania:

Projekt badawczy został sfinansowany przez Wyższą Szkołę Medyczną w Białymstoku. Autorzy składają podziękowania Władzom Wyższej Szkoły Medycznej w Białymstoku za finansowe wsparcie projektu naukowego.

Literatura

- [1] Barciszewski J., Massino F., Clark B.F.C., Kinetin – a multiactive molecule, *International Journal of Biological Macromolecules*, 2007, 40, s. 182–192.
- [2] Jabłońska-Trypuć A., Matejczyk M., Czerpak R., N6-benzyladenine and kinetin influence antioxidative stress parameters in human skin fibroblasts, *Molecular and Cellular Biochemistry*, 2016, 413(1–2), s. 97–107.
- [3] Jabłońska-Trypuć A., Pankiewicz W., Czerpak R., Traumatic acid reduces oxidative stress and enhances collagen biosynthesis in cultured human skin fibroblasts, *Lipids*, 2016, 51(9), s. 1021–1035.
- [4] Jabłońska-Trypuć A., Matejczyk M., Rosochacki S., Matrix metalloproteinases (MMPs), the main extracellular matrix (ECM) enzymes in collagen degradation, as a target for anticancer drugs, *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 2016, 31, s. 177–183.
- [5] Denker S.P., Barber D.L., Cell migration requires both ion translocation and cytoskeletal anchoring by the Na-H exchanger NHE1, *Journal of Cell Biology*, 2002, 159, s. 1087–1096.
- [6] Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J., Protein measurement with the Folin phenol reagent, *Journal of Biological Chemistry*, 1951, 193, s. 265–275.
- [7] Junqueira L.C., Junqueira L.C., Brentani R.R., A simple and sensitive method for the quantitative estimation of collagen, *Analytical Biochemistry*, 1979, 94, s. 96–99.
- [8] Hengge U.R., Ruzicka T., Schwartz R.A., Cork M.J., Adverse effects of topical glucocorticosteroids, *Journal of the American Academy of Dermatology*, 2006, 54(1), s. 1–15.
- [9] Stevenson S., Thornton J., Effect of estrogens on skin aging and the potential role of SERMs., *Clinical Interventions in Aging*, 2007, 2(3), s. 283–297.
- [10] Singh D., Gupta R., Saraf S.A., Herbs-are they safe enough? An overview, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2012, 52(10), s. 876–898.
- [11] Rattan S.I., Clark B.F., Kinetin delays the onset of ageing characteristics in human fibroblasts, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 1994, 201, s. 665–672.
- [12] Barciszewski J., Rattan S.I.S., Siboska G., Clark B.F.C., Kinetin – 45 years on, *Plant Science*, 1999, 148, s. 37–45.
- [13] Kimura T., Doi K., Depigmentation and rejuvenation effects of kinetin on the aged skin of hairless descendants of Mexican hairless dogs, *Rejuvenation research*, 2004, 7, s. 32–39.
- [14] Jabłońska-Trypuć A., Czerpak R., Cytokininy, ich aktywność biochemiczna w procesach podziałów, starzenia się i apoptozy komórek ludzkich i zwierzęcych, *Postępy Biologii Komórki*, 2009, 36, s. 135–154.
- [15] Johnson G.S., D'armiento M., Carchman R.A., N6-substituted adenines induce cell elongation irrespective of the intracellular cyclic AMP levels, *Experimental Cell Research*, 1974, 85, s. 47–56.
- [16] Boichot E., Wallace J.L., Germain N., Corbel M., Lugnier C., Lagente V., Bourguignon J.J., Anti-inflammatory activities of a new series of selective phosphodiesterase 4 inhibitors derived from 9-benzyladenine, *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 2000, 292, s. 647–653.

- [17] Lugnier C., Cyclic nucleotide phosphodiesterase (PDE) superfamily: a new target for the development of specific therapeutic agents, *Pharmacology and Therapeutics*, 2006, 109, s. 366–398.
- [18] Reimund J.M., Raboisson P., Pinna G., Lugnier C., Bourguignon J.J., Muller C.D., Anti-TNF-alpha properties of new 9-benzyladenine derivatives with selective phosphodiesterase-4- inhibiting properties, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2001, 288, s. 427–434.
- [19] Kim S., Lee J., Jung E., Lee J., Huh S., Hwang H., Kim Y., Park D., 6-Benzylaminopurine stimulates melanogenesis via cAMP-independent activation of protein kinase A, *Archives of Dermatological Research*, 2009, 301, s. 253–258.
- [20] Swaney J.S., Roth D.M., Olson E.R., Naugle J.E., Meszaros J.G., Insel P.A., Inhibition of cardiac myofibroblast formation and collagen synthesis by activation and overexpression of adenylyl cyclase, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2005, 102, s. 437–442.
- [21] Jabłońska-Trypuć A., Farbiszewski R., Collagen – structure, function and biosynthesis in normal and aged human skin, *Revista SRCC*, 2008, 8, s. 13–15.
- [22] Ghosh A.K., Factors involved in the regulation of type I collagen gene expression: Implication in fibrosis, *Experimental Biology and Medicine*, 2002, 227, s. 301–314.
- [23] Czerpak R., Jabłońska A., Zastosowanie cytokinin i izoflawonoidów w kosmetyce i terapii (I), *Medycyna Estetyczna i Przeciwstarzeniowa*, 2005, 11, s. 73–79.
- [24] Czerpak R., Jabłońska A., Zastosowanie cytokinin i izoflawonoidów w kosmetyce terapii (II), *Medycyna Estetyczna i Przeciwstarzeniowa*, 2005, 12, s. 121–129.
- [25] Huang C.K., Miller T.A., The truth about over-the-counter topical anti-aging products: a comprehensive review, *Aesthetic Surgery Journal*, 2007, 27(4), s. 402–412.
- [26] Tournas J.A., Lin F.H., Burch J.A., Selim M.A., Monteiro-Riviere N.A., Zieliński J.E., Pinnell S.R., Ubiquinone, idebenone, and kinetin provide ineffective photoprotection to skin when compared to a topical antioxidant combination of vitamins C and E with ferulic acid, *Journal of Investigative Dermatology*, 2006, 126, s. 1185–1187.
- [27] Wu J.J., Weinstein G.D., Kricorian G.J., Korneili T., McCullough J.L., Topical kinetin 0.1% lotion for improving the signs and symptoms of rosacea, *Clinical and Experimental Dermatology*, 2007, 32, s. 693–695.
- [28] Meisel H., Günther S., Martin D., Schlimme E., Apoptosis induced by modified ribonucleosides in human cell culture systems, *FEBS Letters*, 1998, 433, s. 265–268.

Do cytowania:

Jabłońska-Trypuć A., Pankiewicz W., Czerpak R., Wpływ kinetyny i N-6-benzyladeniny na migrację komórek oraz biosyntezę kolagenu w fibroblastach skóry ludzkiej, *Herbalism*, 2017, 1(3), s. 55–69

Cenne owoce maliny właściwej (*Fructus Rubi idaei*) **Valuable raspberry fruits (*Fructus Rubi idaei*)**

*Alicja Baranowska, *Iwona Mystkowska, **Krystyna Zarzecka, **Marek Gugala

*Katedra Nauk Technicznych, Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska, e-mail: alabar@tlen.pl; **Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, Katedra Agrotechnologii, ul. Stanisława Konarskiego 2, 08-110 Siedlce

Słowa kluczowe: owoce maliny, skład chemiczny, właściwości lecznicze
Keywords: raspberry fruit, chemical composition, medicinal features

Streszczenie

Malina właściwa (*Rubus idaeus* L.) jest jedną z najstarszych roślin znanych ludzkości i od wieków wykorzystywana do celów spożywczych oraz leczniczych. O przydatności owoców maliny (*Fructus Rubi idaei*) i liści (*Folium Rubi idaei*) decyduje w dużej mierze ich skład chemiczny. Wartość biologiczna owoców maliny właściwej zależy od poziomu antyoksydantów, do których między innymi zalicza się kwas askorbinowy i antocyjany. Natomiast o smaku i aromacie owoców decyduje stopień ich dojrzałości, odmiana, zawartość cukrów prostych, kwasów organicznych oraz substancji lotnych. Owoce maliny są również bogatym źródłem witamin (głównie witaminy C, witamin z grupy B, PP, A, E oraz K), składników mineralnych: potasu (K), wapnia (Ca), magnezu (Mg), żelaza (Fe) oraz w mniejszych ilościach manganu (Mn), miedzi (Cu), cynku (Zn) (dlatego mają działanie odkwaszające, wzmacniają serce i regulują pracę układu nerwowego). Zawierają również spore ilości błonnika i pektyn. Wyniki ostatnich badań naukowych dowiodły, że zawarty w owocach malin kwas elagowy (pestki malin zawierają aż 87,5% kwasu elagowego) hamuje procesy nowotworowe oraz posiada właściwości przeciwwirusowe i przeciwzapalne. Najnowsze badania naukowe potwierdzają również pozytywny wpływ ketonu malinowego ($C_{10}H_{12}O_2$) na leczenie otyłości.

Summary

Raspberry is one of the oldest plants known to mankind for centuries and used for food and medical purposes. The usefulness of raspberry fruit (*Fructus Rubi idaei*) and leaves (*Folium Rubi idaei*) is determined to a large extent by their chemical composition. The biological value of raspberry fruit (*Rubus idaeus* L.) depends on the level of antioxidants which include ascorbic acid and anthocyanins. However, the flavor and aroma of the fruit is determined by the degree of maturity, variety, the content of monosaccharides, organic acids and volatile substances. Raspberry fruits are also rich in vitamins (especially vitamin C, vitamin B, PP, A, E and K), minerals: potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), iron (Fe), and minor amounts of manganese (Mn), copper (Cu), zinc (Zn), (therefore have

Cenne owoce maliny właściwej (*Fructus Rubi idaei*)

a de-acidifying effect, strengthening the heart and regulate the activity of the nervous system). They also contain large amounts of fiber and pectin. The results of recent studies have shown that ellagic acid contained in raspberries (raspberry seeds contain up to 87.5% of the ellagic acid) inhibits neoplastic processes and has anti-viral and anti-inflammatory features. Recent research confirms the positive impact of raspberry ketone (C₁₀H₁₂O₂) for the treatment of obesity.

Wstęp

Polska jest jednym z czołowych producentów owoców malin nie tylko w krajach Unii Europejskiej, ale również na świecie. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego w 2016 roku powierzchnia uprawy malin w naszym kraju wynosiła 27,4 tys. ha, co stanowiło około 0,18% użytków rolnych. Natomiast przeciętne roczne zbiory owoców malin stanowiły 125 tys. ton i były wyższe w stosunku do roku 2015, w którym kształtowały się one na poziomie 80 tys. ton [1]. Maliny to szlachetne owoce, cenione ze względu na niepowtarzalny smak i skład chemiczny. Są bogate w związki zapobiegające chorobom nowotworowym. Stanowią cenne źródło witamin – naturalnych antyoksydantów: C, A, E, K, PP oraz witamin z grupy B: B1, B2, B6, także związków mineralnych: soli potasu, magnezu, wapnia, żelaza. Zawierają także cukry proste, barwniki, kwasy organiczne, pektyny oraz związki śluzowe [2]. Owoce malin powinny wejść na stałe do naszej diety. Ostatnie badania naukowe potwierdzają działanie prewencyjne składników bioaktywnych występujących w owocach malin, w stosunku do wielu chorób cywilizacyjnych [3]. Owoce malin możemy spożywać przez cały rok w postaci świeżej, przetworzonej oraz jako mrożonki. Oprócz cennych wartości odżywczych posiadają one również działanie lecznicze [4]. Od dawna były stosowane w medycynie ludowej jako środek o działaniu przeciwgorączkowym, przeciwzapalnym oraz jako środek regulujący pracę układu pokarmowego [5]. Obecnie obserwowany jest wzrost zainteresowania właściwościami tej cennej rośliny. Owoce malin wchodzi w skład wielu leków, takich, jak: Pyrosan, Ceruvit, Cerutin Junior Malina oraz tabletek na odchudzanie o nazwie handlowej Keton malinowy. Coraz większym zainteresowaniem cieszy się również olej z pestek malin, który jest źródłem niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT). Również liście malin są bogatym źródłem garbników, soli mineralnych i przeciwutleniaczy, służą do produkcji herbatek rozgrzewających, syropów i tabletek moczopędnych [5, 6].

Dlatego też, celem pracy było przedstawienie gatunku *Rubus idaeus* L. jako ważnej rośliny ze względu na cenne wartości odżywcze i lecznicze.

Praca ma charakter monograficzny – została przygotowana na podstawie dostępnej literatury przedmiotu oraz danych statystycznych.

W pracy przedstawiono historię uprawy maliny właściwej, dokonano charakterystyki botanicznej, a także zaprezentowano skład chemiczny i właściwości lecznicze owoców malin.

Malina właściwa (*Rubus idaeus* L.) – charakterystyka gatunku

Malina właściwa jest jedną z najpopularniejszych roślin sadowniczych klimatu umiarkowanego. Jest rośliną znaną ludzkości od zamierzchłych czasów. Istnieją świadectwa historyczne potwierdzające, że owoce malin były zbierane przez koczownicze plemiona już w epoce kamienia i brązu. Krzewy malin rosły wówczas i rosną do dzisiaj w stanie dzikim w lasach Azji, Ameryki i Europy.

Pierwsze pisemne wzmianki na temat malin pochodzą z około 300 r. p.n.e. Wówczas grecki uczony – Kato pisał, że owoce malin były zbierane przez Greków w górskich lasach i służyły im jako cenny pokarm oraz jako lekarstwo. Jedną ze starogreckich legend mówi, że „*niegdyś wszystkie owoce malin były białe, ale kiedy nimfa Ida chciała uspokoić płaczącego Zeusa i pochylili się, aby zerwać owoc maliny, ciernie krzaka skaleczyły jej pierś, a kropla krwi spadła na owoc i od tego czasu wszystkie maliny jaśnieją piękną czerwienią*”.

W starożytności również Hipokrates wraz z innymi lekarzami rzymskimi opisywali tę roślinę jako leczniczą.

W VI w. n.e. po raz pierwszy Palladiusz opisał malinę jako roślinę uprawną. Pierwsze uprawne maliny pochodzą z ogrodów klasztorów późnego średniowiecza (XV w.). Pierwsze hodowlane odmiany maliny wymieniane są pod koniec XVIII w. Łacińska nazwa gatunku *Rubus idaeus* została nadana przez Linneusza. Słowo *rubus* pochodzi od intensywnej, czerwonej barwy owoców, natomiast słowo *idaeus* wywodzi się od góry Ida (obecnie Turcja), którą niegdyś porastały okazałe krzewy malin [5, 7].

Współcześnie malina właściwa jest jednym z najstarszych i ważniejszych gatunków roślin sadowniczych. Gatunek malina właściwa (*Rubus idaeus* L.) – to krzew należący do rodziny różowatych (*Rosaceae*), rodzaju *Rubus*. Rodzina różowatych jest rodziną liczną gatunkowo i zróżnicowaną pod względem form. Obejmuje krzewy liściaste, rośliny zielne, a także drzewa. Do tej rodziny botanicznej należy większość uprawianych w Polsce drzew owocowych (np. jabłonie, śliwy, wiśnie, grusze), krzewy owocowe (np. ma-

Cenne owoce maliny właściwej (*Fructus Rubi idaei*)

liny i jeżyny – *Rubus*) i krzewy ozdobne (np. róża – *Rosa*), oraz byliny (np. poziomka – *Fragaria*).

Spośród rodzimych gatunków do malin w Polsce zaliczane są:

- malina kamionka *Rubus saxatilis* L. – płożąca bylina o wysokości 10–30 cm, jej owoce są niewielkie i przypominają smakiem owoce porzeczki,
- malina moroszka *Rubus chamaemorus* L. – gatunek objęty w Polsce ochroną prawną,
- malina tekszła *Rubus arcticus* L. – inaczej jeżyna arktyczna, popularna w Skandynawii,
- malina właściwa *Rubus idaeus* L.

Spośród gatunków występujących poza Polską do malin należą:

- malina omszona *Rubus strigosus*,
- malina zachodnia *Rubus occidentalis* [8].

Słowo *malina* jest słowem ogólnosłowiańskim i najprawdopodobniej najstarszym ze wszystkich nazw rodzaju *Rubus*, natomiast słowo *jeżyna* (utworzono od podobieństwa pędów rośliny do kolców jeża) jest słowem północnosłowiańskim [9].

Obecnie występuje około tysiąca odmian malin. Dzielimy je na dwie grupy: owocujące na pędach dwuletnich, tzw. maliny letnie i na pędach jedno-letnich, tzw. maliny jesienne [7, 10].

Krzewy malin mają dość płytki system korzeniowy oraz kolczaste pędy osiagające wysokość ok. 2 m. Części nadziemne malin letnich rozwijają się w cyklu dwuletнім. W pierwszym roku z pąków znajdujących się na szyjce korzeniowej wyrastają pędy, na których w następnym sezonie wegetacyjnym tworzą się boczne, krótkie rozgałęzienia zakończone owocostanami. Natomiast u odmian jesiennych pędy wyrastające wiosną z szyjki korzeniowej kwitną latem, następnie jesienią dojrzewają na nich owoce. Zazwyczaj od kwitnienia do zbioru owoców maliny czerwonej upływa około 25–30 dni. Owoc maliny jest owocem złożonym. Powstaje ze zrośnięcia drobnych nerkowatych, soczystych pestkowców, osadzonych na wypukłym dnie kwiatowym. W przeciwieństwie do owoców jeżyny, owoce maliny zbiera się bez dna kwiatowego. Barwa owoców może być jasnoczerwona, czerwona, krwistoczerwona i ciemnoczerwona. Znane są również odmiany o żółtym, białym lub czarnym zabarwieniu owoców. Owoce większości odmian malin są bardzo aromatyczne i mają smak winno-słodki [7, 11].

Uprawa maliny czerwonej jest powszechna w całej Europie; od Szkocji i Norwegii po Włochy i kraje byłej Jugosławii, a także w Ameryce Północ-

nej, Rosji, niektórych krajach azjatyckich oraz Australii i Nowej Zelandii. W naszym kraju do założenia plantacji malin najlepsze są gleby żyzne, należące do trzeciej i czwartej klasy bonitacyjnej, w dobrej kulturze, o uregulowanych stosunkach wodnych. Krzewy malin korzenią się płytko (najwięcej korzeni znajduje się w warstwie gleby od 0 do 25 cm) i dlatego są wrażliwe zarówno na nadmiar, jak i niedobór wody. Nawet krótkotrwała susza wpływa bardzo niekorzystnie na wzrost i owocowanie, związane jest to z bardzo dużym uwodnieniem owoców, w których woda stanowi od 75,9 do 85,9%. Plantacje malin zakładane na glebach lekkich należy nawadniać. Malina jest rośliną o dużej tolerancji na odczyn gleby, najodpowiedniejsze do wzrostu i rozwoju roślin są jednak gleby lekko kwaśne o pH 6,0-6,5. Pod uprawę maliny nie należy przeznaczать gleb zasadowych i ciężkich. Wybór odpowiedniego stanowiska do założenia plantacji jest bardzo ważny, ponieważ może decydować o powodzeniu uprawy [10, 12].

Właściwości prozdrowotne owoców maliny właściwej

Surowcem leczniczym maliny właściwej są owoce *Fructus Rubi idaei* oraz liście *Folium Rubi idaei*. Właściwości prozdrowotne owoców *Rubus idaeus* L. są determinowane przede wszystkim ich składem chemicznym, na który mają wpływ czynniki genetyczne, warunki klimatyczne i agrotechniczne [13].

Fructus Rubi idaei są przede wszystkim bogatym źródłem związków polifenolowych. Polifenole to organiczne związki chemiczne z grupy fenoli. Odgrywają one istotną rolę we wzroście i reprodukcji roślin, ale także w kształtowaniu cech sensorycznych. Nadają specyficzny gorzki i cierpki smak owocom, są odpowiedzialne za barwę, mogą powodować zmętnienia i osady, np. w sokach, napojach, winach. Występują we wszystkich częściach roślin [14]. Zawartość polifenoli w wybranych gatunkach owoców przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Zawartość związków polifenolowych w wybranych gatunkach owoców [15]

Table 1. The content of polyphenolic compounds in selected species of fruit [15]

Wybrane gatunki owoców	Zawartość związków polifenolowych (mg/100 g świeżych owoców)
Aronia	2080
Czarna porzeczka	560
Borówka	525
Borówka amerykańska	181–585

Cenne owoce maliny właściwej (*Fructus Rubi idaei*)

Wybrane gatunki owoców	Zawartość związków polifenolowych (mg/100 g świeżych owoców)
Wiśnia	460
Jabłko	252–357
Śliwka	211–323
Żurawina	120–315
Truskawka	225
Jeżyna	248
Malina	126

Wiele z nich wykazuje właściwości przeciwutleniające. W diecie uważane są za substancje korzystne dla zdrowia człowieka i przypisuje się im głównie działanie przeciwnowotworowe oraz przeciwmiażdżycowe.

Z obecnością związków polifenolowych wiąże się aktywność farmakologiczna i biologiczna owoców *Rubus idaeus* L., która obejmuje, m.in. działanie antyoksydacyjne, przeciwzapalne, przeciwdrobnoustrojowe. Polifenole hamują powstawanie wolnych rodników, które niekorzystnie utleniają w organizmie wiele związków i uszkodzają: białka, lipidy, błony komórkowe, enzymy oraz materiał genetyczny [5]. Największą i najlepiej poznaną grupą związków polifenolowych są flawonoidy [16].

Flawonoidy inaczej związki flawonowe lub bioflawonoidy, występują w powierzchniowych warstwach tkanek roślinnych i pełnią funkcję barwników, przeciwutleniaczy oraz naturalnych pestycydów. Jest to bardzo liczna grupa organicznych związków chemicznych (dotąd rozpoznano ponad 8000 różnych flawonoidów). Badania naukowe wykazały, że flawonoidy zmniejszają ryzyko powstania otyłości, choroby wieńcowej serca, nowotworów, wpływają również na poprawę pamięci u osób starszych [5, 17, 18].

Owoce malin są bogatym źródłem flawonoidów z grupy antocyjanów, takich, jak cyjanidyna, pelargonidyna. Antocyjany to naturalne barwniki roślinne nadające owocom i warzywom barwę czerwoną, purpurową lub niebieską. Udowodniono, że spożywanie produktów bogatych w tę grupę związków może korzystnie oddziaływać na nasz wzrok i układ sercowo-naczyniowy. W owocach *Rubus idaeus* L. występują także związki karotenoidowe, które są również naturalnymi barwnikami roślinnymi i należą do antyoksydantów. Wśród karotenoidów o charakterze prowitaminy A wyróżnia się β -karoten, α -karoten i β -kryptoksantynę. Innym przykładem karotenoidów nie posiadających własności prowitaminy A są: likopen, luteina,

zeaksantyna, astaksantyna, kankstantyna, fukoksantyna. Owoce malin zawierają β -karoten, zeaksantynę i luteinę. Zeaksantyna oraz luteina nadają kolor odmianom o żółtych owocach, które nie zawierają antocyjanów. Obecność luteiny i zeaksantyny w organizmie człowieka jest całkowicie uzależniona od ich spożycia, ponieważ nie posiadamy zdolności ich samodzielnego syntetyzowania. Badania naukowe udowodniły, że dieta bogata w związki bioaktywne chroni nasz organizm przed wieloma chorobami cywilizacyjnymi [19, 20].

Spośród kwasów fenolowych malina obfituje w kwas elagowy (jest jego najbogatszym źródłem wśród owoców jagodowych) oraz kwas salicylowy (strukturalnie obecny w cząsteczce aspiryny). Jak potwierdzają wyniki badań naukowych kwas elagowy wykazuje działanie przeciwnowotworowe, antyoksydacyjne i przeciwzapalne. Natomiast kwas salicylowy działa przeciwbólowo, przeciwgorączkowo i przeciwzapalnie [5, 19, 20, 21].

Owoce maliny są również źródłem makroelementów: potasu (K) (177–145 mg/100 g świeżej masy), wapnia (Ca) (25-35 mg/100 g ś.m.), magnezu (Mg) (10-22 mg/100 g ś.m.) i cynku (Zn) (0,13-0,14 mg/100 g ś.m.), co może mieć znaczenie w profilaktyce i leczeniu wielu chorób, np. potas reguluje gospodarkę wodną naszego organizmu, wpływa na ciśnienie krwi i pracę nerek, magnez przyczynia się do prawidłowego funkcjonowania mózgu i układu nerwowego, a cynk wpływa między innymi na pracę układu odpornościowego, prawidłowe gojenie się ran, mineralizację kości, wydzielanie insuliny przez trzustkę, a także stężenie witaminy A i cholesterolu we krwi.

W owocach maliny, jak również w liściach występują mikroelementy, takie jak miedź (Cu) (0,022 mg/100 g ś.m.) i żelazo (Fe) (0,19 mg/100 g ś.m.), co może mieć znaczenie w profilaktyce i leczeniu chorób serca i układu krążenia [5, 22].

W owocach *Rubus idaeus* L. stwierdzono wyższe zawartości manganu (Mn) w porównaniu do innych owoców jagodowych – średnio 0,49 mg/100 g ś.m. Mangan jest odpowiedzialny między innymi za prawidłowy rozwój fizyczny organizmu. Zalecane dzienne spożycie manganu dla osoby dorosłej wynosi 1,6 mg [23].

Owoce malin to także bogate źródło witamin, które są niezbędne do prawidłowego wzrostu i rozwoju oraz przebiegu procesów metabolicznych. W swoim składzie chemicznym zawierają witaminę: A, C i E, które są silnymi antyoksydantami i wpływają korzystnie na odporność organizmu. Witaminy z grupy B: B1 (tiamina), B2 (ryboflawina), B3 (niacyna lub witamina PP), B5, B6, B9 (kwas foliowy), odpowiadają za prawidłowe funkcjonowanie układu nerwowego. Owoce zawierają również dużą ilość wody (ponad 85%)

Cenne owoce maliny właściwej (*Fructus Rubi idaei*)

i błonnika pokarmowego (7%), pektyn oraz substancji śluzowych, co wpływa korzystnie na pracę układu pokarmowego. Kodeks Żywnościowy definiuje błonnik pokarmowy jako jadalne składniki tkanek roślinnych i zwierzęcych, charakteryzujące się tym, iż nie ulegają one hydrolizie pod wpływem działania enzymów przewodu pokarmowego człowieka [24]. Stwierdzono, że produkty zawierające błonnik pokarmowy wykazują działanie ochronne w stosunku do nowotworu jelita grubego i raka przełyku [25].

Owoce maliny właściwej są cenione nie tylko ze względu na właściwości lecznicze, ale również ze względu na specyficzny smak i aromat. Badania naukowe udowodniły, że w owocach występuje ponad 70 związków aromatycznych, których głównym składnikiem jest keton malinowy ($C_{10}H_{12}O_2$), występujący w owocach maliny w ilościach śladowych (poniżej jednego promila). Związek ten decyduje o specyficznym aromacie owoców, ma również wpływ na metabolizm i redukcję tkanki tłuszczowej. Dlatego też keton malinowy wykorzystywany jest jako składnik suplementów diety wspomagających odchudzanie [26].

Podsumowanie

Owoce malin są produktami o doskonałych walorach leczniczych, odżywczych i smakowych - wartość energetyczna 100 g owoców wynosi tylko 130 kJ, czyli 31 kcal. Ostatnie badania naukowe potwierdzają również działanie prewencyjne składników bioaktywnych występujących w owocach *Rubus idaeus* w stosunku do wielu chorób XXI wieku. Owoce malin powinny wejść na stałe do naszej codziennej diety, tym bardziej, że są one dostępne przez cały rok zarówno w postaci świeżej, mrożonej, jak i przetworzonej, a Polska jest jednym z czołowych producentów owoców maliny właściwej na świecie. Należy podkreślić, że w diecie człowieka nie można zastąpić ich substancjami wytworzonymi sztucznie (tzw. nutraceutykami). Badania naukowe dowodzą, że obok cennych składników leczniczych i dietetycznych owoce malin są również bogatym źródłem, substancji nieodżywczych – polifenoli roślinnych, które są silnymi antyoksydantami [7]. Żywność bogata w antyutleniacze odgrywa istotną rolę w profilaktyce chorób cywilizacyjnych i dlatego wiedza na ten temat powinna być ciągle aktualizowana. Szczególnie w celu dokładnego poznania składu chemicznego poszczególnych odmian owoców malin, a zwłaszcza zawartości związków polifenolowych, kwasu askorbinowego i ich korzystnego oddziaływania na ludzki organizm [27, 28, 29].

Literatura

- [1] Produkcja upraw rolnych i ogrodnictwa w 2015 roku. Główny Urząd Statystyczny. Departament Rolnictwa, Warszawa, 2015.
- [2] Krauze-Baranowska M., Majdan M., Owoce malin – źródło cennych leczniczo metabolitów wtórnych i witamin, *Panacea*, 2009, 1(26), s. 14–15.
- [3] Markowski J., Płocharski W., Pytasz U., Rutkowski K., Owoce, warzywa, soki – ich kaloryczność i wartość odżywcza na tle zapotrzebowania na energię i składniki odżywcze Cz. 1. Kaloryczność i mit o wpływie na otyłość, *Przemysł fermentacyjny i owocowo-warzywny*, 2012, 9, s. 24–27.
- [4] Baranowska A., Zarzecka K., Opłacalność uprawy malin, *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, Szczecin, 2012, T. XIV, 1, s. 26–28.
- [5] Krauze-Baranowska M., Majdan M., Kula M., Owoce maliny właściwej i maliny zachodniej źródłem substancji biologicznie aktywnych, *Postępy Fitoterapii*, 2014, 1, s. 32–39.
- [6] Baranowska A., Radwańska K., Zarzecka K., Gugęła M., Mystkowska I., Właściwości prozdrowotne owoców maliny właściwej (*Rubus idaeus* L.), *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2015, 96(2), s. 406–409.
- [7] Karabela M., Malina, *Panacea*, 2007, 3(20), s. 30–31.
- [8] Szweykowska A., Szweykowski J., Słownik botaniczny. Wyd. II, zmienione i uzupełnione, Wiedza Powszechna, Warszawa 2003.
- [9] Spólnik A., Nazwy polskich roślin do XVIII wieku, Polska Akademia Nauk Oddział w Krakowie, Prace Komisji Językoznawstwa, Kraków 1990.
- [10] Danek J., Uprawa maliny i jeżyny, Hortpress, Warszawa 2009.
- [11] Ożarowski A., Jaroniewski W., Rośliny lecznicze i ich praktyczne zastosowanie, Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych, Warszawa 1989, s. 243–244.
- [12] Smolarz K., Malina i jeżyna, PWRiL, Warszawa 1999.
- [13] Winiarska J., Szember E., Żmuda E., Murawska D., Porównanie składu chemicznego owoców wybranych odmian maliny *Rubus idaeus* L., *Annales UMCS*, 2005, Sec. E, XV, s. 29–33.
- [14] Alasalvar C., Grigor J.M., Zhang D., Quantick P.C., Shahidi F., Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidants vitamins, and sensory quality of different carrot varieties, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 2001, 49, s. 1410–1416.
- [15] Białek M., Rutkowska J., Hallman E., Aronia czarnoowocowa jako potencjalny składnik żywności funkcjonalnej, *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 2012, 6, s. 21–30.
- [16] Bandele O.J., Clawson S.J., Osheroff N., Dietary polyphenols as topoisomerase II poisons: B ring and C ring substituents determine the mechanism of enzyme-mediated DNA cleavage enhancement, *Chemical Research Toxicology*, 2008, 21(6), s. 1253–1260.
- [17] Krikorian R., Shidler M.D., Nash T.A., Kalt W., Vinqvist-Tymchuk M.R., Shukitt-Hale B., Joseph J.A., Blueberry supplementation improves memory in older adults, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 2010, 58, s. 3996–4000.
- [18] Jensen G.S., Wu X., Patterson K.M., Barnes J., Carter S.G., Scherwitz L., Beaman, R., Endres J.R., Schauss A.G., *In vitro* and *in vivo* antioxidant and anti-inflammatory capacities of an antioxidant-rich fruit and berry juice blend. Results of a pilot and randomized, double-blinded, placebo-controlled, crossover study, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 2008, 56, s. 8326–8333.

Cenne owoce maliny właściwej (*Fructus Rubi idaei*)

- [19] Zalega J., Szostak-Węgierek D., Żywnienie w profilaktyce nowotworów, Część I. Polifenole roślinne, karotenoidy, błonnik pokarmowy, Problemy Higieny i Epidemiologii, 2013, 94(1), s. 41–49.
- [20] Guz J., Dziaman T., Szpila A., Czy witaminy antyoksydacyjne mają wpływ na proces karcynogenezy?, Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej, 2007, 61, s. 185–198.
- [21] Snyder D., Raspberries and Human Health: A Clinical Perspective on the Bioavailability and Bioactivity of Red Raspberry Antioxidants, Department of Nutritional Sciences University of Toronto, Toronto 2010.
- [22] Horuz A., Korkmaz A., Rüştü-Karaman M., Mümin D., Turan M., The evaluation of leaf nutrient contents and element ratios of different raspberry varieties, Journal of Food Agriculture and Environment, 2013, 11(1), s. 588–593.
- [23] Jędrzejczak R., Żelazo i mangan w żywności, Roczniki Państwowego Zakładu Higieny, 2004, 55, s. 13–20.
- [24] Cichon R., Wądołowska L., Węglowodany [w:] Gawęcki J., (red). Żywnienie człowieka podstawy nauki o żywieniu, PWN, Warszawa 2010, s. 155–180.
- [25] World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective, AICR, Washington 2007.
- [26] Krauze-Baranowska M., Owoce maliny – właściwości dietetyczne i lecznicze, Panacea 2007, 4(21), s. 22–23.
- [27] Gryszczyńska B., Iskra M., Gryszczyńska A., Budzyń M., Aktywność przeciwutleniająca wybranych owoców jagodowych, Postępy Fitoterapii, 2011, 4, s. 265–274.
- [28] Mc Ghie T.K., Hall H.K., Mowar A.D., Breeding Rubus Cultivars for high anthocyanin content and high antioxidant capacity, Acta Horticultura, 2002, 585, s. 495–500.
- [29] Bredsdorff L., Wedeby E.B., Nikolov N.G., Hallas-Moller T., Pilegaard K., Raspberry ketone in food supplements – High intake, few toxicity data – A cause for safety concern?, 2015, 73(1), s. 196–200.

Do cytowania:

Baranowska A., Mystkowska I., Zarzecka K., Gugąła M., Cenne owoce maliny właściwej (*Fructus Rubi idaei*), Herbalism, 2017, 1(3), s. 70–79

Wartość odżywcza i prozdrowotna wybranych warzyw z rodzaju kapusta (*Brassica* L.)

Nutritional and health benefits of selected vegetable species of the genus (*Brassica* L.)

*Barbara Krochmal-Marczak, **Barbara Sawicka, ***Małgorzata Stryjecka,
*Marta Pisarek, *Bernadetta Bienia

*Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigonia w Krośnie, Zakład Produkcji i Bezpieczeństwa Żywności, ul. Dmochowskiego 12, 38-400 Krosno, email: bkmarczak@gmail.com;

**Katedra Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa, Uniwersytet Przyrodniczy Lublin, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin; **Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Chełmie, Instytut Nauk Rolniczych, ul. Poczтовая 54, 22-100 Chełm

Słowa kluczowe: wartość odżywcza, prozdrowotna, kapusta biała, kapusta pekińska, brokuł, bruk-selka, jarmuż, kalafior, kalarepa

Keywords: nutritional value, health benefits, white cabbage, napa cabbage, broccoli, Brussels sprout, kale, cauliflower, kohlrabi

Streszczenie

Scharakteryzowano wybrane gatunki warzyw należące do rodzaju *Brassica*: kapusta głowiasta biała (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *alba*), kapusta włoska (*Brassica oleracea* L. var. *sabauda* L.), kapusta pekińska (*Brassica rapa* L. subsp. *pekinensis*), brokuł (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), jarmuż (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica* L.), kalafior (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.), kalarepa (*Brassica oleracea* var. *gongylodes* L.), kapusta brukselska (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera*). Opisano prozdrowotne właściwości lecznicze, znaczenie gospodarcze, a także przedstawiono ich znaczenie jako surowca dla przemysłu spożywczego i farmaceutycznego. Warzywa kapustne charakteryzują się wysoką zawartością witamin i minerałów, zawierają wiele cennych właściwości leczniczych. Posiadają wysoką wartość odżywczą, dużą aktywność przeciwutleniającą, a także wykazują działanie prozdrowotne. Z żywieniowego punktu widzenia warzywa należące do rodziny kapustowatych są postrzegane jako produkty o dużym znaczeniu w profilaktyce nowotworowej. Na szczególną uwagę zasługuje jarmuż (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), który charakteryzuje się wysokimi walorami odżywczymi i prozdrowotnymi, a mimo to jest warzywem mało popularnym w Polsce.

Summary

The paper characterises selected vegetable species of the *Brassica* genus: white headed cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *alba*), savoy cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *sabauda* L.), napa cabbage (*Brassica rapa* L. subsp. *pekinensis*), broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), kale (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica* L.), cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*),

kohlrabi (*Brassica oleracea* L. var. *gongylodes* L.), Brussels sprout (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera*). It describes their medicinal properties and economic importance, as well as presents their value as a resource for the food and pharmaceutical industries. Brassicas are characterised by high vitamin and mineral content and have various medicinal properties. They also have a high nutritional value, high antioxidative activity and health benefits. From the point of view of nutrition, brassicas are perceived as valuable in cancer prevention. It is noteworthy that kale (*Brassica oleracea* L. var. *gongylodes* L.) is characterised by significant nutritional and health benefits, yet it is not popular in Poland.

Wstęp

W ostatnim czasie społeczeństwo coraz częściej uświadamia sobie, jak wiele jest roślin, które charakteryzują się wysokimi wartościami odżywczymi, a ich spożywanie mogłoby wpłynąć korzystnie na zdrowie, zapobiegając wielu chorobom, takim jak: miażdżyca, nadciśnienie tętnicze, zaburzenia układu sercowo-naczyniowego, cukrzyca. Do roślin mogących być elementem codziennej diety i zapewnić prawidłowe funkcjonowanie oraz harmonijny rozwój organizmu można zaliczyć warzywa kapustne należące do rodzaju *Brassica*. Według badań Sikorskiej-Zimny [1] oraz Szwejdy-Grzybowskiej [2], największe znaczenie w żywieniu posiada: kapusta głowiasta biała (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *alba*), kapusta włoska (*Brassica oleracea* L. var. *sabauda* L.), kapusta pekińska (*Brassica rapa* L. subsp. *pekinensis*), brokuł (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), jarmuż (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica* L.), kalafior (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*), kalarepa (*Brassica oleracea* L. var. *gongylodes*), kapusta brukselska (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera*). Badania eksperymentalne i epidemiologiczne wskazują, że spożywanie warzyw z tej rodziny obniża ryzyko zachorowania na raka: płuc, trzustki, pęcherza moczowego, żołądka, tarczycy, skóry, jelita grubego i prostaty [3, 4, 5, 6, 7, 8]. Przeciwrakotwórcze właściwości warzyw krzyżowych związane są głównie z wysoką zawartością wtórnych metabolitów, szczególnie tioglikozydów (glukozynolanów), jak również występowaniem innych związków bioaktywnych, które odgrywają istotną rolę w zdrowiu człowieka [2, 8, 9, 10, 11]. Badania Sosińskiej i Obiedzińskiej [12] potwierdzają, że kapusta, brokuł, kalafior, brukselka są cennym źródłem glukozynolanów, związków roślinnych siarkowych, które w następstwie degradacji enzymatycznej (z udziałem enzymu mirozynazy), termicznej lub pod wpływem mikroflory jelitowej są prekursorami biologicznie aktywnych izotiocyjanianów oraz indoli, fitozwiązków o właściwościach przeciwrakotwórczych. W opinii Orłowskiego [8], Kecka i Finleya [10], Czecha i Rusinka [13] oraz Kusznerewicz i wsp. [14], spożywanie roślin z tej grupy zapobiega nowotworom skuteczniej niż die-

ta zawierająca inne warzywa i owoce. Według badań Szwejdry-Grzybowskiej [2], z żywieniowego punktu widzenia warzywa te stanowią ważną pozycję diety, ponieważ są cennym źródłem składników mineralnych, witamin oraz przeciwutleniaczy (flawonoidy, polifenole, witamina C, PP, kwas foliowy, β -karoten, selen, wapń, magnez, potas, żelazo). Dawka witaminy C występująca w warzywach kapustnych jest znacznie większa w porównaniu z owocami cytrusowymi, np. w 100 g kapusty zawarte jest 100 mg witaminy C, a w 100 g cytryny – 50 mg [15, 16]. W opinii Orłowskiego [8] oraz Sikorskiej-Zimny [1], warzywa kapustne w diecie człowieka są źródłem wielu cennych składników odżywczych, pozostając jednocześnie niskokalorycznymi. Zdaniem Szwejdry-Grzybowskiej [2], biorą one także udział w utrzymaniu równowagi kwasowo-zasadowej organizmu oraz posiadają właściwości bakterio- i grzybobójcze. Mimo wysokich wartości odżywczych warzyw kapustnych, w ostatnim dziesięcioleciu obserwuje się obniżenie ilości ich spożywania, dlatego też celowe wydaje się być podsumowanie istniejących już informacji o ich wartościach prozdrowotnych.

Charakterystyka botaniczna warzyw kapustnych oraz wartość prozdrowotna

Kapusta biała (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *alba*) pochodzi od kapusty dzikiej (*Brassica oleracea* L. var. *silvestris* L.), która występuje nad Morzem Śródziemnym i na atlantyckim wybrzeżu Europy. Rodzina *Brassicaceae* obejmuje ponad 300 rodzajów skupiających 3000 gatunków, które stanowią ważną grupę jednorocznych, dwuletних i wieloletних gatunków warzyw liściowych i korzeniowych. Nazwa *Brassica* wywodzi się od celtyckiego słowa „bresic” oznaczającego kapustę. Kapusta biała jest rośliną dwuletnią [17]. W pierwszym roku wegetacji w warunkach klimatyczno-glebowych Polski tworzy głowę, która jest skróconym pędem z dużymi zwiniętymi liśćmi i stanowi część użytkową. W drugim roku wydaje pędy nasienne i owocuje. Kapusta biała (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *alba*) jest w Europie Środkowej najważniejszym pod względem żywieniowym warzywem z rodziny krzyżowych, stanowi tradycyjny element diety krajów z tej części Europy [8]. Warzywo to spożywane jest w stosunkowo dużych ilościach przez cały rok, przez wszystkie grupy ludności, zarówno w postaci surowej, jak i po obróbce cieplnej. Według badań Kusznierewicz i wsp. [6, 14] w Polsce roczne spożycie kapusty kształtuje się na poziomie około 11 kg kapusty świeżej, zaś 5 kg kapusty kiszanej na osobę, co odpowiada około 44 g dziennie. W Polsce kapusta biała ma bardzo duże znaczenie gospodarcze, gdyż

zajmuje pierwsze miejsce w strukturze upraw polowych warzyw (ponad 25%). Znaczenie to wynika ze stosunkowo łatwej uprawy, dużych plonów z jednostki powierzchni, dość niskich kosztów produkcji oraz możliwości jej spożywania w stanie świeżym praktycznie przez cały rok. Doskonale nadaje się do przechowywania, przetwarzania i kwaszenia [8, 18]. Kapusta biała była już znana we wczesnorzymskiej i greckiej literaturze jako roślina o leczniczych właściwościach. Zainteresowanie nią wynikało bardziej z wartości leczniczych niż spożywczych. Pierwsze wzmianki o stosowaniu jej w celach leczniczych i terapeutycznych zawarte są w dziełach Katona (234–149 p.n.e.) oraz Pliniusza (61–113 n.e.). Starożytni rzymscy lekarze leczyli kapustą choroby płuc, wątroby, stawów, wrzody, obstrukcje, choroby wrzodowe żołądka i dwunastnicy, a także bezsenność. Według badań Gajewskiego oraz Radzanowskiej [19] kapusta biała odgrywa bardzo ważną rolę dietetyczną z uwagi na zawartość witaminy C ($25\text{--}50\text{ mg }100^{-1}$), potasu ($225\text{--}285\text{ mg }100^{-1}$), kwasów organicznych, glukozylanów, białka o korzystnym składzie aminokwasów oraz błonnika pokarmowego. Według badań Kusznerowicz i wsp. [14] oraz Śmiechowskiej i wsp. [7] warzywo to jest również wykorzystywane przy leczeniu stanów zapalnych i nieżytu przewodu pokarmowego, chorobach dróg oddechowych i kamicy nerkowej. Ma właściwości bakteriobójcze, a liście z kapusty stosuje się w formie okładów przy nerwobólach i oparzeniach. Zawiera olejki gorczyczne, w składzie których występuje siarka. Olejki te wpływają korzystnie na apetyt, szczególnie jest to ważne w okresie wczesnowiosennym. W wielu opracowaniach naukowych zwraca się także uwagę, że systematyczne spożywanie potraw przygotowanych na bazie kapusty białej, może być znaczącym elementem w chemioprewencji nowotworowej, szczególnie u osób zagrożonych rakiem piersi, jelita grubego i płuc [8, 14]. Wartość energetyczna kapusty nie jest wysoka gdyż 100 g świeżej masy dostarcza 124 kJ (30 kcal), to jednak wartość odżywcza jest duża. Jest bogatym źródłem związków mineralnych, tj: sodu $6\text{--}19\text{ mg }100^{-1}$, potasu $177\text{--}250\text{ mg }100^{-1}$, wapnia $17\text{--}76\text{ mg }100^{-1}$, żelaza $0,3\text{ mg }100^{-1}$ oraz magnezu $13\text{ mg }100^{-1}$. Najwartościowsza jest kapusta biała spożywana na surowo, gdyż gotowana traci dużo witamin, zwłaszcza witaminę C [4]. Według badań Szejdy-Grzybowskiej [2] dobrze zakwaszona kapusta zachowuje witaminę C od 80 do 90%.

Kapusta brukselska (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera*) zaliczana jest do warzyw o dużej wartości odżywczej i smakowej [8, 20]. Ojczyzną kapusty brukselskiej jest Belgia, gdzie uprawiano ją w okolicach Brukseli już od początku wieku (stąd pochodzi nazwa zwyczajowa rośliny – brukselka) [21].

Kapusta brukselska wywodzi się od kapusty dzikiej *Brassica oleracea* L. var. *Silvestris* L. Powstała w wyniku naturalnej mutacji i krzyżowania oraz długotrwałej hodowli. Według wielu badaczy kapusta brukselska powstała ze skrzyżowania jarmużu i kapusty głowiastej [17]. W Polsce w niektórych rejonach jest powszechnie uprawiana i spożywana, ale na ogół znajduje się raczej na dalszym miejscu wśród znanych u nas roślin warzywnych. Wśród najważniejszych składników kapusty brukselskiej należy wymienić: witaminę C, składniki mineralne i błonnik. Kapusta brukselska w stanie świeżym zawiera znaczące ilości glukozyolanów, które mogą potencjalnie oddziaływać przeciwko niektórym rodzajom raka [9]. W składzie chemicznym kapusty brukselskiej na uwagę zasługuje również wysoka zawartość białka ogółem, która w suchej masie produktu może wahać się od 20 do 31% [20]. W Polsce co najmniej 70% zbiorów tego warzywa przeznaczają się do produkcji mrozonek, zaś pozostałą ilość do bezpośredniego spożycia [21, 22]. Według badań Kowalczyka [23], kapusta brukselska należy do warzyw średnio trwałych, gdyż główki pomimo woskowego nalotu są wrażliwe na wysychanie i więdnienie. Kapusta brukselska jest także bogatym źródłem witamin i związków mineralnych. Według badań Klimczak i Irzyniec [15] pod względem zawartości witaminy C przewyższają ją tylko pietruszka naciowa, jarmuż, papryka i brokuł włoski. Przemarznięcie główek kapusty brukselskiej powoduje zmniejszenie zawartości witaminy C, zaś zwiększenie zawartości cukru, co wpływa korzystnie na smak główek [21]. Zawartość cukrów ogółem w główkach waha się od 6 do 7%. Zjedzona porcja 100 g kapusty brukselskiej dostarcza: około 1,36 mg prowitaminy A, od 0,12 do 0,28 witaminy B₁, 0,12 mg witaminy B₂, od 2,0 do 3,0 witaminy E. Główki kapusty brukselskiej zawierają także witaminę K, PP, B₃, B₆, H oraz kwas foliowy. Wśród związków mineralnych wyodrębnić można: sód, potas, magnez, mangan, miedź i cynk. Na uwagę zasługuje także wysoka zawartość fosforu (75,3 – 97, 3 mg), wapnia (25,0 – 34,0 mg) oraz żelaza (1,0 – 1,3 mg) [8, 9]. Niski udział tłuszczów i cukrów w tym warzywie powoduje, że jest produktem niskokalorycznym [1, 11, 24]. Mając na uwadze wysoką wartość biologiczną tego warzywa oraz możliwość spożycia zarówno w stanie świeżym, jak też po zamrożeniu, należy dążyć do zwiększenia arealu uprawy oraz większej popularyzacji kapusty brukselskiej w Polsce.

Kapusta pekińska (*Brassica rapa* L. subsp. *pekinensis*) wywodzi się z chińskiego ośrodka pochodzenia roślin. W Chinach była uprawiana już pod koniec III wieku, w Europie zaś od końca XIX wieku. Jest to warzywo jednoroczne, w początkowym okresie wzrostu tworzy rozłożystą rozetę li-

ściową, a następnie liście formują głowy o różnej zwężłości [8, 25]. Kapusta pekińska w Polsce w ostatnim czasie cieszy się coraz większą popularnością. Może być spożywana w każdej fazie swego wzrostu – na surowo bądź po ugotowaniu, a także kwaszona. Swoją bardzo szybko rosnącą popularność kapusta pekińska zawdzięcza wysokiej wartości odżywczej, wysokiej plenności przy jednocześnie krótkim okresie wegetacji, a także możliwości przechowywania. Według badań Kalisza i wsp. [25] oraz Krężela i Kołoty [26] kapusta pekińska zawiera około 1,3% wysokowartościowego białka, dużo cukrów (1,4–5,1%). Zdaniem Orłowskiego [8], Kuśnierewicza i wsp. [6] oraz Gębczyńskiego [20] warzywo to jest także bardzo cennym źródłem witamin, zwłaszcza witaminy C (około 80 mg%) oraz β -karotenu (0,7–1,5 mg%). W opinii Szwejdys-Grzybowskiej [2] kapusta pekińska zawiera również wapń, fosfor i żelazo. Według badań Wrzodak i Grzegorzewskiej [27] jest to roślina, którą należy zaliczyć do niskokalorycznych warzyw.

Jarmuż (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica* L.), to warzywo, którego wartości odżywcze i właściwości zdrowotne były doceniane już w starożytności. Jednak w Polsce wciąż służy bardziej do ozdabiania półmisków niż do jedzenia [28]. Według badań Langa i wsp. [3, 4, 5, 6, 7] to duży błąd, ponieważ jarmuż zapobiega wielu groźnym chorobom, takim jak nowotwory i choroby układu krążenia. Jarmuż to odmiana kapusty o długich, pomarszczonych liściach, której właściwości zdrowotne są doceniane w Skandynawii. W Polsce mało kto wie, jakie wartości odżywcze posiada jarmuż, dlatego jest traktowany bardziej jako roślina ozdobna. Tymczasem barwne liście jarmużu (w różnych odcieniach zieleni, fioletowozielone i fioletowobrązowe) są skarbnicą białka, błonnika, witamin – przede wszystkim witaminy C i K, a także soli mineralnych – zwłaszcza wapnia i potasu oraz sulforafanu. Z kapustowatych to właśnie ten gatunek zawiera najwięcej: potasu ($530 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), wapnia ($157 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), żelaza ($1,7 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), witaminy A ($892 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), β -karotenu ($5350 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), witamin: B₁ (na równi z kalafiosem: $0,11 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), PP ($1,6 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) i C ($120 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) [18, 29]. Jarmuż, podobnie jak brokuły i inne warzywa kapustne, jest skarbnicą sulforafanu – przeciwutleniacza, który ma silne działanie antynowotworowe [29]. Sulforafan może uchronić m.in. przed rakiem prostaty, płuc i jelita grubego. Jednak, aby jarmuż zachował jak najwięcej swoich przeciwnowotworowych właściwości, powinien być gotowany podobnie jak brokuły, czyli na parze przez maksimum 3–4 minuty [30]. W przeciwnym razie straci swoje prozdrowotne działanie. Poza tym jarmuż zawiera karotenoidy (β -karoten, luteinę, zeaksantynę) – przeciwutleniacze, które również hamują szkodliwe procesy oksydacyjne, a co za tym

idzie – mogą zapobiegać rozwojowi chorób nowotworowych [31]. Według badań Kalwat-Igielskiej i wsp. [32] karotenoidy dzięki dobrym właściwościom antyoksydacyjnym znalazły szerokie zastosowanie w medycynie, przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym. Zdaniem tych autorów związki charakteryzują się dużą aktywnością wobec wolnych rodników. Kolor nadawany przez karotenoidy (czyli żółty, pomarańczowy lub czerwony) w jarmużu jest maskowany chlorofilem – zielonym barwnikiem, który również ma działanie przeciwutleniające i wspomaga procesy oczyszczania organizmu – tworzy silne połączenia z częścią toksycznych związków (w tym z niektórymi substancjami rakotwórczymi), dzięki czemu mniejsza ilość szkodliwych związków dociera do tkanek organizmu. Jarmuż jest także źródłem innej antynowotworowej substancji – witaminy K, która również hamuje rozwój niektórych nowotworów, m.in. piersi, jajników, okrężnicy, pęcherzyka żółciowego, wątroby [33]. Jarmuż może uchronić też przed wrzodami żołądka i dwunastnicy. Zawarty w tym warzywie sulforafan niszczy *Helicobacter pylori* – bakterie, które przyczyniają się do rozwoju wrzodów, a także szeregu innych zaburzeń, w tym zapalenia błony śluzowej żołądka. Jarmuż zawiera duże ilości β -karotenu, z którego organizm wytwarza witaminę A – związek biorący udział w procesie widzenia – zapobiega wystąpieniu tzw. kurzej ślepoty, czyli problemów z widzeniem o zmierzchu, oraz zespołowi suchego oka. Ponadto jarmuż zawiera inne antyoksydanty, takie jak luteina i zeaksantyna, które są głównymi składnikami pigmentu siatkówki oka przed uszkodzeniem przez wolne rodniki i szkodliwym działaniem nadmiaru energii świetlnej. Walory zdrowotne jarmużu związane są głównie z rzadko spotykaną w innych warzywach ogromną zawartością związków antyoksydacyjnych. Jarmuż nie zawiera szkodliwego kwasu szczawowego, więc pod tym względem jest bardziej polecany dla dzieci, zamiast niezbyt lubianego przez nie szpinaku [8].

Kalafior (*Brassica oleracea* L. var *botrytis* L) jest najmłodszą odmianą botaniczną warzyw kapustnych pochodzącą z basenu Morza Śródziemnego, prawdopodobnie z wyspy Kreta [8]. Pierwsze wzmianki o jego uprawie pochodzą z XVI wieku. Formą wyjściową dla powstania kalafiora był przypuszczalnie brokuł [17]. W wyniku prac hodowlanych kalafior ulegał i nadal ulega modyfikacjom, stając się warzywem coraz bardziej przystosowanym do różnorodnego użytkowania [34]. W Polsce uprawia się wyłącznie kalafiora o różach białych lub kremowych, ale również pojawia się zainteresowanie kalafiorom o nieco odmiennym kształcie (piramidalno-stożkowym), jak również innym zabarwieniu róż: zielonym, żółtym czy różowo-fioletowym,

cieszącym się coraz większą popularnością – szczególnie w krajach Europy Zachodniej [8, 35]. Kalafior zaliczany jest do cenniejszych warzyw ze względu na swój skład chemiczny, a także walory smakowe i dietetyczne. Warzywo to zawiera między innymi: sód, potas, magnez, wapń, mangan, żelazo, miedź, cynk, fosfor, fluor, chlor, jod, karoteny, witaminy: C, K, B₁, B₂, B₆ oraz kwasy: nikotynowy, pantotenowy i jabłkowy [34]. Kalafior jest bogactwem składników, które wspomagają układ immunologiczny człowieka, chronią przed reumatyzmem. Zawiera także, jak większość warzyw kapustnych, sulforan, czyli składnik pobudzający enzymy walczące z rakiem. Inne składniki kalafiora mają bardzo korzystny wpływ na prawidłowe funkcjonowanie wątroby, pobudzając ją do działania. Kalafior, zarówno świeży, jak i ugotowany, zawiera wiele cennych metabolitów, których skuteczność w chemioprewencji nowotworowej została udokumentowana licznymi badaniami [36]. Dzięki obecności witamin C i E kalafior jest źródłem cennych przeciwutleniających, a ze względu na obecność polifenoli oraz związków siarkoorganicznych ma działanie przeciwmutagenne [37].

Brokuł (*Brassica oleracea* L. var *italica* Plenck) jest warzywem, którego historia uprawy nie jest dokładnie znana. Prawdopodobnie wywodzi się ze wschodniej części basenu Morza Śródziemnego. Uprawiano go już w starożytnej Grecji oraz Rzymie, gdzie znany był pod nazwą *cyma*. Nazwa brokuł wywodzi się z włoskiego *broccolo*, a ta z kolei z łacińskiego *brachium* (gałąź, ramię) [17]. Do Francji został sprowadzony z Półwyspu Apenińskiego w 1560 roku i stamtąd jego uprawa stopniowo rozpowszechniła się po całej Europie Zachodniej. Na Wyspy Brytyjskie dotarł w XVIII wieku. Jego uprawa na dużą skalę rozpoczęła się w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej dokąd został sprowadzony przez osadników włoskich [8]. Przyjmuje się, że pierwsza towarowa plantacja brokułu powstała w Brooklynie w 1920 roku. Duże obszary jego uprawy znajdują się także w Wielkiej Brytanii, Włoszech, Francji, Holandii i Niemczech [8]. Jeszcze niedawno brokuł był zaliczany do warzyw mało znanych w Polsce, mimo, że jest stosunkowo łatwy w uprawie. Brokuł stanowi bardzo dobry surowiec dla przemysłu chłodniczego, gdyż po zamrożeniu nie traci swej zielonej barwy oraz walorów smakowych [38, 39]. Brokuły zyskały aprobatę konsumentów ze względu na wysoką wartość odżywczą, w tym znaczne ilości prowitaminy A (β -karotenu), witamin B₁ oraz składników mineralnych i błonnika pokarmowego [39, 40], a także przypisywane im są właściwości antykancerogenne [41]. Brokuły są bogatym źródłem witaminy C, w świeżych warzywach zawartość tego składnika wynosi od 54 do 119,8 mg/100g ś.m. Największe

znaczenie żywieniowe mają brokuły spożywane w stanie świeżym [39, 42]. Róże brokułów są bardzo nietrwałe, w temperaturze pokojowej ich przydatność do spożycia wynosi około dwóch dni [38]. Dlatego zaleca się przechowywać je w temperaturze od 0 do 1°C i przy wilgotności względnej powietrza od 90 do 95%. Ich zaletą jest również dostępność w sprzedaży przez cały rok zarówno w formie świeżej, jak i mrożonej [38].

Kalarepa (*Brassica oleracea* var. *gongylodes* L.) początki uprawy tego warzywa nie są znane. Pierwsze opisy tej rośliny spotkano w XVI wieku, a w XVIII wieku była powszechnie uprawiana w Europie [8]. Kalarepa do niedawna była traktowana jako dodatek do zup i rosółów. Warzywo to posiada duże wartości odżywcze i smakowe. Częścią jadalną jest przerośnięta i zgrubiała łodyga, która jest źródłem witamin z grupy B, C, K oraz β -karotenu i soli mineralnych (wapnia, magnezu, żelaza i fosforu) [43]. Wystarczy jedna średnich rozmiarów kalarepa, by pokryć dzienne zapotrzebowanie dorosłego człowieka na witaminę C. Dodatkowo, zawiera luteinę niezbędną do prawidłowego funkcjonowania narządu wzroku. Dzięki zawartości cholagogi i włókien roślinnych korzystnie wpływa na układ trawienny, przyspieszając wydzielanie żółci i regulując perystaltykę jelit [44]. W opinii Jałoszyńskiego i wsp. [45] kalarepa jako warzywo zaliczana jest do grupy nieuczulających roślin, a więc nadaje się do podawania dzieciom od szóstego miesiąca życia. Warzywo to ze względu na powolny proces podnoszenia poziomu cukru we krwi i jednocześnie niską kaloryczność jest szczególnie zalecana chorym na cukrzycę, hipoglikemię i miażdżycę [45]. W opinii Bartoszek i wsp. [24] oraz Orłowskiego [8] ostatnio coraz częściej docenia się jej wartość odżywczą. Kalarepa jest wartościowszym warzywem od kapusty głowiastej białej. Zawiera dużo witaminy C (60 mg w 100 g świeżej masy) i nie ustępuje pod tym względem sokom z owoców cytrusowych. Ponadto warzywo to zawiera duże ilości wapnia i żelaza [46]. Największą wartość ma spożywana na surowo, gdyż gotowana traci dużo witaminy C [43, 47, 48, 49, 50].

Podsumowanie

Warzywa kapustne (*Brassica* L.) charakteryzują się wysoką zawartością witamin i minerałów, zawierają wiele cennych właściwości leczniczych. Posiadają wysoką wartość odżywczą, dużą aktywność przeciwutleniającą, a także wykazują działanie prozdrowotne. Z żywieniowego punktu widzenia warzywa należące do kapustowatych są postrzegane jako produkty o dużym znaczeniu w profilaktyce nowotworowej. Na szczególną uwagę zasługuje jarmuż (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica*), który charakteryzuje się wysokimi walorami odżywczymi i prozdrowotnymi, a jednocześnie jest warzywem mało popularnym w Polsce.

Literatura

- [1] Sikorska-Zimny K., Składniki prozdrowotne w warzywach kapustnych, *Nowości Warzywnicze*, 2010, T. 51, s. 51–63.
- [2] Szwejda-Grzybowska J., Antykancerogenne składniki warzyw kapustnych i ich znaczenie w profilaktyce chorób nowotworowych, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2011, 4, s. 1039–1046.
- [3] Lang A., Ward S., Michie C.A., Eating broccoli could prevent cancer, *Journal Agriculture Food Chemistry*, 2001, 49, s. 2679–2683.
- [4] Tynek M., Papiernik L., Aktywność przeciwutleniająca polifenoli zawartych w sokach z kapusty surowej i kiszonej podczas ich obróbki termicznej, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2005, XXXVII, (Supl), s. 171–175.
- [5] Sawicka B., Kotiuk E., Gorczyce jako rośliny wielofunkcyjne, *Acta Scientorum Polonorum Agricultura*, 2007, 6(2) s. 17–27.
- [6] Kusznierewicz B., Piasek A., Lewandowska J., Śmiechowska A., Bartoszek A., Właściwości przeciwnowotworowe kapusty białej, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 6(55), s. 20–34
- [7] Śmiechowska A., Bartoszek A., Namieśnik J., Przeciwrakotwórcze właściwości glukozynolanów zawartych w kapuście (*Brassica oleracea* var. capitata) oraz produktach ich rozpadu, *Postępy Higieny Medycyny Doświadczalnej*, 2008, 62, s. 125–140.
- [8] Orłowski M., *Warzywa kapustne [w]: Połowa uprawa warzyw*, Wyd. Brasika, Szczecin 2000, s. 5–75.
- [9] Hrnčičik K., Velišek J., Bioaktywne składniki roślin kapustnych – glukozynolany, *Przemysł Spożywczy*, 2001, 55(1), s. 20–21.
- [10] Keck A., Finley J.W., Cruciferous vegetables: cancer protective mechanisms of glucosinolate hydrolysis products and selenium, *Integrative Cancer Therapies*, 2004, 3(1), s. 5–12.
- [11] Cieślak E., Prozdrowotne właściwości warzyw, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2009, 539, s. 87–97.
- [12] Sosińska E., Obiedziński M.W., Badania nad bioaktywnymi glukozynolanami w wybranych odmianach warzyw krzyżowych techniką HPLC, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 5 (54), s. 129–136.
- [13] Czech A., Rusinek E., Zawartość związków przeciwutleniających w wybranych warzywach kapustnych, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2012, XIV(1), s. 59–65.
- [14] Kusznierewicz B., Bartoszek A., Wolska L., Drzewiecki J., Gorinstein S., Namieśnik J., Partial characterization of white cabbages (*Brassica oleracea* var. capitata f. alba) from different regions by glucosinolates, bioactive compounds, total antioxidant activities and proteins, *Journal Food Science and Technology*, 2008, 41, s. 1–9.
- [15] Klimczak J., Irzyniec Z., Szybkość degradacji witaminy C w kapuście brukselskiej mrożonej różnymi metodami, *Chłodnictwo*, 2001, 36(6), s. 40–42.
- [16] Wojdyła T., Właściwości prozdrowotne kiszonej kapusty, *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 2010, 5, s. 22–23.
- [17] Podbielkowski Z., *Rośliny użytkowe*, Wyd. Szk. i Ped., Warszawa 1992.
- [18] Wojdyła T., Wichrowska D., Wpływ stosowanych dodatków oraz sposobów przechowywania na jakość kapusty kiszonej, *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2014, 53(6), s. 424–426.

- [19] Gajewski M., Radzanowska J., Skład chemiczny i jakość sensoryczna kapusty głowiastej w zależności od jej odmiany i dawki azotu stosowanej w nawożeniu mineralnym, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 2(39), s. 108–120.
- [20] Gębczyński P., Zawartość wybranych składników azotowych w świeżej i mrożonej kapuście brukselskiej, *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2002, 1(1), s. 27–35.
- [21] Ślaska-Grzywna B., Wpływ obróbki termicznej na siłę cięcia główek brukselki, *Inżynieria Rolnicza*, 2006, 7(2), s. 407–413.
- [22] Babik I., Kapusta brukselka do mrożenia, *Hasło Ogrodnicze*, 2002, 3, s. 76–77.
- [23] Kowalczyk D., Wpływ jadalnej powłoki białkowo-woskowej na trwałość pozbiorną kapusty brukselskiej przechowywanej w symulowanych warunkach obrotu towarowego, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, 6 (79), s. 177–191.
- [24] Bartoszek A., Forc A., Grześkowiak J., Antioxidative properties of some vegetable products traditional for diets in Central Europe, *Polish Journal Of Food And Nutrition Sciences*, 2002, 4, s. 67–70.
- [25] Kalisz A., Wpływ zróżnicowanych dawek azotu na plonowanie i wartość odżywczą kapusty pekińskiej, *Roczniki AR w Poznaniu, Ogrodnictwo*, 2007, 41, s. 511–515.
- [26] Krężel J., Kołota E., Wpływ nawożenia azotowego na plonowanie i wartość biologiczną kapusty pekińskiej uprawianej z siewu na zbiór jesienny, *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis*, 2004, 239 (95), s. 197–200.
- [27] Wrzodak A., Grzegorzewska M., Jakość sensoryczna kapusty pekińskiej w zależności od warunków przechowywania, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2014, 4, s. 897–890.
- [28] Kosterna E., Wadas W., Jarmuż cenne warzywo jesienno-zimowe, *Hasło Ogrodnicze*, 2004, 12, s. 94–95.
- [29] Sikora E., Bodziarczyk I., Composition and antioxidant activity of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) raw and cooked, *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2012, 11(3), s. 239–248.
- [30] Lisiewska Z., Kmiecik W., Korus A., The amino acid composition of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), fresh and after culinary and technological processing, *Food Chemistry*, 2008, 108, s. 642–648.
- [31] Horbowicz M., Saniewski M., Likopen i inne karotenoidy – występowanie i wartość biologiczna [Lycopene and other carotenoids – occurrence and biological value], *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie*, 2000, 364, s. 13–18.
- [32] Kalwat-Igielska J., Gościańska J., Nowak J., Karotenoidy jako naturalne antyoksydanty, *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 2015, 69, s. 418–428.
- [33] Podsędek A., Sosnowska D., Redzyna M., Anders B., Antioxidant capacity and content of *Brassica oleracea* dietary antioxidants, *International Journal of Food Science and Technology*, 2006, 41 (Supp.), s. 49–58.
- [34] Ślaska-Grzywna B., Wpływ obróbki termicznej na siłę cięcia kalafiora, *Inżynieria Rolnicza*, 2007, 5(93), s. 397–402.
- [35] Cebula S., Kalisz A., Kunicki E., Wpływ terminu uprawy na plonowanie i jakość handlową róż kalafiora białego, zielonego i romanesco, *Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu*, 2005, 86, s. 69–76.
- [36] Kapusta-Duch J., Leszczyńska T., Barczek B., Bieżanowska-Kopeć R., Wpływ wybranych procesów technologicznych na zmiany zawartości witaminy C w kalafiorze zielonym Romanesco, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2015, 3, s. 344–349.

- [37] Loo G., Redox-sensitive mechanisms of phytochemical mediated inhibition of cancer cell proliferation, *Journal nutritional biochemistry*, 2003, 7(45), s. 64–73.
- [38] Gajewski M., *Przechowalnictwo warzyw*, Wyd. SGGW, Warszawa 2005.
- [39] Szydłowska A., Czarniecka-Skubina E., Wpływ sposobu gotowania i przechowywania po ugotowaniu na temperaturę, wydajność i jakość sensoryczną brokułów, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, 1 (46), s. 117–132.
- [40] Gębczyński P., Zmiany ilościowe wybranych składników chemicznych w procesie mrożenia i zamrażalniczego składowania głównych i bocznych róż brokuła, *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2003, 2(1), s. 31–39.
- [41] Zalewska-Korona M., Zawartość wybranych związków biologicznie aktywnych w różnych odmianach brokułów (*Brassica oleracea* var. *Italica*), *Annales UMCS, sec. AE*, 2004, 59(4), s. 2033–2038.
- [42] Vermeulen M., Klöpping-Ketelaars I.W., van den Berg R., Vaes W.H., Bioavailability and kinetics of sulforaphane in humans after consumption of cooked versus raw broccoli, *Journal Agriculture Food Chemistry*, 2008, 56, s. 10505–10509.
- [43] Nurzyńska-Wierdak R., Plon i skład chemiczny liści kalarepy w zależności od odmiany i rodzaju nawożenia azotowego, *Zesz. Nauk. AR Wrocław*, 2005, 515, s. 379–385.
- [44] Zalega J., Szostak-Węgierek D., Żywnienie w profilaktyce nowotworów. Część I. Polifenole roślinne, karotenoidy, błonnik pokarmowy, *Problemy Higieny Epidemiologii*, 2013, 94(1), s. 41–49.
- [45] Jałoszyński K., Paślawska M., Surma M., Stępień B., Suszenie kalarepy metodą mikrofalową w warunkach obniżonego ciśnienia, *Inżynieria Rolnicza*, 2013, 4(147), T. 1, s. 91–99.
- [46] Biesiada A., Effect of flat covers and plant density on yielding and quality of Kohlrabi, *Journal of Elementology*, 2008, 13(2), s. 167–173.
- [47] Nurzyńska-Wierdak R., Plon oraz skład chemiczny liści rukiety i kalarepy w zależności od nawożenia azotowo-potasowego, *Roczniki Naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie*, 2006, s. 307.
- [48] Kapusta-Duch J., Kusznierecz B., Leszczyńska T., Borczak B., Effect of cooking on the contents of GLS and their degradation products in selected *Brassica* vegetables, *Journal Funct Foods*, 2016, 23, s. 412–422.
- [49] Mansour A.A., Elshimy N.M., Shekib L.A., Sharara M. S., Effect of domestic processing methods on the chemical composition and organoleptic properties of Broccoli and Cauliflower, *American Journal of Food and Nutrition*, 2015, 3(5), s. 125–130.
- [50] Sarvan I., Verkerk R., Boekel M., Dekker M., Comparison of the degradation and leaching kinetics of glucosinolates during processing of four Brassicaceae (broccoli, red cabbage, white cabbage, Brussels sprouts), *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2014, 25, s. 58–66.

Do cytowania:

Krochmal-Marczak B., Sawicka B., Stryjecka M., Pisarek M., Bienia B., Wartość odżywcza i prozdrowotna wybranych warzyw z rodzaju kapusta (*Brassica* L.), *Herbalism*, 2017, 1(3), s. 80–91

***Galega officinalis* L. rutwica lekarska (*Fabaceae* Lindl.)
w Kotlinie Jasielsko-Krośnieńskiej**
***Galega officinalis* L. goat's rue (*Fabaceae* Lindl.)
in Jaslo-Krosno Basin**

Henryk Róžański, Dominik Wróbel

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigonia w Krośnie, Rynek 1, 38-400 Krosno,
tel. 13/43 755 00, 38-400 Krosno

Słowa kluczowe: *Galega officinalis*, rutwica lekarska, ziołolecznictwo, siedliska antropogeniczne
Keywords: *Galega officinalis*, goat's rue, phytotherapy anthropogenic habitats

Streszczenie

Rutwica lekarska występuje naturalnie m.in. na południu i południowym-wschodzie Europy. W południowej Polsce występuje głównie na stanowiskach antropogenicznych. Celem pracy było przedstawienie zróżnicowania siedliskowego na różnych stanowiskach, określenie zasobów gatunku oraz dokonanie przeglądu zastosowań fitoterapeutycznych rutwicy lekarskiej. Do poszukiwania nowych stanowisk zastosowano metodę transektową, a zróżnicowanie siedliskowe badano metodą fitosocjologiczną Braun-Blanqueta. Znalezione nowe stanowiska we wschodniej części Jasła oraz w Potoku koło Krosna mają charakter antropogeniczny i zlokalizowane są w miejscach o przekształconym podłożu. Badane płaty należą głównie do klasy *Artemisietea vulgaris*. Łączny areał rutwicy lekarskiej na zbadanych stanowiskach wynosi około 0,15 ha i może stanowić źródło do zbioru nasion i sadzonek, przeznaczonych do małopowierzchniowych upraw. Gatunek ten ma bardzo szerokie zastosowanie fitoterapeutyczne zarówno w odniesieniu do ludzi, jak i zwierząt hodowlanych.

Summary

Galega officinalis L. goat's rue (*Fabaceae* Lindl.) in Jaslo-Krosno Basin. Goat's rue naturally occurs in the south and south-east parts of Europe. In southern Poland, it occurs in anthropogenic localities mainly. The aim of the study was presentation habitat diversification on different sites, identifying resources of *Galega officinalis*, and reviewing the phytotherapeutic uses of this species. Transect method was used to looking for new localities, and habitat diversity was investigated by the Braun-Blanquet's phytosociological method. New localities were found in the eastern part of Jaslo and in Potok near Krosno (SE Poland). All new localities are anthropogenic in character and are located in places with an altered soil substrate. The studied plots belong mainly to the *Artemisietea vulgaris* class. The total area covered by *Galega officinalis* amounts to approximately 0,15 ha and can be a source of seed and seedlings for small-area crop fields. This species has very broad phytotherapeutic uses for both humans and farm animals.

Wstęp

Rutwica lekarska (Fot. 1, 2) jest gatunkiem szeroko rozpowszechnionym w krajach obszaru śródziemnomorskiego, występującym w Europie od Turcji, przez Półwysep Bałkański, Włochy, Rumunię aż po Czechy, Słowację i Niemcy na północy oraz Hiszpanię na zachodzie, poza tym także w północnej Afryce oraz na Bliskim i Środkowym wschodzie Azji [1, 2, 3]. Należy do holarktyczno-śródziemnomorsko-iranoturkańskiego elementu geograficznego, podelementu europejsko-umiarkowanego i pontyjsko-pannońskiego [4]. W Polsce rośnie w południowej części kraju [5], przy czym tylko częściowo naturalnie, m.in. w okolicy Raciborza [6], poza tym pojawia się na stanowiskach antropogenicznych, przeważnie jako roślina zawleczona [7]. Obecność tego gatunku notowano zwykle na wilgotnych przydrożach, łąkach, brzegach rowów melioracyjnych i innych nieokreślonych siedliskach antropogenicznych [6, 8]. W Dołach Jasielsko-Sanockich *Galega officinalis* L. znajdowana była na takich siedliskach [8] w okolicy Gorlic [9], Jasła [8, 10] i Warzyc [11]. Stanowiska z Gorlic i Warzyc były potwierdzane w ciągu ostatnich 30 lat [12].

Pojawianie się nowych stanowisk gatunku o południowej proveniencji może wynikać nie tylko z antropogenicznych procesów rozprzestrzeniania organizmów, ale również ze zjawisk skorelowanych z obserwowanymi zmianami klimatycznymi polegającymi na wzroście średnich temperatur rocznych w ostatnich dziesięcioleciach. W przypadku skrajnych zasięgowo stanowisk *Galega officinalis* L. rozprzestrzenianie się gatunku polega na zajmowaniu nowych obszarów oraz zwiększaniu liczebności poszczególnych populacji, a także wypełnianiu dostępnych siedlisk w ich otoczeniu. Obserwowanie tych procesów ma szczególne znaczenie nie tylko z uwagi na uwarunkowania chorologiczne rutwicy lekarskiej, ale przede wszystkim ze względów praktycznych. Gatunek ten jest cennym surowcem zielarskim i poznanie jego lokalnych zasobów jest istotne dla planowania jego ewentualnego pozyskiwania ze stanowisk spontanicznych.

Celem pracy było przedstawienie zróżnicowania siedliskowego rutwicy lekarskiej na nowych stanowiskach, określenie przybliżonego areału populacji oraz dokonanie przeglądu zastosowań fitoterapeutycznych.

Materiał i metody

Punktem wyjścia do analizy rozmieszczenia przestrzennego rutwicy lekarskiej w Kotlinie Jasielsko-Krośnieńskiej było znalezienie nowych stanowisk

(Potok, Jasło-Warzyce) podczas penetracji florystycznej terenu. Weryfikacja danych literaturowych pozwoliła na wstępne ustalenie, że stanowiska te, rozumiane jako przestrzennie wyodrębnione płaty roślinności z udziałem rutwicy lekarskiej, mogą mieć charakter ekspansywny. W trakcie dalszych badań, prowadzonych w lipcu i sierpniu 2017 roku otoczenie wymienionych lokalizacji pokryto siatką prostopadłych transektów, pozwalających na szczegółowy przegląd terenu, który w przypadku stanowiska w Warzycach ujawnił kolejne wystąpienia o zróżnicowanym charakterze siedliskowym. W płatach roślinności z udziałem *Galega officinalis* L. wykonano zdjęcia fitosocjologiczne przy zastosowaniu metody Braun-Blanqueta [13] z pomięciem towarzyskości gatunków, które zestawiono w Tab. 1. Identyfikację jednostek fitosocjologicznych przeprowadzono w oparciu o klucz Matuszkiewicza [14]. Nazewnictwo gatunków przyjęto za Mirkiem i wsp. [15].

Wyniki

Przeprowadzone badania terenowe wykazały występowanie rutwicy lekarskiej na czterech nowych stanowiskach: Jasło (przydroże obwodnicy miejskiej), Jasło–potok Warzycki, Jasło-Warzyce (nasypy ziemne, rowy, łąki, przydroża drogi w strefie przemysłowej (Fot. 3), w pobliżu zakładów Nowy Styl, nasyp kolejowy) oraz Potok (gruzowiskowy nasyp (Fot. 4), w pobliżu zachodniej granicy miasta Krosna). Łącznie, w tabeli zestawiono 13 zdjęć fitosocjologicznych (Tab. 1). Również stanowisko podawane przez Knapa [11] i Oklejewicza [12] w Warzycach udokumentowano zdjęciami fitosocjologicznymi (oznaczenie * w Tabeli 1). Wszystkie te stanowiska są ograniczone przestrzennie do zasięgu podłoża nierodzimych związanych z nasypami drogowymi i kolejowymi, wcześniejszymi pracami ziemnymi lub gruzowiskami.

Dyskusja

Udokumentowane płaty z udziałem *Galega officinalis* L. wskazują na znaczne zróżnicowanie siedlisk, zarówno pod względem wilgotności, jak i charakteru podłoża oraz sposobu użytkowania terenu. Kilka z nich jest istotnie odrębnych względem pozostałych. Są to płaty przedstawione na zdjęciach 1 i 13 w Tabeli 1. Pierwszy z nich znajduje się na powierzchni użytku zielonego, często i nisko koszonego. Rosnące tam osobniki rutwicy są małe, uszkażdane podczas koszenia, kwitną i owocują słabo. Obecność tego gatunku wynika zapewne z wcześniejszej obecności lub przechodzenia z sąsiadują-

cych zbiorowisk nitrofilnych okrajków. Również drugi z wymienionych płatów jest bardzo nietypowy. Zajmuje skłon nasypu torowiska, zdominowany przez skrzyp olbrzymi, którego duża plastyczność morfologiczna i zdolność do zajmowania siedlisk ruderalnych pozwala na rozprzestrzenianie się na podłoża bardzo silnie zmienione [16, 17]. Również pozostałe płaty mają charakter ruderalny. Najliczniejszą grupę obrazują zdjęcia 2–5 z wyraźnym udziałem *Tanacetum vulgare*, *Erigeron ramosus* i *Artemisia vulgaris*, a w zdjęciu 5. także *Arctium lappa*. Płaty te zajmują gruzowo-ziemny nasyp między drogą a torowiskiem, nieużytek porolny, przydroże, a także (zdj. 5) nierodzący nasyp na brzegu potoku Warzyckiego. Notowano tu dość licznie i obficie gatunki przechodzące z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*, występujące w otoczeniu stanowiska, istniejące tutaj wcześniej, zanim nastąpiło tak wyraźne przekształcenie podłoża. Najstarsze znane stanowisko rutwicy lekarskiej na tym terenie [11, 12] zajmuje brzegi rowu melioracyjnego oraz pobliskie przydroże (zdj. 6–8). Dominujący udział wykazują w tym miejscu *Solidago gigantea*, *Rubus caesius*, a towarzyszą im *Urtica dioica*, *Galium aparine*, *Calystegia sepium*. Najsilniej uwilgotnione miejsce zajmują płaty w dnie rowu (zdj. 7–8). Takie położenie determinuje znaczący udział *Equisetum telmateia*, *Epilobium ciliatum* i *Phalaris arundinacea*. Zdjęcia 9–10 zostały wykonane na gruzowym nasypie w Potoku. W fizjonomii płatów dominują tu nostryki: *Melilotus albus* i *M. officinalis*. Warto podkreślić, że nasyp ten powstał w miejscu dawnych łąk zmiennowilgotnych, obecnie silnie zmeliorowanych, z których jeszcze w latach 60. podawano stanowiska tak interesującego gatunku jak *Dianthus superbus*. Pozostałe dwa zdjęcia (11–12), z Potoka i z przydroża jasielskiej obwodnicy, wyróżnia obecność *Calamagrostis epigejos*, a także takich gatunków jak *Crepis biennis*, *Rubus caesius* czy *Lactuca serriola* i *Elymus repens*.

Przywiązanie, na udokumentowanych stanowiskach, rutwicy lekarskiej do podłoża przekształconych antropogenicznie, w tym do najbardziej skrajnych siedlisk ruderalnych, takich jak gruzowiska i nasypy torowisk oraz ograniczenie wyłącznie do nich swojego występowania, wskazuje na jej małą ekspansywność. Zwłaszcza, że przetrwała na stanowisku w Warzycach blisko 150 lat niemal nie rozprzestrzeniając się, a zajęła nowe miejsca dopiero wskutek zmian naturalnych i półnaturalnych siedlisk, co było konsekwencją działalności budowlanej. Wszystko to sprawia, że perspektywy wykorzystania tych stanowisk jako źródła surowca zielarskiego są bardzo ograniczone. Łączny areał *Galega officinalis* L. w opisywanych miejscach nie przekracza 15 arów. Część populacji tego gatunku, w przypadku pod-

jęcia dalszych prac budowlanych lub powiększenia istniejących gruzowisk, może ulec zniszczeniu. Wprawdzie z punktu widzenia ochrony przyrody zanik tych stanowisk mógłby zostać uznany za korzystny, gdyż mamy tu do czynienia ze stanowiskami antropogenicznymi, lecz jednocześnie jest to gatunek wartościowy zielarsko. Z tego powodu istniejące lokalizacje mogą posłużyć jako baza nasion i sadzonek do rozwijania indywidualnych przydomowych lub masowych upraw rolniczych.

Znaczenie fitoterapeutyczne

Surowcem zielarskim jest ziele rutwicy lekarskiej – *Herba Galegae*, zbierane w czasie kwitnienia (VII–VIII). Do celów homeopatycznych wykorzystywane jest ziele z owocami – *Galega officinalis e seminibus siccato*. Ziele powinno być wysuszone bez podgrzewania, z dala od bezpośrednich promieni słonecznych. Trwałość ziela wysuszonego, przechowywanego w ciemnym miejscu wynosi 3 lata. Surowiec dostępny w handlu europejskim pochodzi najczęściej z Bułgarii, Turcji, Węgier i Polski [18].

Działanie lecznicze rutwicy opisał po raz pierwszy Pietro Andrea Matthioli (1501–1577) oraz Rembertus Dodonaeus (1517–1585). Dodonaeus uporządkował nomenklaturę botaniczną rodzaju *Galega* i podkreślił działanie mlekopędne (*lactogogum*). Ziele rutwicy zawiera pochodne guanidyny (0,4–0,8%), głównie galeginę (3-metylo-2-butenylo-guanidyna) i 4-hydroksygaleginę, ponadto alkaloidy chinazolinowe (do 0,2%), np. (+)-peganinę, flawonoidy (kempferol, kwercetyna), garbniki, saponiny, sole chromu, fitosterole, alantoinę, wolne aminokwasy i peptydy. W zielu owocującym i w nasionach jest więcej pochodnych guanidyny, nawet do 2% [19]. Z dzisiejszego punktu widzenia bardziej racjonalne jest używanie ziela z owocami lub samych owoców w leczeniu cukrzycy typu 2.

Pochodne guanidyny stały się pierwowzorem stworzenia nowoczesnych leków przeciwcukrzycowych pochodnych biguanidu (metformina). Pochodne guanidyny rutwicy, podobnie jak metformina (syntetyczna), hamują wchłanianie glukozy z jelit do krwi oraz blokują glukoneogenezę w wątrobie. Zwiększają one również zużycie glukozy przez tkanki.

Rutwica była i nadal jest wykorzystywana w medycynie akademickiej i ludowej. Od XVII wieku badacze udowadniali jej działanie i zalecali przy wielu schorzeniach. Wybitnymi znawcami i prekursorami stosowania rutwicy byli między innymi: Albrecht von Haller (1708–1777), Gerhard Madaus (1890–1942), Charles Joseph Tanret (1847–1917). Opisywano częste zasto-

sowanie tej rośliny w leczeniu skąpomoczu, niedostatecznej laktacji, w chorobach gorączkowych [20, 21, 22, 23], wzmocnieniu apetytu u kobiet, a także zaburzeń gospodarki cukrowej organizmu [24, 25, 26]. Zaobserwowano również, że jej obecność w pożywieniu krów powodowała wzrost do 30% produkcji mleka. W medycynie ludowej służyła jako środek do leczenia ukąszeń węży, dżumy i gorączki [25], a także padaczki u dzieci.

Przy terapii cukrzycy rutwicę najlepiej łączyć z liściem borówki czarnej *Folium Myrtilli* i brusznicą *Folium Vaccinii*, z zieleń mniszka *Herba Taraxaci* oraz liściem pokrzywy – *Folium Urticae* [26]. Korzystne jest też łączne stosowanie z naowocnią fasoli – *Pericarpium Phaseoli* [27]. Dawkowanie: 3 razy dz. 1–2 g, np. 1–2% napar 3 razy dziennie [28], nalewka (1:5) z zieleń na alkoholu 40–60% 1–2 razy dziennie po 4–5 ml.

Podsumowanie

Rutwica lekarska jest cennym gatunkiem zielarskim o szerokim zastosowaniu w lecznictwie zarówno ludzi, jak i zwierząt. Długa historia zastosowań rutwicy oraz szeroki wachlarz schorzeń, którym może ona przeciwdziałać wskazuje, że również obecnie właściwe jest wykorzystywanie jej spontanicznych zasobów w środowisku. Jako gatunek rozszerzający swój zasięg wskutek działalności człowieka, ale również w efekcie wzrostu średnich temperatur powietrza na całej Ziemi, pojawia się ona na nowych stanowiskach, które będąc względnie stabilne, dają możliwość długotrwałej, ograniczonej eksploatacji. Łączna, niewielka powierzchnia nowych stanowisk w okolicy Jasła i Krosna nie może stanowić szerokiego zaplecza do pozyskiwania tego surowca, jednak daje szansę na zbiór nasion i sadzonek do ekstensywnej produkcji surowców zielarskich z zieleń i owoców.

Literatura

- [1] Heywood V. H., Ball P. W., *Leguminosae*, [w:] *Flora Europaea* Vol. 2, (red.) T.G. Tutin i wsp., Cambridge University Press, Cambridge 1968.
- [2] Podbielkowski Z., Sudnik-Wójcikowska B., *Słownik roślin użytkowych*, PWRiL, Warszawa 2003.
- [3] Lauber K., Wagner G., *Flora Helvetica*, Haupt Verlag, Bern-Stuttgart-Wien 2007.
- [4] Zając M., Zając A., *Elementy geograficzne rodzimej flory Polski*, Instytut Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2009.
- [5] Zając A., Zając M. (red.), *Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce*. Instytut Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2001.
- [6] Kostrakiewicz K., *Rodzina: Papilionaceae, Motylkowate*, [w:] *Flora Polska. Rośliny Naczyniowe Polski i Ziem Ościennych*. Tom VIII, (red.) W. Szafer i B. Pawłowski, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1959.

- [7] Rutkowski L., Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.
- [8] Oklejewicz K., Flora Dołów Jasielsko-Sanockich, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego. Prace Botaniczne, 1993, 26., s. 1–168.
- [9] Święs F., Zbiorowiska ruderalne i flora synantropijna miasta Gorlic, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sec. C, 1984, 40, s. 261–273.
- [10] Święs F., Pleban A., Roślinność ruderalna i flora synantropijna miasta Jasło na Pogórzu Karpackim, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sec. C, 1981, 36, s. 236–258.
- [11] Knapp A., Przyczynek do flory obwodów jasielskiego i sanockiego, Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej AU, 1869, 3, s. 74–109.
- [12] Oklejewicz K., 2013, informacja ustna.
- [13] Dzwonko Z., Przewodnik do badań fitosocjologicznych. Wydawnictwo SORUS, Poznań – Kraków 2007.
- [14] Matuszkiewicz W., Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Vademecum geobotanicum 3, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 2002.
- [15] Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zajac A., Zajac M., Flowering plants and pteridophytes of Poland – a checklist, [w:] Biodiversity of Poland 1, (red.) Z. Mirek, W. Szafer, Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków 2002.
- [16] Wróbel D., *Equisetum telmateia* Ehrh. Morphotypes related to anthropogenic habitats, Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 2003, 72(2), s. 161–165.
- [17] Wróbel D., Występowanie *Equisetum telmateia* (*Equisetaceae*) w antropogenicznych zbiorowiskach roślinnych na terenie Karpat i Dolnego Śląska, Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica, 2003, 10(29), s. 27–55.
- [18] Blaschek W., Wichtl-Teedrogen und Phytopharmaka. Ein Handbuch für die Praxis, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart 2016.
- [19] Hiller K., Melzig M.F., Lexikon der Arzneipflanzen und Drogen, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2010.
- [20] Pahlow M., Das große Buch der Heilpflanzen, Nikol Verlag, Hamburg 2015.
- [21] Ziemlinkij S.E., Liekartwiennyje rastjenia SSSR, Moskwa 1951.
- [22] Fintelmann V. i wsp., Lehrbuch Phytotherapie, Karl F. Haug Verlag Stuttgart 2017.
- [23] Kaniskow W., Lieczebnitie rastjenia na Bulgaria, Izdatielstwo Iztok-Zapad, Sofia, 2011.
- [24] Leclerc H., Precis de Phytotherapie, Masson et Cie Editeurs Libraires de L'Academie de Medecine, Paris 1954.
- [25] Dragendorff G., Die Heilpflanzen der Verschiedenen Völker und Zaiten ihre Anwendung, Wesentlichen Bestandtheile und Geschichte, Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart 1898.
- [26] Madaus G., Lehrbuch der biologischen Heilmittel, Mediamed Verlag, Ravensburg 1989.
- [27] Podlewski J.K., Chwalibogowska-Podlowska A., Leki współczesnej terapii T. 2. Medical Tribune Polska, Warszawa 2010.
- [28] Bäuml S., Heilpflanzen Parxis Heute, Urban&Fischer, München 2007.

Galega officinalis L. rutwica lekarska (*Fabaceae* Lindl.)...

Tab. 1. Fitocoenozy z udziałem *Galega officinalis* w Kotlinie Jasielsko-Krośnienskiej.

Tab. 1. Phytocoenoses with *Galega officinalis* participation in the Jasło-Krosno Basin.

Nr kolejny zdjęcia (Successive)	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Miejsce (Locality)	Jasło (Warzyce)	Jasło (Warzyce)	Jasło (Warzyce)	Jasło (Warzyce)	Jasło (potok Warzycki, Warzycki stream)	Jasło (Warzyce)	Jasło* (Warzyce)	Jasło* (Warzyce)	Potok	Potok	Jasło (obwodnica, peripheral road)	Potok	Jasło (Warzyce)
Data (Date)	06.07.17.	06.07.17.	06.07.17.	06.07.17.	05.08.2017.	06.07.17.	12.07.17.	12.07.17.	13.07.17.	13.07.17.	23.07.17.	13.07.17.	12.07.17.
Powierzchnia (Area) [m ²]	1,0	1,0	1,0	2,0	5,0	5,0	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0
Ekspozycja (Exposition)	-	E	-	NE	S	N	-	E	E	S	-	N	N
Nachylenie (Slope) [°]	-	5	-	15	30	10	-	10	10	5	-	10	15
Pokrycie warstwy zielonej (Cover of herb layer) [%]	90	80	75	70	100	85	85	100	50	50	90	100	95
Liczba gatunków	17	19	20	22	28	15	19	14	16	19	17	23	6
Ch. Cl. Molinio-Arrhenatheretea													
<i>Arrhenatherum elatius</i>	3	.	1	+	+	2	+	.	+	.	1	+	.
<i>Trifolium repens</i>	2	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.
<i>Leontodon hispidus</i>	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vicia cracca</i>	1	.	.	.	+	.	+	.	.	+	.	1	.
<i>Trifolium pratense</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Daucus carota</i>	1	2	1	+	+	+	.	.	1	+	.	+	.
<i>Lolium perenne</i>	+	2	1	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Achillea millefolium</i>	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Crepis biennis</i>	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	2	1	.
<i>Geranium pratense</i>	+	.	+	.	1	+	.	.	.	.	1	.	.
<i>Centauria jacea</i>	+	+	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Plantago maior</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Prunella vulgaris</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Elymus repens</i>	.	1	2	+	+	.	+	.	+	.	+	2	.
<i>Rumex crispus</i>	.	+	+	+	.	.	.	.	1	.	+	.	.
<i>Equisetum palustre</i>	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	.	+	.
<i>Phleum pratense</i>	.	+	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lythrum salicaria</i>	.	.	.	.	1	.	+	1	.	.	.	.	.
<i>Heracleum sphondylium</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	+	.
<i>Valeriana officinalis</i>	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.	.
<i>Plantago lanceolata</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Lysimachia vulgaris</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Trifolium hybridum</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ch. Cl. Artemisietae vulgaris													
<i>Tanacetum vulgare</i>	.	3	2	2	2	1	.	.	+	.	.	1	.
<i>Erigeron ramosus</i>	.	1	1	2	1	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Artemisia vulgaris</i>	.	1	+	1	2	.	.	.	+	.	.	1	.
<i>Arctium tomentosum</i>	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Solidago gigantea</i>	+	1	+	1	1	3	3	2	.	.	.	1	+
<i>Rubus caesius</i>	.	+	.	1	1	1	1	3	+	+	2	1	2
<i>Cabstegia septium</i>	.	.	.	+	+	+	+	1	+	.	+	1	.
<i>Galium aparine</i>	.	.	.	.	+	+	+	1	.	.	+	+	.
<i>Urtica dioica</i>	.	.	+	+	+	.	+	2	+	.	+	+	.
<i>Melilotus albus</i>	.	+	+	+	1	+	+	.	3	2	+	1	.
<i>Melilotus officinalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	.	1	.
<i>Cirsium arvense</i>	.	.	.	+	1	+	.	.	.	.	+	.	.
<i>Lapsana communis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Cichorium intybus</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Arctium lappa</i>	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dipsacus sylvestris</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Melandrium album</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fallopia dumetorum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Geranium robertianum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Inne (Others):													
<i>Galega officinalis</i>	1	2	3	3	1	2	2	1	1	1	2	3	1
<i>Calamagrostis epigejos</i>	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	3	2	.
<i>Equisetum arvense</i>	+	+	+	+	+	+	.	.	+	+	+	+	.
<i>Lactuca serriola</i>	.	+	.	+	.	.	.	.	+	1	.	2	+
<i>Convolvulus arvensis</i>	+	+	.	.	+	.	.	.	.	+	+	+	.
<i>Equisetum telmateia</i>	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	5
<i>Epilobium ciliatum</i>	.	.	.	.	+	.	2	1	.	.	.	.	.
<i>Phalaris arundinacea</i>	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.	.
<i>Matricaria maritima</i> ssp. <i>inodora</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Symphytum officinale</i>	.	.	.	.	+	1	+	.	.	.	.	.	+
<i>Glyceria plicata</i>	.	.	.	.	1	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Hypericum perforatum</i>	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Medicago lupulina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Iris pseudacorus</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Agrostis capillaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.



Fot. 1. Kwitnąca rutwica lekarska
Fig. 1. Flowering goat's rue



Fot. 2. Owocująca rutwica lekarska
Fig. 2. Fruit-bearing goat's rue



Fot. 3. Rutwica lekarska na gruntowym
przydrożu w Jaśle
Fig. 3. Goat's rue growing on ground
roadside
in Jasło



Fot. 4. Rutwica lekarska na gruzowym nasypie
w Potoku koło Krosna
Fig. 4. Goat's rue growing on gravel
embankment in Potok near Krosno

Do cytowania:

Różański H., Wróbel D., *Galega officinalis* L. rutwica lekarska (*Fabaceae* Lindl.) w Kotlinie Jasielsko-Krośnieńskiej, *Herbalism*, 2017, 1(3), s. 93–101

Właściwości prozdrowotne lnu (*Linum usitatissimum* L.)

Properties pro-health Flax (*Linum usitatissimum* L.)

Elżbieta Rymar

Poradnia Dietetyczna „Vita Styl” Krosno, ul. Lewakowskiego 27b, 38-400 Krosno, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Zakład Fizjologii i Biotechnologii Roślin, ul. Zelwerowicza, 35-601 Rzeszów, e-mail: e.rymar@interia.pl

Słowa kluczowe: len zwyczajny, nasiona lnu, olej lniany, cholesterol

Keywords: flax, flax seeds, flaxseed oil, cholesterol

Streszczenie

Len jest rośliną roczną uprawianą w klimacie umiarkowanym. Najczęściej uprawianym gatunkiem jest len zwyczajny *Linum usitatissimum* L. Roślina ta jest surowcem do produkcji sznurów, przędzy, zaś nasiona lnu coraz częściej mają zastosowanie w kosmetologii i lecznictwie. Nasiona lnu zawierają wiele cennych substancji, ważnych dla zdrowia ludzi i zwierząt. Tłoczony na zimno olej lniany posiada cenne walory dietetyczne i prozdrowotne. Zawarte w oleju lnianym kwasy tłuszczowe mają zdolność redukcji stężenia triacylogliceroli w osoczu krwi, normalizują ciśnienie krwi, działają przeciwzakrzepowo, hamują rozwój choroby niedokrwiennej serca. Wykazują działanie przeciwnowotworowe oraz poprawiają stan skóry i włosów. Opatrunki z lnu genetycznie zmodyfikowanego działają jak naturalny antybiotyk. W pracy zostały przedstawione wyniki zastosowania oleju lnianego tłoczonego na zimno i nasion lnu w żywieniu ludzi z podwyższonym poziomem cholesterolu we krwi. Wyniki badań wskazują, że stosowanie w codziennej diecie nasion lnu i oleju lnianego tłoczonego na zimno może wspomóc i znacznie przyspieszyć proces obniżania cholesterolu w organizmie człowieka, co może mieć wpływ na polepszenie kondycji fizycznej i lepsze samopoczucie.

Summary

Flax is a short-lived plant grown in temperate climates. The most common species is *Linum usitatissimum*. Linen is the raw material for the production of ropes and yarns, and today it is increasingly used in cosmetology and medicine. Flax seeds contain many valuable substances, important for human and animal health. Cold pressed linseed oil has valuable nutritional and health benefits. Flaxseed fatty acids contained in linseed oil have the ability to reduce plasma triacylglycerol levels, normalize blood pressure, act against the thrombosis, inhibit the development of coronary heart disease. They show anti-cancer effect and improve the condition of the skin and hair. Flaxseed dressings act as natural antibiotics. This article presents the results of the observation of the use of cold pressed linseed oil and flax seeds in human diets with elevated blood cholesterol. It can be inferred that the daily use of flax seed and cold-pressed linseed oil can help and significantly speed up the process of lowering cholesterol in the human body, which is associated with marked improvement in physical condition and well-being.

Wstęp

Len (*Linum* L.), zwany też siewnym lub uprawnym, jest diploidem ($2n=30$) i zarazem jedynym gatunkiem – spośród 300 należących do rodziny lnowatych (*Linaceae*). Honermeier i Öllein [1] podają, że wiodący w tej rodzinie pod względem taksonów rodzaj *Linum* L. obejmuje około 200 gatunków. Hanelt [2] podzielił len zwyczajny *Linum usitatissimum* ssp. *usitatissimum* na więcej niż kilka grup odmian botanicznych, spośród których istotne znaczenie uprawowe mają: *convar. crepitans*, *usitatissimum imediterraneum*. *Convar. crepitans* to len skoczeń, stara i prymitywna forma jara, o zaledwie 40-dniowym okresie wegetacji, której torebki po dojrzeniu pękają. Len skoczeń powoli zanika w uprawie, ponieważ dostarcza olej i włókno o niskiej jakości. Występuje obecnie w Portugalii i Hiszpanii oraz Austrii i Rosji jako reliktowa roślina uprawna. *Convar. usitatissimum* L. to len włóknisty o długiej łodydze i zamkniętych torebkach. Ma duże wymagania wodne i dobrze rozwija w klimacie umiarkowanym, występuje w Europie, Azji, obu Amerykach i Australii. Z *convar. mediterraneum* wywodzą się formy grubonasienne o krótkiej łodydze, które najlepiej rozwijają się w klimacie ciepłym i suchym, dostarczając nasiona i olej. Uprawia się także len przejściowy jako formę pośrednią pomiędzy lmem włóknistym i oleistym.

W Polsce największe znaczenie gospodarcze ma len zwyczajny (*Linum usitatissimum* L.) [3]. Len zwyczajny uprawiany jest w zależności od warunków klimatycznych w dwóch formach użytkowych: oleistej (*Linum usitatissimum* L. var. *brevimulticaulis* Vav.) oraz włóknistej (*Linum usitatissimum* L. var. *elongatum* Vav.) – uprawianej w chłodniejszych rejonach świata [4, 5]. Gatunek ten plonuje najlepiej w rejonach wilgotnych z roczną ilością opadów co najmniej 600–650 mm, a w okresie wegetacji od 110 do 150 mm. Według badań Hellera [6] gatunek ten pochodzi z rejonu Morza Śródziemnego, zaś niektóre źródła podają, że jego ojczyzną są rejony Europy i Azji. Uprawę i wykorzystywanie lnu jako surowca włókienniczego oraz spożywczego znano już w najstarszych cywilizacjach: Egipcie oraz Grecji. Len pochodzi z regionu rozciągającego się od wschodniej części Morza Śródziemnego do Indii. W Europie znany był już od wieków. Obecnie uprawiany jest w ponad pięćdziesięciu krajach [7].

W opinii Popis i wsp. [3] od ponad 10 000 lat uprawiano go w Egipcie, Chinach oraz Indiach. Len należy do roślin o wysokich wymaganiach glebowych. Aby zapewnić optymalne warunki plonowania, roślina ta powinna być uprawiana na glebach żyznych o wysokiej kulturze, średnio związłych, próchnicznych glinkach piaszczystych, niezaskorupiających się, o uregulowanych

Właściwości prozdrowotne lnu (*Linum usitatissimum* L.)

stosunkach wodnych, klasie bonitacyjnej II i IIIa, czasem klasie IVa. Oprócz gleb żyznych o wysokiej kulturze, len uprawiać można na przyoranych ugorach, pastwiskach i wieloletnich łąkach [8]. W opinii Hałubowicz-Klizzy [3] len powinien być uprawiany na glebach głębokich o luźnej strukturze gruzełkowatej, umożliwiającej łatwy dostęp powietrza do korzeni i mikroflory glebowej, jak również odpływu nadmiaru wody. Gleba do uprawy tego gatunku powinna mieć bogaty kompleks sorpcyjny, umożliwiający pochłanianie i zatrzymywanie wody wraz z zawartymi w niej składnikami pokarmowymi, co może zapewnić oszczędne gospodarowanie wodą w całym okresie wegetacji. Gleba do uprawy lnu powinna charakteryzować się odczynem zbliżonym do obojętnego (pH od 6,5 do 6,9). Zdaniem Hellera [6] rośliny tej nie powinno się uprawiać na glebach zwięzłych, glinach i ilach. Gleby te są glebami zimnymi, łatwo zlewającymi się i zaskorupiającymi. Gleby zbyt kwaśne posiadają strukturę gruzełkową, są zlewne, sprzyjają występowaniu chorób, szczególnie fuzariozy i zgorzeli naczyniowej [6]. Duże znaczenie w celu pozyskania dobrego oleju oraz nasion ma zbiór lnu zwyczajnego. Według badań Zająca i wsp. [9] powinien rozpocząć się, gdy nasiona są już dobrze wykształcone, ale nie są jeszcze całkowicie brązowe.

Produkcja oleju lnianego na świecie

W 2011 roku na świecie wyprodukowano około 564,8 tys. ton oleju lnianego, z czego 26,0% w Chinach, 19,1% w Belgii, 16,7% w USA, 8,1% w Niemczech i 7,4% w Etiopii [3]. Udział Unii Europejskiej w globalnej produkcji oleju lnianego wynosi około 33% (191,6 tys. ton). W latach 2009–2013 zaobserwowano tendencję wzrostową produkcji oleju lnianego na świecie. Sytuacja taka została zaobserwowana również w Unii Europejskiej [10]. Wynika to prawdopodobnie ze wzrostu zainteresowania konsumentów i postrzegania oleju lnianego jako jednego z najbardziej wartościowych olejów roślinnych [11, 12]. Światowa produkcja siemienia lnianego od kilku lat ma tendencję wzrostową, ale len nadal ma niewielki udział w światowych zbiorach nasion oleistych. Według danych FAO – w 2013 roku wyniosła 2,3 mln ton i stanowiła zaledwie 1,14% całej światowej produkcji nasion oleistych. Zdaniem Zająca i wsp. [9] głównym producentem lnu oleistego jest Kanada, w której gatunek ten jest szóstą pod względem gospodarczego znaczenia rośliną uprawną, a roczna powierzchnia uprawy wynosi 600–800 tys. hektarów. Kolejne miejsca zajmują Chiny (17,3%) z produkcją wynoszącą około 398 tys. ton. Zarówno Chiny, jak i Kanada już od ponad dekady znajdują się

w czołówce światowych producentów siemienia lnianego. Kanadę uważa się za lidera w eksporcie lnu do Europy, jednakże w 2009 roku pozycja ta została zachwiana, wynikało to z wykrycia w Unii Europejskiej genetycznie modyfikowanego lnu, który był eksportowany z tego kraju. Wydarzenie to spowodowało natychmiastowy spadek importu lnu kanadyjskiego o 51% i w roku 2011 eksport do Unii Europejskiej osiągnął poziom 18,3% [13]. W skali światowej Polska produkcja lnu jest niewielka, w 2013 roku wyniosła zaledwie 0,1% światowych zbiorów [10]. Wzrost w ostatnich latach arealu uprawy i produkcji siemienia lnianego jest spowodowany możliwością uzyskania dotacji unijnych oraz coraz większym zainteresowaniem konsumentów żywnością naturalną i funkcjonalną.

Znaczenie gospodarcze

Len uprawny (*Linum usitatissimum* L.) znalazł zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, między innymi w przemyśle farmaceutycznym, chemicznym, tekstylnym, paszowym, papierniczym oraz spożywczym. Ze względu na jego właściwości szybko schnące wykorzystywany jest do produkcji farb, lakierów i tuszy drukarskich [14]. W ostatnich latach prowadzone są intensywne badania nad wykorzystaniem oleju lnianego jako surowca do produkcji biodiesla. Olej stosowany do produkcji biodiesla wydobywany jest z nasion metodą tłoczenia na zimno [15]. Pomimo wielokierunkowego wykorzystania lnu w różnych gałęziach przemysłu nie można pominąć faktu, iż nasiona tej rośliny są jadalne i w całości (wraz z okrywą) używane w przemyśle piekarskim jako dodatek do pieczywa, ciastek i płatków śniadaniowych [16]. Nasiona lnu, zwane zwyczajowo siemieniem lnianym, zawierają około 40% tłuszczu, 30% błonnika (20%–40% frakcji rozpuszczalnej) i 20% białka. Są one jednym z najbogatszych źródeł kwasu α -linolenowego (C18:3) wśród wszystkich roślin oleistych [7, 16]. Całe nasiona, wyciągi lniane i śruta poekstrakcyjna wykorzystywana jest jako pokarm i pasza, ponieważ są szczególnie zasobne we włókno, śluzę i lignany oraz związki fenolowe. Skład chemiczny nasion lnu może się znacząco różnić w zależności od gatunku oraz warunków uprawy. Olej lniany można uzyskiwać poprzez tłoczenie lub ekstrahowanie nasion lnu odpowiednimi rozpuszczalnikami. Olej produkowany na cele spożywcze najczęściej otrzymywany jest techniką tłoczenia na zimno. Uzyskany w ten sposób olej charakteryzuje się atrakcyjnymi dla konsumenta walorami sensorycznymi – przyjemnym zapachem oraz lekko orzechowym smakiem, barwą od ciemnożółtej po brą-

zową lub ciemnobursztynową [16, 17]. Olej lniany jest doceniany przez konsumentów i polecany przez dietetyków ze względu na skład kwasów tłuszczowych – duże ilości (ponad 90%) nienasyconych kwasów tłuszczowych. Według badań Reguły-Sardat i wsp. [18] ostatnio uzyskane estry etylowe oleju lnianego wyprodukowane z oleju wyłoczonego na zimno, mogą być użyte do suplementacji różnych produktów żywnościowych, mających duże znaczenie w profilaktyce chorób dietozależnych u ludzi.

Znaczenie prozdrowotne nasion i oleju

Nasiona lnu i olej lniany tłoczony na zimno coraz częściej znajdują zastosowanie w dietetyce. Są one bardzo dobrym źródłem (jednym z najcenniejszych) kwasu alfa-linolenowego (C 18:3) [7, 16], dlatego używa się ich do obniżania poziomu cholesterolu w organizmie człowieka. Według badań Marciniak-Łukasik [19], zawarte w oleju lnianym kwasy tłuszczowe mają zdolność redukowania stężenia triacylogliceroli we krwi i normalizowania ciśnienia krwi. Nasiona lnu wykorzystuje się także w piekarnictwie do produkcji pieczywa, ciastek i płatków śniadaniowych [16]. Stanowią one również wartościowy surowiec do produkcji pasz dla zwierząt. Olej lniany pozyskiwany metodą tłoczenia na zimno jest coraz częściej stosowany do produkcji biopaliw [15]. Według badań Popis i wsp.[3] oraz Zająca i wsp. [9] skład chemiczny nasion lnu może być zróżnicowany w zależności od gatunku i warunków uprawy. Olej lniany uzyskuje się w procesie tłoczenia lub ekstrahowania nasion z zastosowaniem rozpuszczalników. Do celów spożywczych najczęściej jest pozyskiwany metodą tłoczenia na zimno. Tłoczony na zimno olej lniany posiada cenne walory dietetyczne i prozdrowotne. W jego skład wchodzi ponad 90% nienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym kwas omega 3, niezbędny nienasycony kwas tłuszczowy (NNKT) α -linolenowy (C18:3), szczególnie cenny dla organizmu ludzkiego [11, 12]. Badania Achremowicza i Szary-Sworst [20] oraz Marciniak-Łukasik [19] potwierdzają, że zawarte w oleju lnianym kwasy tłuszczowe mają zdolność redukowania stężenia triacylogliceroli w osoczu krwi, normalizowania ciśnienia krwi, działają przeciwzakrzepowo, a także hamują rozwój choroby niedokrwiennej serca. Wykazują działanie przeciwnowotworowe oraz poprawiają stan skóry i włosów [21, 22, 23]. Olej lniany znajduje coraz częstsze zastosowanie w żywieniu człowieka. Jest coraz częściej polecany przez dietetyków i doceniany przez konsumentów.

Tabela 1. Średnia procentowa zawartość kwasów tłuszczowych w wybranych olejach roślinnych
Table 1. Mean content of fatty acids in selected vegetable oils

Rodzaj oleju Oil type	Kwasy tłuszczowe Fatty acids [%]			
	nasycone saturated	jedno nienasycone monounsaturated	linolowy omega 6 linoleic omega 6	alfa-linolenowy omega 3 alpha linolenic omega 3
lniany flax	9	18	16	57
rzepakowy rape	7	61	21	11
z orzechów włoskich with walnuts	9	19	60	12
sojowy soybean	15	23	45	17
oliwa z oliwek olive oil	15	75	9	1
słonecznikowy sunflower	12	16	71	1
kukurydziany corn	29	13	57	1
palmowy kernels	51	39	10	0

Źródło: [Morris 2001] [24]

Olej lniany w porównaniu z olejem: rzepakowym, z orzechów włoskich, sojowym, oliwy z oliwek, słonecznikowym, kukurydzianym i palmowym, charakteryzuje się najwyższą zawartością kwasu α -linolenowego omega 6. Kwas α -linolenowy ma bardzo korzystny wpływ na organizm człowieka [11, 12].

Len znalazł także zastosowanie w medycynie w leczeniu ran i wszelkich owrzodzeń. Według badań Bitiuckiej i Sierżantowicz [25] oraz Skórkowskiej-Telichowskiej i wsp. [26], 12-tygodniowe badania z użyciem opatrunków z zawartością lnu wykazały zmniejszenie rozmiarów ran w 80% przypadków w grupie 30 pacjentów z przewlekłym owrzodzeniem żylnym, zmniejszenie wysięku u 67% badanych oraz zminimalizowanie bólu wśród 96% badanych. Stwierdzono również, że opatrunki te zastosowane na rany przewlekłe wpłynęły na zmniejszenie zmian owrzodzeniowych u pacjentki ze stopą cukrzycową po 12-tygodniowej terapii [27].

Naukowcy z Uniwersytetu Wrocławskiego po 10 latach badań uzyskali zmodyfikowany genetycznie len, którego włókno posłużyło do wykonania specjalnych opatrunków, do opatrywania ran i owrzodzeń [28]. Opracowane opatrunki z lnu genetycznie zmodyfikowanego działają jak naturalny antybiotyk i są używane w poszczególnych fazach gojenia się ran. W fazie

Właściwości prozdrowotne lnu (*Linum usitatissimum* L.)

wysiękowej, dzięki swojej optymalnej wilgotności i dużej higroskopijności opatrunki są w stanie wchłonąć wysięk, co zmniejsza możliwość pojawienia się infekcji i wtórnego zakażenia. Duże stężenie zawartych w nich antyoksydantów powoduje, że działają przeciwzapalnie. W fazie ziarninowania, składniki lnu pobudzają proces wzrastania na dnie rany naczyń krwionośnych. Zawarte w opatrunku nienasycone kwasy tłuszczowe powodują wzmocnienie i zabezpieczenie młodej tkanki przed wysychaniem i chronią gojącą się ranę przed mechanicznym podrażnieniem lub infekcją. W fazie tzw. naskórkowania opatrunki lniane, dzięki utrzymaniu odpowiedniego poziomu wilgoci, ułatwiają narastanie nabłonka i w ten sposób także chronią tkankę przed uszkodzeniem. Dodatkowo osłaniają ranę przed szkodliwymi czynnikami środowiska zewnętrznego, co jest bardzo istotne ze względu na skłonność do zakażeń i osłabioną odporność ran trudno gojących się. Prowadzone przez Szopę-Skórkowskiego [28] badania wykazały, że modyfikowany len zawiera kanabinoidy [27]. Są to od dawna znane substancje uśmierzające ból, które pozwalają pacjentom, nawet w trakcie leczenia, odstawić stosowane leki przeciwbólowe. Nie tylko opatrunki lniane zawierają cenne antyoksydanty. Olej lniany jest także źródłem antyoksydantów, które mają znaczenie ochronne w poszczególnych typach i stadiach rozwoju chorób nowotworowych (np. raka prostaty), jak również w cukrzycy typu I i II. Olej lniany, zwłaszcza nie oczyszczony, zawiera bezpieczny kanabinoid (kanabidiol) o właściwościach przeciwzapalnych i przeciwbólowych [29]. Stosując olej lniany dla poprawy gojenia ran, należy nanieść go za pomocą sterylnej strzykawki na namoczony jałowym roztworem soli fizjologicznej opatrunek lniany i stroną z ekstraktem opatrunek przyłożyć do rany. Następnie nałożyć 4–6 warstw gazy nasączonej jałową solą fizjologiczną i całość umocować bandażem. Po 24 godzinach opatrunek zmienić na świeży, a procedurę powtarzać przez 4 tygodnie. Ponieważ olej lniany zawiera w około 80% nienasycone kwasy tłuszczowe, jest cennym produktem dającym wiele możliwości wykorzystania. Wykorzystuje się go między innymi do produkcji „Oilżelu”, który zawiera olej z lnu modyfikowanego genetycznie bogaty w wielonienasycone kwasy tłuszczowe, a także związki przeciwutleniające (antyoksydanty), które łatwo rozpuszczają się w tłuszczach. Oilżel zawiera w swoim składzie: nienasycone kwasy tłuszczowe – (80,9 mg/g) tokoferole – (250,65 µg/g), plastochromanol-8 – (39,5 µg/g), związki fenolowe ogółem – (3,8 µg/g). Oilżel stosuje się w preparatach kosmetycznych i dermatologicznych jako substancję o działaniu regenerującym błony biologiczne. Należy przechowywać preparat w temperaturze 3–8°C. Nie zaobserwowano niepożądanych działań opatrunków lnianych.

Olej lniany oraz nasiona lnu stosuje się z powodzeniem w kosmetyce do produkcji emulsji, żelów, kremów upiększających, łagodzących podrażnienia skóry. Ciekawe zastosowanie ziarna lnu znalazły w kosmetyce do produkcji naturalnego peelingu do ciała. Grubo rozdrobnione ziarna lnu, w połączeniu ze zmielonymi ziarnami kawy naturalnej, bardzo dobrze złuszcza naskórek, a także ujędrniają i napinają zmęczoną skórę, dając długotrwały efekt odświeżenia i jędrnienia naskórka. Czynne składniki ziaren lnu odżywiają skórę: nienasycone kwasy tłuszczowe wspomagają procesy gojenia stanów zapalnych skóry, wywoływane przez różne niekorzystne czynniki środowiskowe na jakie jest narażona [27, 30].

Materiał i metody

W niniejszej pracy został przedstawiony przypadek mężczyzny będącego pod opieką Poradni Dietetycznej. Mężczyzna 44 lata, pracownik umysłowy. Zdiagnozowano u niego nadciśnienie tętnicze, rozkurczową niewydolność serca oraz hipertriglicydemię. Pacjent cierpiał na otyłość. Przy wzroście 187cm ważył 149,1kg. Obwód pasa wynosił 133 cm. Czuł się ogólnie źle – często się męczył. Nie mógł wykonywać sprawnie wszystkich codziennych czynności, miał trudności z ubieraniem się i zawiązywaniem obuwia. Wskaźnik BMI był znacznie podwyższony i wynosił 42,6. Po przeprowadzonym wywiadzie z pacjentem w Poradni Dietetycznej, okazało się, że od dwóch miesięcy nie spożywał on produktów smażonych i tłustych. Pomimo tego, poziom cholesterolu nadal pozostawał wysoki i wynosił 231 mg/dl. Zalecona została mu dieta niskokaloryczna (ograniczenie o 500 kcal dziennie), z podażą białka w normie fizjologicznej, tj. 1g/1kg należnej masy ciała, niskotłuszczowa z podażą tłuszczu do 50g/dobę [31]. Dodatkowo, oprócz tłuszczu obliczonego w zaleceniach, do diety pacjenta włączony został także nieoczyszczony olej lniany. Olej ten został zalecony do spożycia w ilości 3 łyżki stołowe dziennie. Zalecono także, aby pacjent dodawał olej do potraw na zimno. Nie wolno go smażyć, piec czy w inny sposób mocno podgrzewać. Pacjentowi zalecono również spożywanie pasty dr Budwig w ilości 3 łyżki dziennie. Porcja takiej pasty zawierała 1 łyżkę oleju lnianego nieoczyszczonego. Po 3 miesiącach stosowania oleju lnianego w takich postaciach, poziom cholesterolu w wynikach badań krwi pacjenta znacznie się obniżył i wynosił 217 mg/dl. Zmniejszyła się także otyłość oraz waga pacjenta o 16,6 kg. Pacjent czuł się o wiele lepiej. Obwód pasa po upływie 3 miesięcy zmniejszył się o 15 cm i wynosił 118 cm. Mężczyzna w wywia-

Właściwości prozdrowotne lnu (*Linum usitatissimum* L.)

dzie stwierdził, że mniej się męczy, czuje się bardziej wypoczęty oraz, że ma więcej sił witalnych. Nadmienił również, że w pracy o wiele sprawniej wykonuje wszystkie czynności, a także bez większego wysiłku zakłada i wiązuje obuwie.

Wnioski

Zaobserwowany przypadek osoby z podwyższonym poziomem cholesterolu wskazuje, że wzbogacenie codziennego jadłospisu o produkty z lnu, takie jak olej lniany i nasiona lnu mogą powodować szybszy powrót do zdrowia i poprawę ogólnej kondycji organizmu chorego. W badaniach naukowych istnieje wiele doniesień o pozytywnym wpływie produktów z lnu na organizm ludzki. Obserwowany w studium przypadku wpływ pozytywnych oddziaływań lnu, szczególnie oleju i siemienia lnianego na układ krwionośny, pokarmowy i nerwowy potwierdza, że dzięki błonnikowi zawartemu w nasionach lnu poprawia się perystaltyka jelit, a co za tym idzie, funkcjonowanie całego układu pokarmowego (obserwacje własne na podstawie pracy z pacjentami). Kwasy tłuszczowe zawarte w oleju lnianym tłoczonym na zimno wspomagają w znaczącym stopniu obniżanie poziomu cholesterolu we krwi oraz wpływają pozytywnie na obniżenie nadciśnienia tętniczego. Obecnie olej lniany i nasiona lnu wprowadza się do diety w różnej formie: jako dodatek do sałatek, surówek, do past serowych oraz koktajli. Olej lniany, do niedawna prawie zapomniany i rzadko stosowany w codziennej diecie, wykorzystywany najczęściej w przemyśle, znów zaczyna wzbudzać zainteresowanie swoimi niezwykłymi właściwościami prozdrowotnymi. Można wnioskować, że jego stosowanie w codziennej diecie może wspomóc i znacznie przyspieszyć proces obniżania cholesterolu w organizmie człowieka, a to wiąże się ze znacznym polepszeniem kondycji fizycznej oraz samopoczucia. Ten i podobne przypadki wymagają jednak dalszych badań, opisujących zastosowanie nie tylko oleju lnianego, ale również jego nasion w diecie człowieka. Pozwoli to na dokładniejsze określenie, w jakim stopniu sama zmiana diety przyczynia się do poprawy kondycji pacjenta, a w jakim stopniu jest to zasługa wprowadzonych do jego codziennego jadłospisu produktów z nasion lnu.

Literatura

- [1] Honermeier B., Öllein., [w:] Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen, K.-U. Heyland, H. Hanus, E.R. Keller (red.), Eugen Ulmer Verlag, Handbuch des Pflanzenbaues, 2006, 4, s. 254–261.

- [2] Hanelt P., Mansfeld encyclopedia of agricultural and horticultural crops., 1–6. Springer, Berlin, s. 121.
- [3] Popis E., Ratusz K., Przybysz M., Krygier K., Konarska M., Sakowska A., Światowa oraz polska produkcja lnu oleistego i oleju lnianego, Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego, 2015, 15(30), 2, s. 106–116.
- [4] Kozłowski R., Poradnik plantatora lnu włóknistego, Instytut Włókien Naturalnych, Poznań 2006, s. 34.
- [5] Zając T., Oleksy A., Kulig B., Klimek A., Uwarunkowania plonowania formy oleistej lnu zwyczajnego (*Linum ussitatissimum* L.) oraz jej znaczenie żywieniowe i lecznicze, Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura, 2010, 9(2), s. 47–63.
- [6] Heller K., Metodyka integrowanej ochrony roślin dla uprawy lnu włóknistego, Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich, 2012, s. 10.
- [7] Rubilar M., Gutiérrez C., Verdugo M., Shene C., Sineiro J., Flaxseed as a source of functional ingredients, Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2010, 10(3) s. 373–377.
- [8] Hałubowicz–Kliza G., Integrowana produkcja lnu włóknistego, Wyd. Instytut Uprawy i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy w Puławach, 2015, s. 32.
- [9] Zając T., Klima K., Borowiec F., Witkowicz R., Barteczko J., Plonowanie lnu oleistego w różnych warunkach siedliska, Rośliny Oleiste, 2002, 23, s. 275–286.
- [10] FAOSTAT, <http://faostat3.fao.org/home/E>. [Akces: marzec 2017 r.].
- [11] Mińkowski K., Studia nad stabilnością oksydacyjną olejów roślinnych bogatych w polienowi kwasy tłuszczowe o budowie trienowej, Rozprawa habilitacyjna, Roczniki Instytutu Mięsnego i Tłuszczowego, 2008, s. 46.
- [12] Cichosz G., Czeczot H., Stabilność oksydacyjna tłuszczów jadalnych – konsekwencje zdrowotne, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 2011, 1, s. 50–60.
- [13] Ryan C.D., Smyth, S.J., Economic implications of low-level presence in a zero-tolerance European import market: The case of Canadian Triffid flax, AgBioForum, 2012, 15(1), s. 21–30.
- [14] Demirbas A., Production of biodiesel fuels from linseed oil using methanol and ethanol in noncatalytic SCF conditions, Biomass and bioenergy, 2009, 33, s. 113–118.
- [15] Tańska M., Rotkiewicz N., Ambrosiewicz-Walacki M., Wpływ warunków ogrzewania nasion lnu i lnianki na jakość olejów przeznaczonych do produkcji biodiesla, Nauka Przyroda Technologie, 2013, 7(4), s. 1–11.
- [16] Gunstone F. D., Vegetable oils in food technology, composition, properties and uses, Blackwell Publishing, 2000, s. 318–322.
- [17] Mannion C., Page S., Bell L.H., Verhoef M., Components of anticancer diet: dietary recommendations, restrictions and supplements of Bill Henderson Protocol, Review, Nutrients, 2011, 3, s. 1–26.
- [18] Reguła-Sardat A., Zając T., Zagrodzki P., Produkty funkcjonalne – tak, ale jaki kierunek?, Agrotrendy, 2008, 18(99), s. 32–33.
- [19] Marciniak-Łukasiak K., Rola i znaczenie kwasów omega-3, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 6 (79), 2011, s. 24–35.
- [20] Achremowicz K., Szary-Sworst K., Wielonienasycone kwasy tłuszczowe czynnikiem poprawy stanu zdrowia człowieka, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2005, 3(44), s. 23–35.

Właściwości prozdrowotne lnu (*Linum ussitatissimum* L.)

- [21] Jurkowska S., Surowce kosmetyczne, Ośrodek Informatyczno-Badawczy „Ekoprzem” Sp. zo.o., Dąbrowa Górnicza 2007, s. 42.
- [22] Lamer-Zarawska E., Kowal-Gierczyk E., Niedworok J., Fitoterapia i leki roślinne, PZWL, Warszawa 2012, s. 21.
- [23] Walczak-Zeidler K., Felczak-Guzik A., Nowak I., Oleje roślinne stosowane jako surowce kosmetyczne – leksykon, Cursiva, Kostrzyn 2012.
- [24] Morris M., Creating Value chain Cooperation, IDS Bulletin, 2001, 32(3), s. 127–136.
- [25] Bitiucka D., Sierżantowicz R., Problemy pielęgnacyjne pojawiające się w procesie gojenia ran nowotworowych, Pielęgniarstwo Polskie, 2016, 2(60), s. 241–246.
- [26] Skórkowska-Telichowska K., Kulma A., Szopa J., The response of diabetic foot to a new type of dressing, International Archives Medicine, 2012, 5, s. 33.
- [27] Szopa J., Wrób-Kwiatkowska M., Kulma A., Żuk M., Skórkowska-Telichowska K., Dymińska L., Mączka M., Hanuza J., Żebrowski J., Preisner M., Chemica composition and molecular structure of fibers from transgenic flax producing polyhydroxybutyrate, and mechanical properties and platelet aggregation of composite materials containing these fibers, Composites Science and Technology, 2009, s. 69, 2438–2446.
- [28] Głowicka E., Niezwykłe opatrunki z lnu, Gazeta Wrocławska, 2015 www.gazetawroclawska.pl, dostępność: 10.07.2017.
- [29] Sarfaraz S., Adhami V.M., Syed D.N. (et al.), Cannabinoids for cancer treatment: progress and promise, Cancer Research, 2008, 68, s. 339.
- [30] Mazerant-Leszkowska A., Mała księga ziół, Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych, Warszawa 1990, s. 38–39.
- [31] Ciborowska H., Rudnicka A., Żywnienie zdrowego i chorego człowieka, PZWL, Warszawa 2007, s. 77–78.

Do cytowania:

Rymar E., Właściwości prozdrowotne lnu (*Linum ussitatissimum* L.), Herbalism, 2017, 1(3), s. 92–111

Całkowita zawartość polifenoli i aktywność antyoksydacyjna nasion, kaszy i kiełków gryki

Total polyphenol content and antioxidant activity of seeds, groats and buckwheat sprouts

Joanna Chłopicka, Karolina Bonarska

Zakład Bromatologii, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński, ul. Medyczna 9, 30-688 Kraków, e-mail: joanna.chlopicka@uj.edu.pl

Słowa kluczowe: całkowita zawartość polifenoli, aktywność antyoksydacyjna, kiełki, gryka,
Keywords: total polyphenols content, antioxidant activity, sprouts, buckwheat

Streszczenie

Gryka (*Fagopyrum esculentum* Moench) jest jednoroczną rośliną należącą do rodziny rdestowatych (*Polygonaceae*). Spożywa się ją głównie w postaci kaszy, a w zależności od procesu wytwarzania otrzymujemy następujące kasze: prażona, nieprażona (biała), kaszka krakowska (nieprażone łamane ziarna). Nasiona gryki doskonale nadają się do hodowli kiełków, które są cennym produktem spożywczym, zawierającym mało kalorii, a dużo składników mineralnych, kwasów organicznych, witamin oraz polifenoli. Celem pracy było oznaczenie w nasionach gryki, w kaszy gryczanej i w kiełkach gryki (w różnym dniu kiełkowania i w różnych częściach kiełków) aktywności antyoksydacyjnej metodą FRAP oraz całkowitej zawartości polifenoli, metodą Folina-Ciocalteu'a. Najmniej polifenoli zawierała kasza gryczana i wykazywała najmniejszą aktywność antyoksydacyjną. Kiełkowanie wpłynęło na zwiększenie aktywności antyoksydacyjnej i całkowitej zawartości polifenoli. Liścienie uzyskanych kiełków charakteryzowały się najsilniejszymi właściwościami antyoksydacyjnymi i najwyższą całkowitą zawartością polifenoli. Stwierdzono silną korelację pomiędzy aktywnością antyoksydacyjną a całkowitą zawartością polifenoli we wszystkich badanych próbach.

Summary

Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) is one-year-old plant belonging to the *Polygonaceae* family. It is mainly consumed in the form of groats. Depending on the process of preparation we distinguish: buckwheat groats roasted, unroasted (white), "krakowska cereal" (unroasted broken grain). Buckwheat seeds can also be used to produce sprouts that appear to be valuable food products, are low in calories and rich in minerals, organic acids, vitamins and polyphenols. This study examined the antioxidant properties and total polyphenol content in extracts from buckwheat seeds, groats, and sprouts (and their parts) obtained after different days of germination. Antioxidant activity measured by the ferric ion reducing antioxidant power assays (FRAP), and total polyphenol content estimated

using Folin-Ciocalteu reagent. Buckwheat groats extract showed the lowest antioxidant activity and lowest total polyphenols content. Total phenol content and antioxidant activity was found to increase after sprouting. The leaves of the sprouts were characterized by the strongest antioxidant properties and the total polyphenol content. There were significant positive correlations between antioxidant activity and total polyphenol content for all samples tested.

Wstęp

Gryka (*Fagopyrum esculentum* Moench) jest przedstawicielem pseudozboź, jednak ze względu na sposób jej uprawiania i wykorzystanie, bywa niekiedy zaliczana do grupy roślin zbożowych. W składzie chemicznym ziarniaków gryki na uwagę zasługuje białko, które cechuje się zbilansowanym składem aminokwasowym z dość dużą ilością lizyny, która dla większości roślin zbożowych jest aminokwasem ograniczającym jakość białka.

Białko zawarte w gryce ma właściwości obniżające cholesterol, co jest spowodowane mniejszym niż w innych zbożach stosunkiem ilościowym aminokwasów: lizyny do argininy i metioniny do glicyny; wpływa też na regulację wątrobowych receptorów lipoproteinowych (LDL). Grykę charakteryzuje niska strawność, co jest związane z obecnością w niej garbników, kwasów fitynowych i inhibitorów proteaz [1–3]. Nasiona gryki i wytworzona z niej kasza jest bogata w składniki mineralne, szczególnie w magnez, witaminy (głównie z grupy B), błonnik oraz w inne związki o dużej aktywności biologicznej [4, 5]. Obecność substancji prozdrowotnych w gryce sprawia, że jest ona obecnie wykorzystywana w przemyśle: spożywczym, farmaceutycznym i kosmetycznym. Produkty z gryki (mąka, otręby) są coraz częściej wykorzystywane jako dodatek do produkcji chleba, makaronów, naleśników, kleików gryczano-ryżowych czy herbatek prozdrowotnych. W ostatnim czasie coraz bardziej popularna staje się także produkcja kiełków roślinnych, ze względu na zwiększenie atrakcyjności diety przez nowe produkty żywnościowe. Podczas kiełkowania w wyniku uaktywnienia się enzymów zwiększa się zarówno stężenie, jak i biodostępność wielu składników zawartych w nasionach. Kiełki gryki, w porównaniu do nasion, charakteryzują się większym stężeniem rutyny, kwercetyny, witaminy C, kwasu aminomasłowego, wykazują też bardzo silne działanie antyoksydacyjne. W kiełkach zmniejsza się także zawartość związków antyodżywczych, np. kwasu fitynowego utrudniającego wchłanianie wielu składników mineralnych. Kiełki gryki wykazują działanie przeciwzapalne, antyoksydacyjne, hipotensyjne, hipoglikemizujące oraz obniżające stężenie

cholesterolu we krwi, dlatego też zaleca się, aby produkt ten wzbogacał codzienną dietę [6-12].

Celem pracy było oznaczenie aktywności antyoksydacyjnej oraz całkowitej zawartości polifenoli w nasionach, kaszy i kiełkach gryki zwyczajnej.

Materiał i metody

Materiałem badawczym były: ziarna gryki, kasza gryczana, 4-, 7- i 9-dniowe świeże oraz 10-dniowe świeże i liofilizowane kiełki gryki zwyczajnej *Fagopyrum esculentum* Moench. Ziarna gryki, odmiany Panda, przeznaczone do kiełkowania uzyskano z Zakładu Hodowlano-Produkcyjnego Palikije. Ziarna zostały wstępnie namoczone w wodzie, a następnie umieszczone w dwupoziomowych naczyniach do kiełkowania (Bio-Natura) i podlewane dwa razy dziennie wodą o temperaturze pokojowej. Kiełki hodowano w temperaturze pokojowej (22-24°C) w warunkach naturalnego oświetlenia oraz równolegle bez dostępu światła. Następnie zebrano w 4, 7, 9 oraz 10 dniu kiełkowania (kiełki zebrane w 10 dniu zliofilizowano). W kiełkach zebranych w 7 i 9 dniu wzrostu oddzielono: liścienie, korzonki i łodyżki, dodatkowo zebrano łupiny nasienne ziaren, z których wyrosły kiełki. Kasza gryczana prażona została zakupiona w sklepie, na terenie Krakowa, producentem była spółka MELVIT S.A.

Z odważonych i roztartych w moździerzu materiałów do badań (2 g), wykonano sekwencyjnie ekstrakty acetonem (40 ml) i metanolem (40 ml) przy użyciu wytrząsarki laboratoryjnej (Laboratory Shaker typ 358S) przez 3 godziny. Połączone ekstrakty odwirowano w ciągu 15 minut (11000 obr/min) za pomocą wirówki High Speed Brushless Centrifuge (MPW-350). Liofilizację kiełków gryki wykonano za pomocą liofilizatora laboratoryjnego STERIS Lyovac GT2 z pompą próżniową. Przed liofilizacją próbki kiełków zamrażano w temperaturze -20°C przez 12 godzin. Liofilizację prowadzono pod zmniejszonym ciśnieniem (<0,1 mbar) przez 72 godziny. Aktywność antyoksydacyjną uzyskanych roztworów zbadano metodą FRAP, która oparta jest na tworzeniu związku o intensywnie niebieskim zabarwieniu, w wyniku redukcji jonów Fe^{3+} , tworzących kompleks z TPTZ (2,4,6-tris(2-pirydylo)-1,3,5-triazyną), do jonów Fe^{2+} . Związek ten wykazuje maksimum absorpcji przy długości fali $\lambda = 593\text{nm}$. Pomiarów wykonano w 30 minucie od zapoczątkowania reakcji [11].

Całkowitą zawartość polifenoli oznaczono kolorymetrycznie przy użyciu odczynnika Folina-Ciocalteau'a, który stanowi mieszaninę wolframianu sodu

(Na_2WO_4), molibdenianu sodu (Na_2MoO_4), siarczanu litu (Li_2SO_4), wody bromowej oraz stężonego kwasu solnego i fosforowego. W wyniku reakcji redukcji, jaka zachodzi pomiędzy związkami polifenolowymi a związkami Mo i W, w środowisku alkalicznym, powstają tlenki Mo i W o intensywnym, niebieskim zabarwieniu. Absorbancję odczytano przy dwóch długościach fali $\lambda = 725 \text{ nm}$ i $\lambda = 760 \text{ nm}$ i wyrażono jako ekwiwalent kwasu galusowego (GAE) [12]. Analizę statystyczną wykonano z wykorzystaniem programu Statistica 5.1 firmy StatSoft. Do zbadania istotności otrzymanych wyników zostały wykorzystane testy nieparametryczne Kołgomorowa-Smirnowa oraz U Manna-Whitneya. Jako krytyczny poziom istotności przyjęto $p \leq 0,05$.

Wyniki badań i dyskusja

Wyniki badań aktywności antyoksydacyjnej nasion kaszy i kiełków przedstawiono na Rysunku 1. Najmniejszą aktywnością antyoksydacyjną cechowała się kasza gryczana (13,17 mM Fe/kg św.m), największą zaś kiełki zliofilizowane (181,93 mM Fe/kg św.m). Różnica ta była znamienna statystycznie $p < 0,0001$. Kiełki charakteryzowały się większą aktywnością antyoksydacyjną niż nasiona, z których wyrosły, podobne zależności uzyskali w swoich pracach Alvarez-Jubete i wsp. [13], Paško i wsp. [14] i Kim i wsp. [5]. Natomiast kasza gryczana wykazywała małą aktywność antyoksydacyjną, co jest zbieżne z danymi literaturowymi [15,16]. W przypadku kiełków gryki różnice pomiędzy a.a. (aktywność antyoksydacyjna) w kolejnych dniach wzrostu nie były zbyt duże. Większe różnice występowały jedynie pomiędzy nasionami, w których aktywność antyoksydacyjna wynosiła 50,42 mM Fe/kg św.m., a 4-dniowymi kiełkami w których stwierdzono 74,72 i 78,29 mM Fe/kg św.m. odpowiednio dla kiełków hodowanych z dostępem i bez dostępu światła. W kiełkach, jedynie w przypadku łądyżek, stwierdzono obniżenie aktywności antyoksydacyjnej pomiędzy 7 a 9 dniem hodowli (z 18,68 mM Fe/kg św.m. do 14,02 mM Fe/kg św.m. zmiana istotnie statystyczna $p < 0,05$) w kiełkach rosnących z dostępem światła. W kiełkach rosnących w ciemności, spadek aktywności antyoksydacyjnej pomiędzy 7 a 9 dniem odnotowano jedynie w łupinach nasiennych (z 42,91 mM Fe/kg św.m. do 28,68 mM Fe/kg św.m.). Różnice pomiędzy aktywnością antyoksydacyjną kiełków rosnących w ciemności i na świetle były nieistotne statystycznie, natomiast wyraźną różnicę aktywności antyoksydacyjnej stwierdzono pomiędzy ekstraktami z korzeni kiełków w 9 dniu wzrostu na świetle (84,48 mM Fe/kg św.m.) w odniesieniu do tych rosnących w ciemności (58,68 mM Fe/kg św.m.).

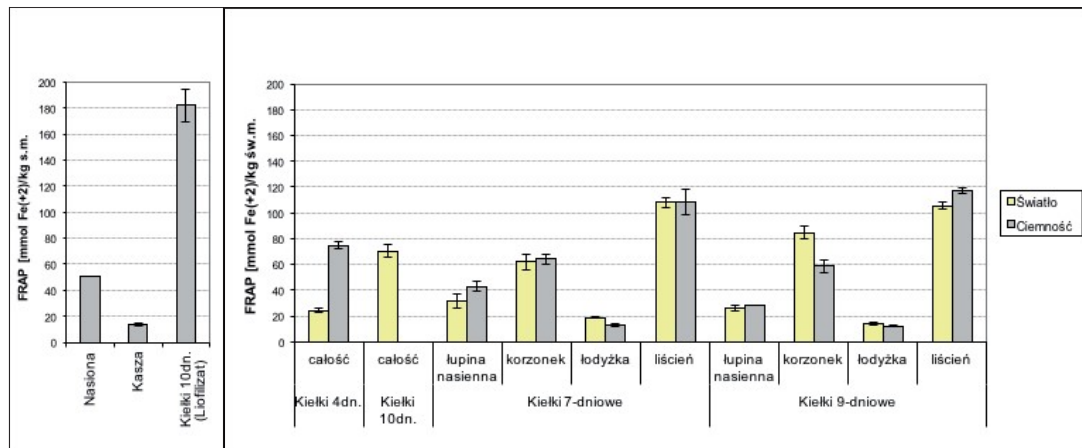
Całkowitą zawartość polifenoli w nasionach, kaszy gryczanej i kielkach przedstawiono na Rysunku 2. Najwyższą całkowitą zawartością polifenoli odznaczały się ekstrakty ze zliofilizowanych kielków gryki, która wynosiła 22,35 mg GAE/g św.m., natomiast ekstrakt z kaszy gryczanej zawierał ich najmniej (1,9 mg GAE/g św.m.). Niską całkowitą zawartością polifenoli odznaczały się też łodyżki kielków, która mieściła się w zakresie 2,05-2,55 mg GAE/g św.m. Pomiedzy 7 a 9 dniem wzrostu odnotowano spadek zawartości polifenoli w łupinach nasiennych kielków rosnących zarówno na świetle, jak i w ciemności oraz w liścieniach rosnących w ciemności. Wzrost zawartości polifenoli stwierdzono w korzeniach i łodyżkach rosnących na świetle i w ciemności oraz w liścieniach rosnących na świetle. Różnice w zawartości polifenoli były statystycznie istotne ($p < 0,05$). Większą zawartością polifenoli odznaczały się ekstrakty z kielków (bądź ich poszczególnych części) rosnących w ciemności niż z kielków rosnących na świetle.

Nasiona gryki wykazały znacznie wyższą całkowitą zawartość polifenoli (990 mg GAE/100 g św. m.) niż podane w pracy Alvarez-Jubete i wsp., gdzie zawierały 320 mg GAE/100 g św. m. [14]. Korelacja wyników pomiarów aktywności antyoksydacyjnej (FRAP) oraz całkowitej zawartości polifenoli była wysoka ($R = 0,86$, $p < 0,05$). Na tej podstawie możemy stwierdzić, że istnieje silna zależność pomiędzy zawartością polifenoli, a tym, jaką aktywność przeciwutleniającą wykazują nasiona, kasza oraz kielki gryki.

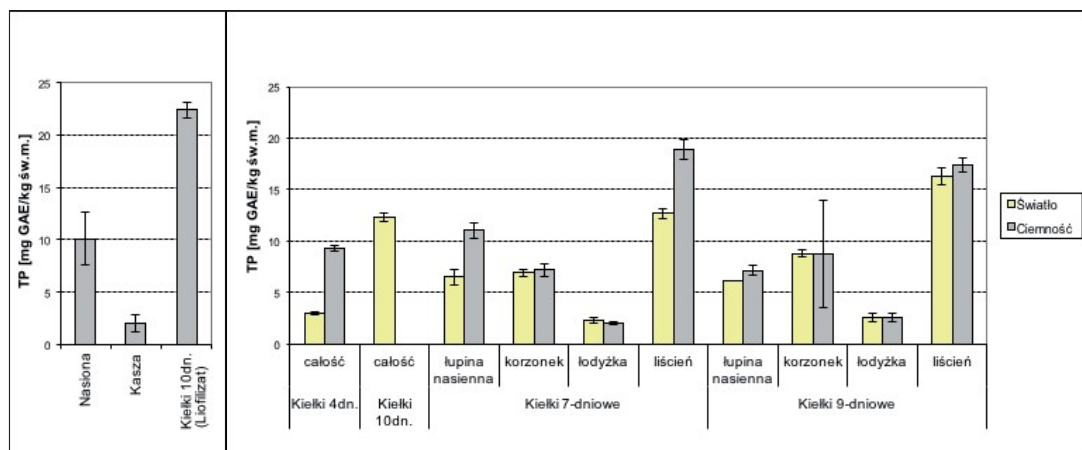
Wnioski

1. Kielkowanie gryki było procesem wpływającym na zwiększenie aktywności antyoksydacyjnej i całkowitej zawartości polifenoli w porównaniu do nasion.
2. Liścienie kielków gryki, niezależnie od warunków hodowli i od dnia kielkowania, charakteryzowały się największą aktywnością antyoksydacyjną i całkowitą zawartością polifenoli.
3. Kasza gryczana w porównaniu do nasion i kielków gryki zawierała najmniej związków należących do grupy polifenoli, przez co wykazała niską aktywność antyoksydacyjną.
4. Warunki hodowli, takie jak ekspozycja na światło słoneczne, lub jej brak, w nieznacznym stopniu wpływała na całkowitą zawartość polifenoli oraz na aktywność antyoksydacyjną uzyskanych kielków gryki.
5. Stwierdzono silną korelację pomiędzy aktywnością antyoksydacyjną i całkowitą zawartością związków o budowie polifenolowej w nasionach i kielkach gryki.

Całkowita zawartość polifenoli i aktywność antyoksydacyjna...



Rysunek 1. Aktywność antyoksydacyjna (FRAP) nasion, kaszy kiełków i łupin nasiennych uzyskanych z ziaren gryki zwyczajnej



Rysunek 2. Całkowita zawartość polifenoli (TP) w nasionach, kaszy, kiełkach i w łupinach nasiennych uzyskanych z ziaren gryki zwyczajnej. Wyniki wyrażono jako ekwiwalent kwasu galusowego (GAE)

Literatura

- [1] Wijngaard H. H., Arendt E. K., Buckwheat, *Cereal Chemistry*, 2006, 83.4, s. 391–401.
- [2] Li J., Gong F., Li F., Hypoglycemic and hypolipidemic effects of flavonoids from tatar buckwheat in type 2 diabetic rats, *Biomedical Research*, 2016, 27, s. 1–17.
- [3] Christa K., Soral-Śmietana M., Buckwheat grains and buckwheat products–nutritional and prophylactic value of their components–a review, *Czech Journal of Food Sciences*, 2008, 26(3), s. 153–162.
- [4] Zhang Z.L., Zhou M.L., Tang Y., Li F.L., Tang Y.X., Shao J.R., Xue W.T., Wu Y.M., Bioactive compounds in functional buckwheat food, *Food Research International*, 2012, 49(1), s. 389–395.

- [5] Kim S.L., Kim S.K., Park Ch.H., Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable, *Food Research International*, 2004, 37(4), s. 319–327.
- [6] Lin L.Y., Peng Ch.Ch, Yang Y.L., Peng R.Y., Optimization of bioactive compounds in buckwheat sprouts and their effect on blood cholesterol in hamsters, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56(4), s. 1216–1223.
- [7] Watanabe M., Ayugase J., Effects of buckwheat sprouts on plasma and hepatic parameters in type 2 diabetic db/db mice, *Journal of Food Science*, 2010, 75(9), s. 294–299.
- [8] Merendino N., A new “functional” pasta containing tartary buckwheat sprouts as an ingredient improves the oxidative status and normalizes some blood pressure parameters in spontaneously hypertensive rats, *Food & Function*, 2014, 5(5), s. 1017–1026.
- [9] Zhou X., Wang Q., Yang Y., Zhou Y., Tang W., Li Z., Anti-infection effects of buckwheat flavonoid extracts (BWFEs) from germinated sprouts, *Journal of Medicinal Plants Research*, 2012, 6(1), s. 24–29.
- [10] Koyama M., Nakamura C., Nakamura C., Changes in phenols contents from buckwheat sprouts during growth stage, *Journal of Food Science and Technology*, 2013, 50(1), s. 86–93.
- [11] Benzie I., Strain J., The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay, *Analytical Biochemistry*, 1996, 239(1), s. 70–76.
- [12] Singleton V., Orthofer R., Lamuela-Raventós R.M., Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent, *Methods in Enzymology*, 1999, 299, s. 152–178.
- [13] Alvarez-Jubete L., Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking, *Food Chemistry*, 2010, 119(2), s. 770–778.
- [14] Paško P., Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth, *Food Chemistry*, 2009, 115(3), s. 994–998.
- [15] Filipiak-Florkiewicz A., Florkiewicz A., Wpływ obróbki hydrotermicznej na zawartość składników odżywczych i bioaktywnych kasz i ryżu, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2016, 6(109), s. 64–79.
- [16] Zielinska D., Szawara-Nowak D., Michalska A., Antioxidant capacity of thermally-treated buckwheat, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2007, 57(4), s. 465–470.

Do cytowania:

Chłopicka J., Bonarska K., Całkowita zawartość polifenoli i aktywność antyoksydacyjna nasion, kaszy i kielków gryki, *Herbalism*, 2017, 1(3), s. 112–118

Zmiany właściwości antyoksydacyjnych ekstraktów z liści werbeny cytrynowej (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth) w trakcie przechowywania

Changes in antioxidant properties of lemon verbena leaf extracts (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth) during storage

*Małgorzata Stryjecka, **Anna Kiełtyka-Dadasiewicz

*Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Chełmie, Instytut Nauk Rolniczych, ul. Wojsławicka 8b, 22-100 Chełm, e-mail: malgorzatazs@interia.pl; ** Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa, 20-950 Lublin, ul. Akademicka 15

Słowa kluczowe: werbena cytrynowa, polifenole, właściwości przeciwutleniające
Keywords: lemon verbena, polyphenols, antioxidant properties

Streszczenie

Oznaczono zmiany zawartości polifenoli ogółem i aktywność antyoksydacyjną metodą z DPPH oraz FRAP ekstraktów: metanolowych, etanolowych, wodnych oraz acetonowych, otrzymanych z werbeny cytrynowej (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth.) w czasie ich przechowywania (3, 6, 9 i 12 miesięcy). Największą zawartość polifenoli ogółem zanotowano w ekstrakcie metanolowym, najniższą zaś w wyciągu acetonowym. Ekstrakt metanolowy charakteryzował się największą aktywnością antyoksydacyjną, oznaczoną zarówno metodą z DPPH, jak i FRAP. Wydłużenie czasu przechowywania wszystkich ekstraktów, niezależnie od czynnika ekstrahującego, powodowało spadek zarówno zawartości polifenoli ogółem, jak i aktywności antyoksydacyjnej.

Summary

The changes of total polyphenol content and antioxidant activity by DPPH and FRAP extracts from methanol, ethanol, aqueous and acetone extract obtained from lemon verbena (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth) were stored during storage (3, 6, 9 and 12 months). The highest content of polyphenols was recorded in the methanol extract and lowest in the acetone extract. The methanol extract was characterized by the highest antioxidant activity, both by DPPH and FRAP. Extending the storage time of all extracts, irrespective of the extractor, resulted in a decrease in both total polyphenol content and antioxidant activity.

Wstęp

Werbena cytrynowa (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth.) pochodzi z Ameryki Południowej, uprawiana jest również w południowej Francji i Hiszpanii. W Polsce ze względu na niską mrozoodporność można ją uprawiać pod

osłonami lub jako roślinę jednoroczną. Wytwarza lancetowato-wydłużone liście koloru zielonoseledynowego, zawierające od 0,8 do 1,2% olejku eterycznego. Głównym składnikiem olejku jest cytral (do 70%), pozostałe to: limonen, mircen, geraniol, nerol, neral i werbenol. Werbena cytrynowa ma zastosowanie w kosmetyce (perfumy, wody kolońskie) oraz ze względu na przyjemny słodkocytrusowy zapach i smak jest stosowana jako aromatyzujący dodatek do herbat ziołowych [1, 2, 3]. Liście zawierają także kwasy fenolowe i flawonoidy, co sprawia, że ekstrakty z nich pozyskiwane wykazują właściwości antyoksydacyjne [3, 4]. Dlatego też za cel niniejszej pracy postawiono określenie zmian zawartości polifenoli ogółem oraz właściwości przeciwutleniających (metodą DPPH i FRAP) różnych ekstraktów otrzymanych z liści werbeny cytrynowej w trakcie przechowywania.

Materiał i metody

Materiał badawczy stanowiły wysuszone liście werbeny cytrynowej (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth). Surowiec pochodził z roślin uprawianych na glebie piaszczysto-gliniastej w Ogrodzie Roślin i Surowców Kosmetycznych Centrum Innowacji Badań i Nauki (CIBIN), zlokalizowanym w miejscowości Wola Zadybska w województwie lubelskim (51°44'49"N 21°50'38"E). Bezpośrednio po zbiorze liście suszono konwekcyjnie w suszarce (Memmert UF160) z wymuszonym obiegiem powietrza w temperaturze 35°C, w czasie 20 minut. Otrzymany materiał zmielono za pomocą młynka laboratoryjnego IKA M20 (producent: IKA WERKE GmbH) i poddano ekstrakcji różnymi rozpuszczalnikami: wodą, 70% etanolem, metanolem oraz acetonem. Przygotowanie ekstraktów polegało na poddaniu 2 g próbek suszonych liści werbeny cytrynowej (odważonych z dokładnością do 0,01 g) 10-minutowej ekstrakcji w automatycznym ekstraktorze Soxhleta (firma: BÜCHI Labortechnik AG) za pomocą 30 ml wody o temperaturze 100°C oraz 100 ml rozpuszczalnika (70% etanol, metanol, aceton).

Ogólną zawartość polifenoli oraz właściwości przeciwutleniające analizowanych ekstraktów określono bezpośrednio po ekstrakcji oraz po: 3, 6, 9 i 12 miesiącach przechowywania w temperaturze -18°C. Do oznaczenia zawartości związków polifenolowych ogółem użyto odczynnika Folina-Ciocalteu'a, pomiar miał miejsce przy długości fali 765 nm, a uzyskany wynik został przeliczony na kwas galusowy. Właściwości przeciwutleniające zostały oznaczone metodą opisaną przez Branda-Williams i wsp. [5] przy użyciu DPPH (1,1-difenylo-2-picryl-hydrazyl). Absorbancję badanych próbek mierzono przy długości

Zmiany właściwości antyoksydacyjnych ekstraktów...

fali 515 nm, po 30 minutach inkubacji, przy użyciu spektrofotometru UV-VIS firmy Shimadzu. Została również oznaczona całkowita aktywność oksydacyjna metodą FRAP. Metoda ta polega na określeniu zdolności redukcji jonów Fe^{3+} do jonów Fe^{2+} , które są kompleksowane przez TPTZ (2,4,6-tris(2-pirydylo)-1,3,5-triazyn) z wytworzeniem bardzo intensywnego, niebieskiego zabarwienia o maksimum absorbancji przy długości fali 593 nm [6]. Wszystkie analizy zostały wykonane w trzech powtórzeniach. Analiza statystyczna uzyskanych wyników badań obejmowała obliczenie wartości średnich oraz odchylenia standardowego, przy użyciu arkusza kalkulacyjnego Excel 7.0.

Wyniki i dyskusja

Największą zawartością związków fenolowych ogółem charakteryzował się ekstrakt metanolowy (47,9 mg·100 g⁻¹ s.m), nieco niższe wyniki uzyskano dla ekstraktu etanolowego (44,1 mg·100 g⁻¹ s.m), zaś najniższą zawartością polifenoli ogółem charakteryzował się ekstrakt acetonowy (28,9 mg·100 g⁻¹s.m) – Tabela 1. W trakcie przechowywania wszystkich analizowanych ekstraktów zanotowano spadek ogólnej zawartości związków fenolowych. Największy spadek zanotowano po 12 miesiącach przechowywania dla ekstraktu wodnego i wynosił on 39%. Natomiast najmniejszym spadkiem zawartości polifenoli ogółem w trakcie 12-miesięcznego przechowywania charakteryzował się ekstrakt etanolowy (16,3%).

Tabela 1. Zawartość polifenoli ogółem w ekstraktach wodnych, etanolowych, metanolowych i acetonowych z liści werbeny cytrynowej w trakcie przechowywania

Table 1. Total polyphenol content in aqueous, ethanol, methanol, acetone extracts from lemon verbena leaves during storage

Czas przechowywania [miesiące] Storage time [months]	Średnia zawartość polifenoli ogółem w ekstraktach z liści werbeny cytrynowej, średnia ± SD [mg 100 g ⁻¹ s.m] Mean total polyphenol content in lemon verbena leaf extract mean ± SD [mg 100g ⁻¹ DM]			
	ekstrakt / extract			
	wodny aqueous	etanolowy ethanol	metanolowy methanol	acetonowy acetone
0	33,2±0,17	44,1±0,12	47,9± 0,4	28,9±0,42
3	30,1±0,12	42,8±0,24	46,8±0,34	27,2±0,15
6	28,2±0,17	40,2±0,19	44,2±0,19	26,2±0,17
9	25,1±0,12	38,4±0,19	42,3±2,32	25,1±0,12
12	20,1±0,14	37,1±0,12	40,1±0,12	22,1±0,12

SD – odchylenie standardowe, SD – standard deviation

Vinha i wsp. [7] w swoich badania uzyskali zawartość polifenoli w ekstrakcie etanolemowym z werbeny cytrynowej na poziomie $41,6 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ [7], natomiast Choupani i wsp. $23,8 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ s.m}$ [8]. Badania przeprowadzone przez Shahi i wsp. [9] wykazały że zawartość tych związków jest znacznie niższa i mieściła się w zakresie od 5,9 ppm do 17,2 ppm w zależności od stężenia ekstraktu, czyli po przeliczeniu od $0,59$ do $1,72 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1} \text{ s.m}$.

Analizowane ekstrakty otrzymane z liści werbeny cytrynowej wykazały aktywność przeciwutleniającą na poziomie 29,8 do 48,7% niezredukowanego rodnika DPPH (Tabela 2). Najsilniejszymi właściwościami przeciwutleniającymi charakteryzował się ekstrakt metanolowy, najslabszymi zaś ekstrakt wodny.

Tabela 2. Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów z liści werbeny cytrynowej wyrażona jako zdolność do wygaszania rodnika DPPH [%] \pm SD w trakcie przechowywania

Table 2. Antioxidant properties of extracts from lemon verbena leaves as ability to quench DPPH radical [%] during storage

Czas przechowywania [miesiące] Storage time [months]	Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów z liści werbeny cytrynowej wyrażona jako zdolność do wygaszania rodnika DPPH' [%] \pm SD w trakcie przechowywania Antioxidant properties of extracts from lemon verbena leaves as ability to quench DPPH' radical [%] during storage			
	ekstrakt / extract			
	wodny aqueous	etanolowy ethanol	metanolowy methanol	acetonowy acetone
0	29,8 \pm 0,20	46,4 \pm 0,41	48,7 \pm 0,70	31,1 \pm 0,14
3	28,2 \pm 0,19	45,8 \pm 0,28	47,1 \pm 0,12	31,0 \pm 0,45
6	27,2 \pm 0,22	44,1 \pm 0,12	45,2 \pm 0,17	29,9 \pm 0,30
9	26,1 \pm 0,14	43,2 \pm 0,15	44,4 \pm 0,37	28,4 \pm 0,12
12	25,2 \pm 0,15	42,1 \pm 0,40	42,9 \pm 0,11	26,1 \pm 0,12

SD – odchylenie standardowe, SD – standard deviation

Siłę redukującą FRAP badanych ekstraktów wyznaczoną na podstawie ich zdolności do redukcji związku Fe^{+3} -TPTZ do Fe^{+2} -TPTZ przedstawiono w Tabeli 3. Im wyższą wartość FRAP posiada dany przeciwutleniacz, tym wyższa jest jego siła redukująca. Wartość FRAP dla analizowanych ekstraktów wynosiła od 18,9 do 30,9 $\text{mmol Fe}^{+2}\cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ s.m}$. Największą ak-

Zmiany właściwości antyoksydacyjnych ekstraktów...

tywnością antyoksydacyjną oznaczoną metodą FRAP charakteryzował się ekstrakt metanolowy, najniższą zaś wodny. Podczas przechowywania ekstrakty niezależnie od rodzaju ekstrahenta oraz metody oznaczania (DPPH i FRAP), sukcesywnie traciły swoje właściwości przeciwutleniające.

Tabela 3. Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów z liści werbeny cytrynowej FRAP [mM Fe⁺²·100 g⁻¹ s.m] w trakcie przechowywania

Table 3. Antioxidant properties of extracts from lemon verbena leaves as FRAP [mM Fe⁺²·100 g⁻¹ DM] during storage

Czas przechowywania [miesiące] Storage time [months]	Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów z liści werbeny cytrynowej FRAP [mM Fe ⁺² ·100 g ⁻¹ s.m] ± SD Antioxidant properties of extracts from lemon verbena leaves as FRAP [mM Fe ⁺² ·100 g ⁻¹ DM] ± SD			
	ekstrakt / extract			
	wodny aqueous	etanolowy ethanol	metanolowy methanol	acetonowy acetone
0	18,9±0,2	29,5±0,50	31,0±0,25	19,8±0,20
3	17,9±0,2	29,1±0,10	29,9±0,10	19,7±0,20
6	17,3±0,3	28,0±0,04	28,7±0,20	19,0±0,45
9	16,6±0,1	27,4±0,43	28,2±0,20	18,1±0,06
12	16,0±0,2	26,8±0,27	27,3±0,20	16,6±0,60

SD – odchylenie standardowe, SD - standard deviation

Wnioski

Badania ekstraktów wodnych, etanolowych, metanolowych i acetonowych otrzymanych z wysuszonych liści werbeny cytrynowej (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth) pozwalają na wysnucie następujących wniosków:

1. Każdy z ekstraktów charakteryzował się inną zawartością polifenoli ogółem.
2. Najsilniejsze działanie przeciwutleniające, oznaczone metodą DPPH i FRAP, wykazały ekstrakty metanolowe, zaś najsłabsze ekstrakty wodne.
3. Przechowywanie spowodowało sukcesywny spadek zawartości polifenoli oraz aktywności antyoksydacyjnych wszystkich badanych ekstraktów.

Literatura

- [1] Newerli-Guz J., Śmiechowska M., Piotrkowska J., Substancje aromatyzujące jako składnik herbatek ziołowo-owocowych, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, nr 61: Bezpieczeństwo Środków Spożywczych, Wydawnictwo Akademii Medycznej w Gdyni, 2009, s. 19–32.
- [2] Escobar P., Leal S., Herrera L., Martinez J., Stashenko E., Chemical composition and antiprotozoal activities of Colombian *Lippia Spp* essential oils and their major components, Memorias do Instituto Oswaldo Cruz, 2010, 105, s. 2.
- [3] Kiełtyka-Dadasiewicz A., Kubat-Sikorska A., Roślinne surowce kosmetyczne o zapachu cytrynowym, Rośliny w nowoczesnej kosmetologii. Monografia Naukowa, Lublin, 2016, s. 41–52.
- [4] El-Hawary S.S., Yousif M.F., Motaal A., Abd-Hameed L.M., Bioactivities, phenolic compounds and in-vitro propagation of *Lippia citriodora* Kunth cultivated in Egypt, Bulletin of Faculty of Pharmacy, 2011, 50, s.1–6
- [5] Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C., Use of free radical method to evaluate antioxidant activity, LWT - Food Science and Technology, 1995, 1 (28), s. 25–30.
- [6] Bartoń H.J., Fołta M., Zachwieja Z., Zastosowanie metod FRAP, ABTS i DPPH w badaniu aktywności antyoksydacyjnej produktów spożywczych, Nowiny Lekarskie, 2005, 74(4), s. 510–513.
- [7] Vinha A.F., Barreira S.V.P, Castro A., Machado M., Comparison between the phytochemical and antioxidant properties of plants used in plant infusions for medicinal purposes, Journal of Agricultural Science, 2013, 5(11), s. 11–19.
- [8] Choupani M., Arabshahi-Delouee S., Alami M., Antioxidant properties of various solvent extracts of lemon verbena (*Lippia Citriodora*) leaves, International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2014, 2 (4), s. 1340–1346.
- [9] Shahi M.M.N., Rad A.H.E., Nia A.P., Shahi N.N., Study of antioxidant activity and free radical scavenging ability of lemon verbena (*Lippia Citriodora*), Advances in Natural and Applied Sciences, 2014, 8(10) s. 59–63.

Do cytowania:

Stryjecka M., Kiełtyka-Dadasiewicz A., Zmiany właściwości antyoksydacyjnych ekstraktów z liści werbeny cytrynowej (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth) w trakcie przechowywania, Herbalism, 2017, 1(3), s. 119–124

Czynniki biotyczne kształtujące plon i jakość bulw ziemniaka

Biotic components influencing the yield and quality of potato tubers

*Bernadetta Bienia,** Barbara Sawicka, *Barbara Krochmal-Marczak

*Zakład Produkcji i Bezpieczeństwa Żywności, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Piłonia w Krośnie, ul. Dmochowskiego 12, 38-400 Krosno, e-mail: bernadetta.bienia@pwsz.krosno.pl;

**Katedra Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

Słowa kluczowe: ziemniak, plon, jakość, czynniki biotyczne

Keywords: potato, yield, quality, biotic factors

Streszczenie

W pracy przedstawiono wpływ wybranych czynników biotycznych na plonowanie i jakość bulw ziemniaka. Przeciwdziałanie negatywnym oddziaływaniom czynników środowiska na wielkość i jakość plonu bulw ziemniaka jest możliwe poprzez wykorzystywanie odmian o zwiększonej odporności genetycznej, stosowanie zdrowego materiału rozmnożeniowego, zapewnienie właściwej agrotechniki, w tym nawożenia, ochrony roślin i nawadniania. W przyszłości istotną będzie hodowla odmian przystosowanych do szybkiego regenerowania się po wystąpieniu silnych stresów (susza, niskie temperatury, desykacja itp.), zapewniających wysokie i stabilne plonowanie oraz dobrą jakość bulw ziemniaka w warunkach ograniczonej dostępności zasobów naturalnych i syntetycznych środków produkcji.

Summary

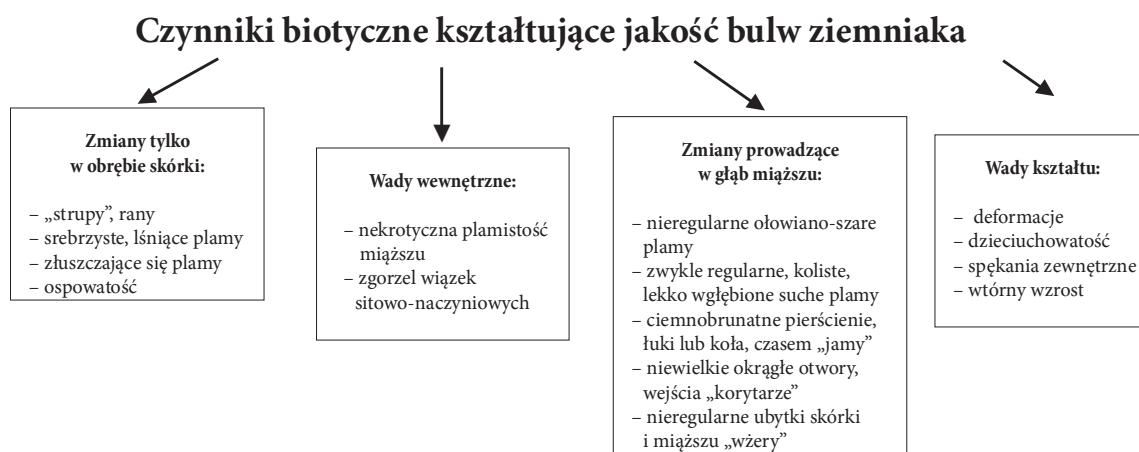
The paper presents the influence of selected biotic components on the yield and quality of potato tubers. Counteracting the negative effects of environmental factors on the quantity and quality of potato yield can be achieved by using cultivars with a higher genetic resistance, healthy propagating material, the right agricultural technology, including fertilisation, crop protection and irrigation. In the future, it will be important to grow varieties with a high regeneration capability after intense stress (drought, low temperatures, desiccation, etc.) in order to provide high and stable crop and good quality of potato tubers with limited availability of natural resources and synthetic means of production.

Wstęp

Ziemniak uważany jest za gatunek zapewniający bezpieczeństwo żywnościowe mieszkańców Ziemi, a jednocześnie charakteryzujący się największą produktywnością z jednostki powierzchni w czasie [1, 2, 3]. W Polsce gatunek ten stanowi podstawę wyżywienia człowieka, ma również duże znaczenie, jako surowiec dla przemysłów: spożywczego, paszowego, chemicznego, gorzelnicznego, energetycznego. Bulwy ziemniaka są bogate w węglowodany, białko, związki mineralne, w tym potas, witaminę C, polifenole i inne związki bioaktywne. Ponadto mają właściwości zasadowotwórcze, są niskokaloryczne i odznaczają się niewielką tendencją do gromadzenia szkodliwych dla zdrowia związków, takich jak: azotany, metale ciężkie, aflatoksyny, glikoalkaloidy [4, 5, 6, 7].

Gatunek ten został udomowiony 7000 lat temu i cały czas ewoluuje [8]. W Polsce produkcja ziemniaka zmniejszyła się kilkakrotnie, ale jego ilość przeznaczona na cele konsumpcyjne zmalała tylko nieznacznie [9, 10], bowiem spożycie bulw ziemniaka wynosi nadal ponad 110 kg na jednego mieszkańca [11].

Na plon ziemniaka oraz jego jakość mają wpływ czynniki biotyczne. Są to elementy środowiska występujące w wyniku oddziaływania żywych organizmów (mikroorganizmy, rośliny, zwierzęta, pasożyty, drapieżniki, szkodniki), w sposób bezpośredni lub pośredni na inne żywe organizmy. Do tej grupy zalicza się również czynnik antropogeniczny (nawożenie, ochrona roślin, nawadnianie, zanieczyszczenie powietrza, zanieczyszczenia wód i gleb itp.) [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]. Czynniki te mogą przyczynić się do występowania wielu zmian w obrębie skórki, powodować wady wewnętrzne, wady kształtu oraz zmiany w składzie chemicznym miąższu bulw ziemniaka (Rysunek 1)



Rysunek 1. Czynniki biotyczne kształtujące jakość bulw ziemniaka

Figure 1. Biotic components influencing the quality of potato tubers

Źródło: opracowanie własne

Czynniki biotyczne kształtujące plon i jakość bulw ziemniaka

Istotne wydaje się być zatem ich poznanie, by móc poprzez ich modyfikację lub dostosowanie do potrzeb rośliny kształtować plon o jak najlepszej jakości.

Czynniki biotyczne i ich wpływ na plonowanie i jakość bulw ziemniaka

Wśród czynników szkodliwych, natury biotycznej, zagrażających w istotny sposób funkcjonowaniu ekosystemów rolniczych, w tym ziemniaka, wyróżnia się m.in.: grzyby chorobotwórcze, wirusy, wiroidy, bakterie, owady, nicienie [15, 24]. Posiadają one tendencję do niekontrolowanego przez opór środowiska wzrostu populacji, wyróżniają się zdolnościami adaptacyjnymi, w stosunku do prowadzonych przeciwko nim metod walki genetycznej i/lub chemicznej, co powoduje ogromne szkody w ekosystemach rolniczych [15, 24]. Z tego też powodu przeciwdziałanie temu zjawisku polega m.in. na zapobieganiu występowania organizmów szkodliwych i powstawaniu chorób. Jak podaje Gacek [24], proces choroby infekcyjnej wynika z interakcji pomiędzy oddziaływanymi na siebie elementami trójkąta: rośliny (gospodarza), patogenu i środowiska, zaś choroby nieinfekcyjne są wywoływane przez stresy abiotyczne.

Najczęściej występujące patogeny w uprawie ziemniaka to: czarna nóżka, powodowana przez bakterię z rodzaju *Erwinia carotovora* var. *carotovora*, mokra zgnilizna (*Erwinia carotovora* var. *atroseptica*), sucha zgnilizna (*Fusarium* ssp.), zaraza ziemniaka (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary), alternarioza (*Alternaria solani*), parch srebrzysty (*Helminthosporium solani*), parch zwykły (*Streptomyces* spp.), rizoktonioza (*Rhizoctonia solani* Kühn), choroby powodowane przez wirusy (wirus liściozwoju – PLRV, wirus Y – PVY, wirus M – PYM). Ponadto ziemniak atakowany jest przez stonkę ziemniaczaną (*Leptinotarasa decemlineata*) oraz drutowce (*Elateridae*), pędraki (*Melolonthidae*) oraz rolnice (*Agrotinae*) [18, 21, 22, 23, 25, 26]. Straty wynikające z obecności chorób i szkodników, intensywności ich występowania w uprawie ziemniaka mogą obniżać plon nawet o 70% [12, 16, 18, 21, 22, 23, 26, 27]. Jak podają Górecki i Grzesiuk [28] ziemniak na skutek oddziaływania biotycznych czynników środowiska, takich jak choroby, traci 8,4 t·ha⁻¹ plonu głównego, zaś pod wpływem szkodników – 6,2 t·ha⁻¹.

W uprawie znajdują się odmiany odznaczające się wysoką i podwyższoną odpornością genetyczną na najważniejsze choroby ziemniaka (zaraza ziemniaka, PVY, PLRV), a ich wprowadzenie do uprawy ogranicza występowanie patogenów i zmniejsza straty gospodarcze związane z występowaniem

chorób infekcyjnych [12, 24, 25]. Porażenie roślin ziemniaka przez choroby i szkodniki uwarunkowane jest jednak nie tylko właściwościami genetycznymi odmian, lecz również czynnikami abiotycznymi, np. warunkami meteorologicznymi w okresie wegetacji, typem i rodzajem gleby itp. [12, 18, 21, 25, 29, 30, 31].

Stonka ziemniaczana jest szkodnikiem upraw ziemniaka oraz innych uprawnych i dziko rosnących gatunków roślin z rodziny psiankowatych, takich jak: pomidor, bakłażan, tytoń [32]. Według Piekarczyka i wsp. [33] szkodnik ten ma tendencję do gradacyjnych pojawów, co 7 do 10 lat, wówczas też masowo migruje we wszystkich kierunkach. Owady dorosłe oraz larwy mogą doprowadzić do całkowitego gołozeru zaatakowanych roślin, a straty w plonie dochodzą nawet do 50% [32].

Według Kapsy i wsp. [34] oraz Pawińskiej [35, 36] im zimniejsza jest wiosna, tym rozwój stonki jest bardziej rozłożony w czasie. Minimum temperaturowe powietrza dla tego gatunku wynosi średnio $+11,5^{\circ}\text{C}$ (zero fizjologiczne). Poniżej tej temperatury aktywność i składanie jaj przez chrząszcze jest zatrzymane. Także rozwój jaj rozłożony jest w czasie, w zależności od panujących temperatur powietrza i może trwać od 10 do 19 dni. Kelm i wsp. [18] wskazywali, że na ograniczenie rozrodczości chrząszczy stonki ziemniaczanej wpływa susza, a intensywne opady w czerwcu ograniczają występowanie stadiów młodocianych tego szkodnika.

W przypadku wystąpienia na roślinach ziemniaka jednego złoża jaj lub 15 larw mówi się o progu ekonomicznej szkodliwości stonki ziemniaczanej, co powoduje minimalne straty plonu. Jednak, gdy wystąpi około 60 larw na jednej roślinie straty te są już istotne ekonomicznie [35]. Przyjęty próg szkodliwości dla stonki ziemniaczanej to 10 złożów jaj na 10 roślinach lub 15 larw na 1 roślinie, albo 1–2 chrząszcze (zimujące) na 25 roślinach [34, 35]. Zniszczenie przez stonkę powierzchni liści powyżej 15% może spowodować spadek plonu ziemniaka z 1 ha nawet o 28%, tj. o około 7 ton [37].

Oddziaływanie czynników biotycznych przyczynia się do występowania wad bulw ziemniaka. Najczęstszymi wadami zewnętrznymi bulw są deformacje (dzieciuchowatość, paciorkowatość, spękania, nerkowatość, wrzecionowatość), zazielenienia, zdrobnienia, zaś wadami miąższu bulw są: rdzawa plamistość miąższu, pustowatość bulw, szklistość miąższu, przebarwienia miąższu bulw [21, 38, 39, 40, 41].

Wady bulw mogą być też wywoływane przez bakterie. W przypadku mokrej zgnilizny na bulwach pojawiają się brązowe lub wodniste plamy,

Czynniki biotyczne kształtujące plon i jakość bulw ziemniaka

a w sprzyjających warunkach cała bulwa zmienia się w rozpływającą się masę [21, 42]. Porażenie ziemniaka patogenami czarnej nóżki przyczynia się do zmiany zabarwienia miąższu bulw na szaroczarny [42, 43]. Występowanie bakteriozy pierścieniowej powoduje objawy w postaci półprzezroczystej, uwodnionej tkanki, która następnie powoduje powstanie kremowo-żółtej masy w okolicach wiązek przewodzących [21, 42].

Występowanie chorób grzybowych może przyczyniać się do powstawania wad miąższu. Bardzo niebezpieczną chorobą grzybową, powodującą duże straty gospodarcze, jest zaraza ziemniaka. Szacuje się, że na świecie straty powodowane tą chorobą sięgają 15-20% [44]. Na powierzchni bulw choroba ta objawia się nieregularnymi, ołowianoszarymi, lekko wklęsłymi plamkami. Pod skórką powstają rdzawe nacieki postępujące w głąb bulwy. Porażone bulwy gniją w czasie przechowywania i są wtórnie atakowane przez bakterie i grzyby [21, 42, 45]. W Polsce choroba ta pojawia się najczęściej począwszy od drugiej połowy czerwca do początku lipca. Występowanie i nasilenie choroby na polu zależy ściśle od warunków meteorologicznych i źródła patogenu na polu. Okresy podwyższonej wilgotności powietrza oraz temperatury około 15°C sprzyjają rozwojowi patogenu [45].

Grzyby z rodzaju *Alternaria* wywołują na bulwach ziemniaka płytkie, szaro-brązowe wgłębienia z wyraźnie zarysowanymi granicami, o barwie od czerwonej do brązowej. Oczka, które znajdują się w ich obrębie, obumierają, zaś pod skórką tworzy się sucha, skorkowaciała strefa. Na liściach pojawiają się mniejsze lub większe koncentryczne, brunatne plamy, przypominające tarczę strzelniczą [21, 42, 43, 45]. Alternarioza występuje szczególnie w rejonach o wysokiej temperaturze powietrza w okresie letnim, z przemiennymi okresami suchej i wilgotnej pogody [45].

Grzyb *Rhizoctonia solani* Kühn jest przyczyną gnicia kiełków ziemniaka, próchnienia podstawy łodyg, pojawiania się na powierzchni bulw ziemniaka ospowatych plam, a potem gruzełkowatych narośli (sklerocjów), dających się zeskrobać paznokciem. Patogen ten nie powoduje uszkodzeń miąższu bulw, ale wpływa na pogorszenie ich wyglądu oraz ich jakości handlowej, ale przede wszystkim obniża ich jakość, jako sadzeniaków [21, 42, 45]. Występuje na roślinach ziemniaka we wszystkich stadiach jej rozwoju [45]. Straty w plonie bulw powodowane przez rizoktoniozę ziemniaka mogą wynosić od kilku do kilkunastu procent, a w warunkach sprzyjających rozwojowi grzyba mogą dochodzić nawet do 50% [46].

W okresie przechowywania bulwy ziemniaka są atakowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium*, wywołujące suchą zgniliznę. Bulwy „wysychają”, ulegają

mumifikacji, we wnętrzu pojawia się suchy miąższ wypełniony puszystą grzybnią. Straty spowodowane występowaniem tej choroby szacuje się na 4-10% w zależności od przechowywanej odmiany [21, 42, 43, 45]. Mokra zgnilizna również występuje na bulwach ziemniaka w okresie przechowywania. Początkowo na bulwach tworzą się niewielkie, mokre plamki, które powiększają się i powodują rozpad miąższu, staje się on ciekący i cuchnący [21, 45].

Wady miąższu oraz powierzchni bulw ziemniaka mogą być także następstwem porażenia roślin chorobami wirusowymi. Wirus Y powoduje nekrotyczne, wgłębione plamy w kształcie łuków lub pierścieni, zaś wirus liściozwoju ziemniaka brązowe przebarwienia w postaci sieci [43, 42].

Znaczne uszkodzenia bulw ziemniaka powodowane są przez szkodniki glebowe, m.in. drutowce, pędraki i rolnice. Nasilenie występowania tych szkodników obserwuje się na stanowiskach po ugorach, po oszczędnej agrotechnice, czy też w monokulturze. Szczególnie niebezpieczne są larwy, które w bulwach tworzą wżery, korytarze i kanały. Drutowce są najliczniejszą grupą szkodników glebowych. W bulwach ziemniaka tworzą kanały, o nieregularnym kształcie, zanieczyszczone odchodami, o średnicy do 2 mm. Pędraki i rolnice występują zazwyczaj lokalnie, powodują w bulwach duże otwory zewnętrzne i głębokie jamy wewnątrz miąższu. Straty powodowane żerowaniem larw szkodników glebowych wynoszą od 5 do 35% (średnio 10-15%), w skrajnych przypadkach lokalnie mogą sięgać ponad 50% zebranych bulw. Nasilenie występowania szkodników obserwuje się w latach z cieplejszymi zimami i okresami letnimi [22, 26].

Nowacki [27] wskazał, że ilość bulw z wadami spowodowanymi przez choroby i szkodniki, na glebach słabych, wynosiła od 6,0 do 13,9%, zaś bulw małych i wadliwych – 34%. Badania Gruczka [47,48] dowodzą, że intensywne pielęgnacja mechaniczna sprzyja powstawaniu deformacji, uszkodzeń mechanicznych, zazielenieniu bulw, uszkodzeniom chorobowym. Według tego autora zastąpienie zabiegów mechanicznych herbicydami powoduje zmniejszenie wad bulw o około 7%, zaś w badaniach Gugały i wsp. [16] o 5,7%. Uszkodzenie bulw przyczynia się do wnikania chorobotwórczych patogenów [21]. Prośba-Biały i Spyrka [49] zaobserwowali, że wyższe temperatury gleby ograniczają powstawanie uszkodzeń mechanicznych.

Wady zewnętrzne, jak i wewnętrzne bulw mogą występować na skutek niekorzystnych czynników klimatycznych występujących podczas wegetacji roślin, a skłonność do tego typu reakcji jest uwarunkowana właściwościami genetycznymi odmian [38, 40, 41, 50, 51, 52, 53, 54, 59, 58].

Czynniki biotyczne kształtujące plon i jakość bulw ziemniaka

Jankowska i Lutomirska [39] dowiodły, iż udział bulw zdeformowanych u odmian o dłuższym okresie wegetacji jest większy, niż u odmian wczesnych i bardzo wczesnych.

Hiller i Thornton [57], Zarzyńska i Goliszewski [58], Zarzecka i wsp. [59, 60], Trawczyński [54] dowiedli, że w latach suchych, z nierównomiernie rozłożonymi opadami występuje więcej bulw z wadami wewnętrznymi i zewnętrznymi (porażenie parchem zwykłym, uszkodzenia przez szkodniki, występowanie rdzawej plamistości, korkowatości bulw, zazielenienia). Rębarz i Borówczak [55, 56], Zarzyńska i Goliszewski [38] wykazali, że stosowanie nawadniania ziemniaka ogranicza występowanie i nasilenie objawów parcha zwykłego na bulwach oraz zmniejsza udział bulw zdeformowanych i bulw ze rdzawą plamistością mięszu.

Na ilość bulw z wadami zewnętrznymi i wewnętrznymi ma wpływ także sposób pielęgnacji plantacji ziemniaka. Gugala i wsp. [16] oraz Zarzecka i wsp. [59] dowiedli, że najwięcej bulw z wadami występowało w przypadku stosowania pielęgnacji mechanicznej, zaś najmniej w kombinacjach, gdzie stosowano zabiegi mechaniczno-chemiczne. Ponadto Gugala i wsp. [61] dowodzą, że o udziale wad w plonie bulw decydują sposoby zwalczania stonki ziemniaczanej.

Na występowanie wad bulw ma także wpływ typ i rodzaj gleby. Hiller i Thornton [57] oraz Zarzyńska i Goliszewski [58] na glebach mocnych obserwowali więcej bulw spękanych, zaś na glebach lekkich więcej było bulw z pustowatością. Pietraszko i wsp. [41] odnotowali większy udział bulw z rdzawą plamistością mięszu na glebach lekkich z dużymi wahaniami wilgotnościowo-termicznymi. Z kolei Prośba-Biały i Spyrka [49] oraz Spyrka [63] dowodzą większej skłonności bulw do powstawania uszkodzeń mechanicznych na glebach ciężkich.

Lutomirska [62] dowiodła, że podatność bulw na uszkodzenia ma związek z wielkością, kształtem, regularnością bulw oraz ze stopniem ich dojrzałości. Zdaniem Spyrki [63] bulwy dojrzałe, w pełni wykształcone, mające skorkowaciałą skórkę są mniej podatne na uszkodzenia.

Ograniczenie występowania bulw drobnych, zdeformowanych, spękanych, porażonych parchem zwykłym, ospowatością czy też uszkodzonych przez szkodniki lub uszkodzonych mechanicznie ma duże znaczenie, gdyż zmniejszają wielkość plonu handlowego. Takie bulwy nie nadają się do sprzedaży, a tym bardziej do produkcji wyrobów przetworzonych, a więc frytek, chipsów, mrożonek, co jest ważne dla przetwórstwa. Pogarszają one estetykę i zwiększają straty podczas obróbki mechanicznej, co jest istotne dla konsumenta [26, 27, 39, 60].

Najczęściej stosowaną metodą ograniczania występowania patogenów jest metoda chemiczna. Stosując ją, należy brać pod uwagę termin rozpoczęcia ochrony, terminy kolejnych zabiegów, kolejność stosowania środków ochrony roślin, stosowanie odpowiednich dawek tych środków, prawidłowe wykonanie zabiegów, uwzględnienie temperatury otoczenia, uwzględnienie miejsca wystąpienia pierwszych objawów choroby na roślinie, szczególnie w przypadku zarazy ziemniaka [36, 45].

Do zwalczania szkodników glebowych oraz stonki i mszyc zarejestrowana jest zaprawa insektycydowo-fungicydowa Prestige 370 FS, którą stosuje się do zaprawiania sadzeniaków. Zwalczanie motyli rolnic i najmłodszego pokolenia gąsienic, które jeszcze żerują na roślinach, wykonuje się przy okazji zabiegów wykonywanych przeciwko stonce ziemniaczanej, ponieważ rozwój tych agrofagów jest zbieżny [22, 36]. Jak podaje Kapsa i wsp. [34] oraz Krochmal-Marczak i Sawicka [64] występowanie w ekosystemie naturalnych wrogów stonki: ptaków (kuropatwa, bażant, szpak), płazów, nicieni owadobójczych w glebie oraz chrząszczy biegaczowatych, kusakowatych, biedronek i grzybów owadobójczych ma wpływ na ograniczenie liczebności stonki. Jednak przy tak dużej płodności samic, nawet niewielka liczba złożonych przez nie jaj powoduje przekroczenie progu szkodliwości.

Podsumowanie

Przeciwdziałanie negatywnym wpływom czynników środowiska na jakość plonu ziemniaka jest możliwe poprzez wykorzystywanie w uprawie odmian o zwiększonej odporności genetycznej, stosowanie zdrowego materiału sadzeniakowego, usuwanie roślin porażonych patogenami, zapewnienie właściwej agrotechniki, w tym nawożenia i ochrony roślin, a także stosowanie nawadniania. Ponadto istotna jest hodowla odmian przystosowanych do szybkiego regenerowania się po wystąpieniu silnych stresów (susza, niskie temperatury itp.), zapewniających wysokie i stabilne plonowanie w warunkach ograniczonej dostępności zasobów naturalnych i syntetycznych środków produkcji.

Literatura

- [1] Birch P.R.J., Bryan G., Fenton B., Gilroy E., Hein I., Jones J.T., Prashar A., Taylor M.A., Torrance L., Toth I.K., Crops that feed the world, Potato: are the trends of increased global production sustainable?, Food Security, 2012, 4, s. 477–508.

Czynniki biotyczne kształtujące plon i jakość bulw ziemniaka

- [2] Zarzecka K., Technologia uprawy ziemniaka w zrównoważonym systemie gospodarowania (praca przeglądowa), Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 2014, 272, s. 113–127.
- [3] Niekerk C. van, Schönfeldt H., Hall N., Pretorius B., The Role of Biodiversity in Food Security and Nutrition: A Potato Cultivar Case Study, Food and Nutrition Sciences, 2016, 7, s. 371–382, [dostęp: <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2016.75039> [Akces: 16.04.2015 r.]
- [4] Wroniak J., Jakość ziemniaków na stole konsumenta, Ziemniak Polski, 2007, 1, s. 8–12.
- [5] Nowacki W., Stan aktualny i perspektywy produkcji ziemniaka w Polsce do roku 2020, Studia i Raporty IUNG-PIB Puławy, 2009, 14, s.71–94.
- [6] Leszczyński W., Żywnościowa wartość ziemniaka i przetworów ziemniaczanych (Przeгляд literatury), Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 2012, 266, s. 5–20.
- [7] Umadevi M., Sampath Kumar P.K., Bhowmik D., Duraivel S., Health Benefits and Cons of Solanum tuberosum, Journal of Medicinal Plants Studies, 2013, 1(1), s. 16–25.
- [8] Spooner D.M., Hijmans R.J., Potato systematics and Germplasm Collecting. 1989–2000, American Journal of Potato Research, 2001, 78, s. 237–268.
- [9] FAOSTAT, Production, 2014, <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> [Akces: 15.06.2015 r.].
- [10] Pszczółkowski P., Sawicka B., Wartość odżywcza białka wybranych odmian ziemniaka [w:] Bioprodukty – pozyskiwanie, właściwości i zastosowanie w produkcji żywności, (red.) G. Lewandowicz, J. Le Than-Blicharz, Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań 2016.
- [11] Rocznik Statystyczny Rolnictwa, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2015, s. 456.
- [12] Sawicka B., Próba ustalenia wpływu niektórych czynników środowiska i zabiegów agrotechnicznych na ciemnienie miąższu bulw ziemniaka, Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 1991, 179, s. 67–74.
- [13] Sawicka B., Studia nad zmiennością wybranych cech oraz degeneracją różnych odmian ziemniaka w rejonie białkopodlaskim, Rozprawy Naukowe 141, Akademia Rolnicza, Lublin, 1991.
- [14] Jura C., Krzanowska H., Encyklopedia biologiczna, (red.) Z. Otałęga, Agencja Publ. Wyd. Opres Kraków, T. 4, 1998, s. 82.
- [15] Cwalina-Ambroziak B., Struktura zbiorowiska grzybów spod uprawy ziemniaka, ukształtowana pod wpływem niektórych czynników agrotechnicznych, Annales UMCS. E-59, 2004, 3, s. 1213–1221.
- [16] Gugała M., Zarzecka K., Baranowska A., Wpływ sposobów uprawy roli i odchwaszczania na występowanie wad w plonie ziemniaka, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 2008, 530, s. 161–168.
- [17] Anonimus. Zagrożenia okresowe występujące w Polsce. Wydział Analiz i Prognoz Biura Monitorowania i Analizy Zagrożeń PCB, Warszawa 2010, s. 39.
- [18] Kelm M., Fostiak I., Kadłubiec W., Czynniki warunkujące zagrożenie upraw ziemniaka przez stonkę ziemniaczaną (*Leptinotarsa decemlineata*) say., Fragmenta Agronomica, 2010, 27(1), s. 62–72.
- [19] Trawczyński C., Wierzbicka A., Reakcja nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem, Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 2011, 259, s. 193–201.
- [20] Borówczak F., Nawadnianie ziemniaków, [w:] Produkcja i rynek ziemniaków (red.) J. Chotkowski, Wieś Jutra, Warszawa 2012, s. 205–214.
- [21] Hara-Skrzypiec A., Wady i uszkodzenia bulw ziemniaka wywołane różnymi czynnikami, Ziemniak Polski, 2013, 4, s. 30–35.

- [22] Erlichowski T., Uszkodzenia miąższu bulw powodowane przez szkodniki glebowe a wartość technologiczna ziemniaków jadalnych i dla przetwórstwa, Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 2014, 273, s. 161–170.
- [23] Czerko Z., Goliszewski W., Jankowska J., Lutomirska B., Nowacki W., Trawczyński C., Zarzyńska K., Metodyka integrowanej produkcji ziemniaka, Praca zbiorowa, (red.) W. Nowacki, PIORIN, Warszawa, 2014, s. 85.
- [24] Gacek S., Rola postępu odmianowego i zarządzania odpornością odmian na choroby w integrowanej ochronie roślin, COBORU, Słupia Wielka 2016, s. 31.
- [25] Gawińska-Urbanowicz H., Ocena występowania chorób grzybowych i bakteryjnych ziemniaka w warunkach polowych, Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 2007, 243, s. 191–197.
- [26] Erlichowski T., Ochrona ziemniaka przed szkodnikami glebowymi [w:] Produkcja i rynek ziemniaków, (red.) J. Chotkowski, Wieś Jutra, Warszawa 2012, s. 163–173.
- [27] Nowacki W., Straty plonu handlowego ziemniaków powodowane przez choroby i szkodniki w 2005 roku, Progress in Plant Protection, 2006, 46(1), s. 193–201.
- [28] Górecki R., Grzesiuk S. (red.), Fizjologia plonowania roślin, UWM, Olsztyn 2002.
- [29] Wróbel S., Porażenie bulw ziemniaka parchem zwykłym i ryzoktoniozą w zależności od zabiegów stosowanych w nasiennictwie, Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 2003, 228, s. 283–289.
- [30] Kurzawińska H., Gajda I., Ocena przydatności niektórych fungicydów w ochronie ziemniaka przed zarazą ziemniaczaną *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 2004, 233, s. 333–338.
- [31] Bernat E., Problem ospowatości na wybranych odmianach ziemniaka, Konferencja Naukowa: Nasiennictwo i ochrona ziemniaka, Kołobrzeg-Bonin 10-11.03.2005, s. 32–35.
- [32] Lipa J.J., Zych A., Kwarantannowe agrofagi Europy, Inspektorat Kwarantanny Roślin, Warszawa 1994.
- [33] Piekarczyk K., Pruszyński S., Matysiak M., Masowy pojaw stonki ziemniaczanej (*Lepidotarsa decemlineata* Say) w 1983 roku, jej zwalczanie i prognoza pojawu w 1984, Materiały 24 Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roślin, 1984, s. 229–242.
- [34] Kapsa J., Mrówczyński M., Erlichowski T., Gawińska-Urbanowicz H., Matysek K., Osowski J., Pawińska M., Urbanowicz J., Wróbel S., Ochrona ziemniaka zgodna z zasadami integrowanej ochrony roślin, Część II, Metoda zrównoważonej chemicznej ochrony ziemniaka, Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 2014, 273, s. 145–159.
- [35] Pawińska M., System ochrony ziemniaków przed agrofagami, Fragmenta Agronomica, 2007, 4(96), s. 82–91.
- [36] Pawińska M., Stonka ziemniaczana (*Lepidotarsa Decemlineata* Say), [w:] Produkcja i rynek ziemniaków, (red.) J. Chotkowski, Wieś Jutra, Warszawa 2012, s. 156–162.
- [37] Kowalska J., Ochrona upraw ziemniaków w systemie rolnictwa ekologicznego, IOR-PIB, Poznań 2010.
- [38] Zarzyńska K., Goliszewski W., Możliwość poprawy jakości ziemniaków uprawianych w systemie ekologicznym poprzez zabiegi agrotechniczne, Ziemniak Polski, 2013, 1, s. 18–23.
- [39] Jankowska J., Lutomirska B., Czynniki środowiska determinujące występowanie spekań i deformacji bulw ziemniaka, Ziemniak Polski, 2014, 4, s. 18–24.

Czynniki biotyczne kształtujące plon i jakość bulw ziemniaka

- [40] Kamiński P., Ocena stabilności plonu i właściwości kulinarnych bulw ziemniaka odpornego na *Phytophthora infestans*, Rozprawa doktorska, IHAR-PIB, Radzików 2015, s. 194.
- [41] Pietraszko M., Jankowska J., Lutomirska B., Gentotypowa i środowiskowa zmienność występowania wad miąższu bulw w plonie rodów hodowlanych ziemniaka, *Fragmenta Agronomica*, 2015, 32(3), s. 73–87.
- [42] Korbas M., Jajor E., Horoszkiewicz-Janka J., Danielewicz J., Atlas chorób roślin rolniczych, Hortpress, Warszawa 2016, s. 212.
- [43] Wale S., Platt H.W., Cattlin N., Diseases, pests and disorders of potatoes, A colour handbook, Manson Publishing Ltd., 2008.
- [44] Anonimus. CIP in 1996. The International Potato Center Annual Report, International Potato Center, Lima, Peru 1997.
- [45] Kapsa J., Ochrona ziemniaka przed chorobami grzybowymi i bakteryjnymi, [w:] Produkcja i rynek ziemniaków, (red.) J. Chotkowski, Wieś Jutra, Warszawa 2012.
- [46] Häni F., Popow G., Reinhard A., Ochrona roślin rolniczych w uprawie integrowanej, PWRiL, Warszawa 1998, s. 130–131.
- [47] Gruczek T., Kierunki zmian w technologii produkcji ziemniaka, *Mat. Forum Producentów, Dystrybutorów i Przetwórców Ziemniaka*, Jadwisin-Brwinów 7–8 marca 2001, s. 56–64.
- [48] Gruczek T., Skuteczność zabiegów mechanicznych w systemach pielęgnowania ziemniaka, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2002, 489, s. 123–135.
- [49] Prośba-Białczyk U., Spyrka B., Wpływ niektórych czynników na powstawanie uszkodzeń mechanicznych bulw ziemniaka, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2010, 557, s. 173–182.
- [50] Zimnoch-Guzowska E., Flis B., Genetyczne podstawy cech jakościowych ziemniaka, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2006, 511, s. 23–36.
- [51] Levy D., Veilleux R.E., Adaptation of potato to high temperature on plant growth and carbohydrate metabolism in potato, *Plant Physiology*, 2007, 109, s. 637–643.
- [52] Lutomirska B., Jankowska J., Występowanie deformacji i spękań bulw ziemniaka w zależności od warunków meteorologicznych i odmiany, *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 2012, 266, s. 131–142.
- [53] Lutomirska B., Szutkowska M., Nowacki W., Pietraszko M., Jankowska J., Występowanie wad kształtu bulw w plonie odmian i zaawansowanych materiałów hodowlanych ziemniaka, *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 2013, 267, s. 121–130.
- [54] Trawczyński C., Plon i jakość bulw nowych odmian ziemniaka w warunkach zróżnicowanego nawożenia mineralnego azotem, *Acta Agrophysica*, 2016, 23(2), s. 261–273.
- [55] Rębarz K., Borówczak F., Porażenie patogenami bulw ziemniaków odmiany Satina w zależności od deszczowania, technologii uprawy i nawożenia azotowego, *Progress in Plant Protection*, 2009, 49 (4), s. 1762–1766.
- [56] Rębarz K., Borówczak F., Wpływ deszczowania, technologii uprawy i nawożenia azotowego na jakość ziemniaków odmiany Bila, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2006, 511, Cz. 2, s. 287–301.
- [57] Hiller L.K., Thornton R.E., Managing physiological disorders, [w:] Johnson D.A. (ed.) Potato health management, American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN, 2008, s. 235–245.

- [58] Zarzyńska K., Goliszewski W., Zróźnicowanie jakości plonu ziemniaków uprawianych w systemie ekologicznym i integrowanym w zależności od warunków glebowo-klimatycznych, Część I, Udział wad zewnętrznych i wewnętrznych bulw, Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 2012, 266, s. 73–79.
- [59] Zarzecka K., Gugąła M., Dołęga H., Występowanie wad bulw ziemniaka w warunkach pielęgnacji mechaniczno-chemicznej, Nauka Przyroda Technologie, 2013, 7(1), s. 1–8.
- [60] Zarzecka K., Gugąła M., Dołęga H., Sikorska A., Występowanie wad bulw w plonie ziemniaka po zastosowaniu użyźniacza glebowego UG max, Annales UMCS, 2014, E-69 (2), s. 70–79.
- [61] Gugąła M., Zarzecka K., Mystkowska I., Występowanie wad bulw ziemniaka w warunkach stosowania insektycydów nowej generacji, Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 2010, 257/258, s. 103–109.
- [62] Lutomirska B., Wpływ opadów na odporność bulw na uszkodzenia mechaniczne w czasie zbioru, Ziemniak Polski, 2008, 3, s. 40–43.
- [63] Spyrka B., Wpływ warunków siedliskowych na powstawanie i wielkość uszkodzeń mechanicznych bulw ziemniaka dla przetwórstwa spożywczego, Rozprawa doktorska, Uniwersytet Przyrodniczy, Wrocław 2013, s. 166.

Do cytowania:

Bienia B., Sawicka B., Krochmal-Marczak B., Czynniki biotyczne kształtujące plon i jakość bulw ziemniaka, Herbalism, 2017, 1(3), s. 125–136

Fitoterapia zespołu poboreliozowego

Phytotherapy of posttreatment Lyme disease syndrome

Przemysław Figura

Uniwersytet Medyczny w Poznaniu, ul. Fredry 10, 61-701 Poznań, tel. 61 854 60 00, e-mail: fp.nanga@gmail.com

Słowa kluczowe: borelioza, fitoterapia, zespół poboreliozowy

Keywords: lyme disease, phytotherapy, posttreatment Lyme disease syndrome

Streszczenie

Uznany standardem leczenia boreliozy jest antybiotykoterapia, zarówno w monoterapii, jak i łączona. We wczesnej fazie choroby wykazują one umiarkowaną skuteczność. W przypadku nawet 1/3 chorych poddanych leczeniu, w dalszym ciągu manifestują się różne objawy określane jako zespół poboreliozowy (PTLDS). Za przyczynę PTLDS uważa się uszkodzenia patofizjologiczne pozostałe po chorobie lub przewlekła infekcja krętkami *B. burgdorferi* (Bb) sensu lato w formach owalnych oraz chronione przez biofilm. Zwykle stosowane przy boreliozie antybiotyki nie przynoszą efektów przy PTLDS, także przy wydłużonym czasie leczenia. Zasadne zatem wydaje się zwrócenie w kierunku poszukiwania nowych związków mogących wspomóc leczenie. Interesującym kierunkiem zdaje się badanie związków fitochemicznych i ekstraktów roślinnych. Przegląd badań wskazuje, iż niektóre z nich wykazują wysoką efektywność wobec Bb w monoterapii i terapii kombinowanej z antybiotykami, m.in. ekstrakt ze stewii, bajkalina. Omówiona zostanie także fitoterapia Buhnera.

Summary

The recognized standard in Lyme disease treatment is antibiotic therapy, both in monotherapy or in combination. This approach is fairly effective in the early stages of the disease. In up to 1/3 of the patients treated, Lyme disease symptoms remain; which is diagnosed as PTLDS. The cause of PTLDS is considered to be pathophysiological damage after the disease or a chronic infection of *B. burgdorferi* (Bb) sensu lato remaining in oval forms and protected by biofilm. Standard antibiotic Lyme treatment is ineffective in PTLDS, as well as extended treatments. Therefore, it seems reasonable to look for new compounds that can aid treatment. An interesting direction seems to be the study of phytochemical compounds and plant extracts. A review of the studies indicates that some of them, such as Stevia extract, Baicalin are highly effective against Bb in monotherapy and in combination therapy with antibiotics. Buhner's phytotherapy will also be discussed.

Borelioza to najczęstsza choroba odkleszczowa występująca u ludzi. Jest wywoływana przez bakterie z rodzaju *Borrellia*, głównie *B. burgdorferi sensu stricto*, *B. afzelii* i *B. garinii* [1]. Wektorem są zwykle kleszcze z rodzaju *Ixodes*, np. *Ixodes ricinus*, jednak nie tylko. Kleszcze te są rozpowszechnione w Eurazji i Ameryce Północnej, szczególnie w jej wschodniej części. Przechodzą różne stadia rozwojowe, od larwy, poprzez nimfę do osobnika dorosłego. Larwa kleszcza ma około 1 mm wielkości, nimfa około 1,5 mm wielkości, formy dorosłe 6–15 mm. Szacuje się, że 10,1% nimf w Europie jest nosicielem krętków *Borellia*, wobec 18,6% zainfekowanych form dorosłych [2]. Częstość występowania boreliozy wzbudza duże kontrowersje. Oficjalnie podaje się w Polsce 13 624 zachorowania na boreliozę w 2015 roku, co daje 36 osób na 100 tys. [3]. W Holandii są to 23 500 nowych przypadków zachorowań rocznie (120 osób/100 tys) [4]. W Szwecji zdiagnozowane 464 przypadki na 100 mieszkańców w 2016 roku [5].

W Stanach Zjednoczonych oficjalne statystyki CDC podają 28 453 przypadki nowych zachorowań w roku 2015 [6], jednakże ta organizacja jednocześnie przyznaje, iż rzeczywista częstość występowania boreliozy jest około 10 razy większa, szacując to na podstawie ilości osób seropozytywnych wobec krętków *Borellia* i ilości osób diagnozowanych klinicznie z danych firm ubezpieczeniowych [7]. Rozbieżności te wynikają również z licznych problemów diagnostycznych związanych z chorobą z Lyme. Tylko część osób u których rozpoznano kliniczną boreliozę przypomina sobie ukąszenie kleszcza. Rumień wędrujący (*Erythema migrans*) uważany za klasyczny objaw kliniczny pojawia się w około 70–80% przypadków, często ma on atypowy charakter [8]. Typowa dwustopniowa diagnostyka laboratoryjna opiera się o test ELISA i potwierdzenie wyniku za pomocą testu Western Blot. Metaanaliza badań tych testów wykazała, że średnia czułość testu ELISA wynosi zaledwie 62,3%, a Western Blot 62,4% [9].

Standardem leczenia rozpoznanej boreliozy jest doksycyklina w dawce 2x100 mg na dobę przez 14–28 dni. Wykazuje ona dość wysoką skuteczność w eradykacji krętków przy wczesnym rozpoznaniu. Stosuje się także inne antybiotyki, m.in. amoksycylinę, azytromycynę i klarytromycynę, a przy neuroborelioze wlewy dożylnie z Cefriaksonu i Cefotaksymu [10]. W badaniach klinicznych skuteczność leczenia wczesnie rozpoznanej boreliozy z występującym rumieniem wędrującym oszacowano na 85–90% [12, 13, 14]. W przypadku neuroboreliozy, częściej obserwowanej w Europie [11] zauważono istotną poprawę po podaniu antybiotyków u znacznej większości pacjentów, jednak 20–60% osób zgłaszało utrzymywanie się licznych

negatywnych objawów klinicznych [15, 16]. W związku z tym, w 2006 Amerykańskie Stowarzyszenie Chorób Zakaźnych (IDSA) zaproponowało utworzenie terminu *Post-Treatment Lyme Disease Syndrome* (PTLDS) – w polskiej literaturze określanego jako zespół poboreliozowy [17] dla określenia pacjentów, u których mimo prawidłowego leczenia właściwie rozpoznanej boreliozy, utrzymywały się subiektywne objawy. Należą do nich, m.in. chroniczne zmęczenie, ogólny ból, trudności kognitywne związane z myśleniem i pamięcią, bóle stawów, mięśni, głowy, szyi, pleców, rozdrażnienie [18]. Niektórzy autorzy rozszerzają to pojęcie, i tak np. Cameron definiuje zespół poboreliozowy jako *utrzymujące się objawy takie jak bóle lub swędzenie stawów, zmęczenie, zaburzenia poznawcze, bóle głowy, zaburzenia snu i inne efekty neurologiczne jak zaburzenia demielinizacji, neuropatia obwodowa, objawy neuropsychiatryczne lub kardiologiczne* [19].

Istnienie i etiologia zespołu poboreliozowego wzbudza duże kontrowersje. Obecnie jest to bardziej określenie dla grupy osób z objawami aniżeli jednostka kliniczna. Należy ją także odróżnić od przewlekłej, nieleczonej boreliozy lub nieskutecznego leczenia antybiotykowego. Sceptycy wobec istnienia zespołu poboreliozowego argumentują, że takie objawy jak chroniczne zmęczenie występują u około 20% osób w populacji dorosłych, 36–45% osób doświadcza umiarkowanego bólu mięśni lub stawów, a 1/3 doświadcza problemów kognitywnych [20].

Jest kilka hipotez na temat przyczyn PTLDS. Najwcześniej sformułowano tezę uszkodzeń patofizjologicznych po przebytej chorobie [20]. Wiadomo, że krętki *Borellia* wykazują tropizm do tkanki łącznej serca, śródbłonna, ligamentów, osłonki mielinowej czy błony maziowej stawów [21]. Ich uszkodzenia mogą prowadzić do obserwowanych objawów takich jak porażenie nerwu twarzowego obserwowane u około 20% osób po przebytej chorobie [20]. U 10% osób leczonych na boreliozę stawową występuje antybiooporna borelioza stawowa, którą tłumaczy się zjawiskami autoimmunologicznymi [22]. U pacjentów z upływem czasu następuje poprawa [20]. Nie stwierdza się obecności krętków w posiewach po infekcji. Podobne zjawisko uszkodzeń patofizjologicznych znamy w innych chorobach, m.in. bakteryjnym zapaleniu płuc [20]. Jednakże jak zauważył Aucott, u 20–45% pacjentów nowe objawy pojawiają się po dłuższym czasie od zakończenia leczenia [23]. Stwierdzono wyższą częstość występowania przeciwciał do protein p28, p30, p31 i p34 u osób z zespołem poboreliozowym względem osób zdrowych po przebytej boreliozie [24]. Zaobserwowano wyraźnie różnice w kompozycji protein płynu mózgowo-rdzeniowego względem osób

zdrowych i z chronicznym zmęczeniem [25]. Postuluje się także podłoże autoimmunologiczne [21, 26].

Alternatywną koncepcją jest obecność form latentnych *B. burgdorferi s.l.* takich jak formy owalne czy L-kształtne. Powstają one pod wpływem czynników stresowych, m.in. zmian pH, zasolenia, poziomu cukru czy w obecności antybiotyków [27]. Formy te wykazują oporność wobec zwykle stosowanych w leczeniu boreliozy antybiotyków – doksycykliny czy amoksycykliny [27]. Jednakże formy przetrwalnikowe obserwujemy przede wszystkim *in vitro*, natomiast bardzo rzadko *in vivo*, na dodatek obecności tych form nie powiązано z aktywnym zespołem objawów PTLDS czy chronicznej boreliozy [28]. Wskazuje się na brak dobrych technik obserwacyjnych form przetrwalnikowych *in vivo*. Jako użyteczne wymienia się obecnie jedynie obserwację mikroskopową, zależną od trafnego dobru miejsca biopsji i częściowo PCR [29]. Standardowo stosowana w leczeniu boreliozy doksycyklina jest silnym induktorem form owalnych krętków *Borellia*, zwiększając ich ilość o 270% [30]. Związki metronidazolu, tinidazolu, tigecyliny czy amoksycykliny redukują ilość form przetrwalnikowych w warunkach *in vitro* [30].

W ostatnim czasie zaobserwowano tworzenie przez krętki *Borellia burgdorferi sensu lato* biofilmu, czyli złożonych granulanych kolonii, które pozwalają przetrwać bakteriom w trudnych warunkach środowiskowych [31]. Biofilm udało się zaobserwować zarówno *in vitro*, jak i w organizmach żywych. Jest on wysoce odporny na antybiotyki. W przypadku niektórych bakterii wymagane skuteczne stężenia bójcze antybiotyków są nawet 1000 razy większe. Biofilm zaobserwowano zarówno bezpośrednio przy użyciu technik mikroskopowych, jak i poprzez markery, przede wszystkim przeciwciała wobec alginianów [31]. Sugeruje się także obecność mechanizmu efflusu jako czynnika oporności wobec antybiotyków [32, 33]. Badania *in vitro* nad skutecznością antybiotyków wykazały około 30–40% zmniejszenie biofilmu, co jest wynikiem wysoce niezadowalającym [30]. Podaje się, że bakterie tworzące biofilm są odpowiedzialne za szereg długotrwałych i opornych infekcji [34]. Długotrwała monoantybiotykoterapia wydaje się nie przynosić satysfakcjonujących efektów [35]. W związku z tym istnieje potrzeba poszukiwania nowych rozwiązań, a jednym z interesujących i łatwo dostępnych kierunków jest zwrócenie się ku związkom naturalnym.

Przesiewowe badania aktywności związków naturalnych *in vitro* wobec krętków, form owalnych i biofilmu przeprowadzono w Instytucie Ratha na szczepach *Borellia burgdorferi s.s.* i *Borellia garinii* [36]. Wszystkie 15 testowanych związków wykazywało aktywność bakteriostatyczną i bakteriobój-

czą wobec krętków. W przypadku owalnych form przetrwalnikowych uzyskano tylko wartości LD_{50} dla hydroksytyrozolu, kwasu cis-2-decenowego, baikaleiny, monolaurynianu glicerolu i wyciągu z listownicy standaryzowanej na zawartość jodu. Nie są to wartości satysfakcjonujące klinicznie, ale należy wspomnieć, że użyta jako odniesienie doksycyklina nie wykazywała aktywności wobec form owalnych. Najmniejszą aktywność wykazywały badane związki naturalne wobec biofilmu. Wobec *B. burgdorferi* aktywne były luteolina, kwas cis-2-decenowy, baikaleina, monolaurynian glicerolu i wyciąg z listownicy, zmniejszając wielkość kolonii 30–60%. Wobec *B. garinii* aktywne były tylko monolaurynian glicerolu i baikaleina, zmniejszając wielkość kolonii o około 40–60%. Doksycyklina zmniejszała wielkość biofilmu o około 40%. Należy podkreślić, że używano bardzo wysokich stężeń związków pochodzenia naturalnego i doksycykliny na poziomie 500 $\mu\text{g/ml}$, które są trudne do uzyskania *in vivo* [36]. Sprawdzono także połączenie doksycykliny ze związkami pochodzenia naturalnego. Zaobserwowano efekt addytywny wobec form owalnych między antybiotykiem a flawonami: baikaleiną i luteoliną, natomiast wobec biofilmu z baikaleiną, luteoliną i ekstraktem z listownicy [37].

Dalsze badania screeningowe *in vitro* wykazały że ekstrakt z pestek grejpfruta, ekstrakt z dzikiej wiśni, ekstrakt z zielonych łupin orzecha czarnego, ekstrakt z pestek moreli, kwercetyna i resweratrol wykazywały umiarkowaną aktywność wobec form owalnych w wysokich stężeniach, zabijając je w 40–50% [38]. Bardziej obiecujące wyniki uzyskano, badając komercyjnie dostępne etanolowe ekstrakty ze stewii (*Stevia rebaudiana* Bertoni, *Asteraceae*) [39]. Jeden z nich wykazywał bardzo dobrą skuteczność bójącą wobec krętków *B. burgdorferi* i użyto go do dalszych badań. Wobec form owalnych ekstrakt ze stewii uzyskał 94% eradykację żywych komórek. Jako kontrolę negatywną użyto 25% etanolu, a jako kontrolę pozytywną doksycyklinę. Oba te związki nie miały wpływu na liczebność form kolistych względem kultur, do których nie wprowadzano żadnych dodatkowych związków. Badania ekstraktu ze stewii na biofilmie *B. burgdorferi* wykazały 34–40% redukcji jego wielkości w zależności od użytego podłoża. Doksycyklina nie zmniejszyła istotnie wielkości biofilmu. Mechanizm działania ekstraktu ze stewii nie został jak do tej pory poznany [39]. Wyciągi ze stewii, standaryzowane na zawartość 95% stewiozydu, są stosowane jako zamiennik cukru, od 2010 roku dostępne także w Unii Europejskiej [38]. Wydaje się jednak, że to nie stewiozyd, a inne związki zawarte w roślinie wykazują silną aktywność przeciwbakteryjną [40].

Ciekawe i całościowe podejście do fitoterapii boreliozy prezentuje Stephen Buhner, amerykański zielarz i fitoterapeuta, zajmujący się od kilkunastu lat problematyką boreliozy i koinfekcji [42]. Jego koncepcja opiera się na obserwacji ekologii krętków *Borellia* i oddziaływaniu na organizm na różnych poziomach:

- Ochrona śródbłonna (endothelium)
- Remodulacja cytokin
- Ochrona struktur kolagenowych
- Modulacja i wzmocnienie układu odpornościowego
- Ochrona i przywrócenie funkcji uszkodzonych struktur fizjologicznych
- Oddziaływanie na konkretne symptomy
- Zwalczanie krętków.

Buhner proponuje użycie licznych ziół. Do najważniejszych z nich należą rdestowiec japoński, brodziuszka wierchowata, witania ospała, tarczycza bajkalska, czepota puszysta, eleuterokok kolczysty oraz gou teng.

Rdestowiec japoński (*Polygonum cuspidatum*, *Reynoutria japonica* Houtt., *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr.) należy do rodziny rdestowatych (*Polygonaceae*). Jest to roślina inwazyjna, zawleczona z Azji południowo-wschodniej. Surowcem jest kłącze z korzeniem. Do najważniejszych składników należą: resweratrol, polidatyna, emodyna, chryzofanol, kwas galusowy, kwercetyna, luteolina, apigenina. Rdestowiec wykazuje szeroki zakres działania biologicznego: działa przeciwbakteryjnie, immunomodulująco, przeciwnowotworowo, prewencyjnie przy miażdżycy [43]. Ważne jest jego działanie hamujące translokację NF-kB, czynnika odgrywającego kluczową rolę w regulacji odpowiedzi immunologicznej na infekcję. Zaburzenia w jego regulacji powiązane są, m.in. ze stanami zapalnymi czy chorobami autoimmunologicznymi. Zmniejsza poziom prozapalnych cytokin, in. TNF- α , IL-6 [44], IL-1 β , IL12-, IFN- γ [45]. Działa antyoksydacyjnie i neuroprotektoryjne [46]. Wywiera działanie ochronne na śródbłonek. Resweratrol zawarty w rdestowcu jest obecnie jednym z najintensywniej badanych nutraceutyków, z licznymi badaniami klinicznymi [47]. Zalecane dawkowanie rdestowca waha się od 1–10 g 3 razy dziennie.

Brodziuszka wierchowata (*Andrographis paniculata*, *Acanthaceae*) występuje w Azji południowo-wschodniej. Stosowana powszechnie w Ajurwedzie. Zawiera diterpeny: andrografolid (0,8–1,8%) i pochodne deoksyandrografolid, neoandrografolid, bisandrografolid B, andrograpanina. Ponadto występują flawonoidy, sterole. Wykazuje działanie immunomodulujące (m.in. hamuje TNF- α , IL-6, IL-8), przeciwwirusowe, przeciwbakte-

ryjne wobec szerokiego spektrum patogenów. Istotnie skraca czas trwania infekcji, szczególnie w połączeniu z żeń-szeniem syberyjskim [48]. Ograniczeniem do stosowania brodziuszki są przede wszystkim skórne reakcje alergiczne występujące u około 1% osób zażywających ziele [49,42]. Typowe dawkowanie to 2–5 g 3 razy dziennie. Z uwagi na mechanizm wydalania do światła jelita andrografolidu przez glikoproteinę P – dawki powyżej 1 mg/kg masy ciała nie wchłaniają się [50].

Witania ospała (*Withania somnifera* (L.) Dunal, *Solanaceae*) to jedno z najważniejszych ziół ajurwedyjskich o bardzo szerokim oddziaływaniu biologicznym. Jej potoczna nazwa to Ashwagandha. Zawiera laktony steroidowe (witanolidy): witaferyna A, witanon, 27-dezoksywitanon, witanolidy A, B, D, witanozydy IV, VI, alkaloidy (anaferyna, anahigryna, witanina). Wspomaga procesy kognitywne, działa przeciwstresowo (obniża poziom kortyzolu, zmniejsza pobudzenie neuronów glutaminowych i nNOS), przeciwlękowo, poprawia wydolność, obniża cholesterol, działa przeciwnowotworowo, moduluje układ odpornościowy (m.in. hamuje IL-10, IL-1 β , MIP-1 α , NF-kB) [51], reguluje sen. Działa wyraźnie neuroprotekcynie, wspiera neurogenezę [52]. Ashwagandha może wywoływać senność, w dużych dawkach wykazuje działanie poronne. Zwykle zalecane dawkowanie to 2 g 2–3 razy dziennie.

Tarczycza bajkalska (*Scutellaria baicalensis* Georgi, *Lamiaceae*) naturalnie występuje w Azji północno-wschodniej, obecnie uprawiana także w Europie. Należy do 50 podstawowych ziół medycyny chińskiej. Surowcem leczniczym jest korzeń. W składzie zawiera liczne flawonoidy: bajkalinę i jej aglikon bajkaleinę, wogonozyd, wogoninę, oroksylinę A, skutellarynę. Wykazuje działanie przeciwalergiczne i przeciwastmatyczne, sedatywne i przeciwdrgawkowe. Stymuluje czynniki wzrostu nerwów pochodzenia mózgowego – BDNF (*brain-derived neurotrophic factor*), przyspieszając rekonwalescencję po uszkodzeniach mózgu, działa neuroprotekcynie i zmniejsza stany zapalne w mózgu [53]. Obserwuje się szeroki zakres działania przeciwbakteryjnego bajkaleiny, m.in. wobec *Staphylococcus aureus* [54]. Postulowany mechanizm działania polega na hamowaniu syntezy protein, zwiększeniu przenikalności błon bakteryjnych, upośledzeniu aktywności dehydrogenazy bursztynowej i jabłczanowej [55]. Osłabia także strukturę biofilmu tworzoną przez *B. burgdorferi* s.s. [36]. Hamuje szereg czynników prozapalnych, m.in. IL-1 β , IL-6, TNF- α , podnosi poziom tlenu azotu [56].

Czepota puszysta (*Uncaria tomentosa* (Willd. ex Schult.), *Rubiaceae*) naturalnie występuje w środkowej części Ameryki Południowej. Istnieją dwa

chemotypy rośliny, jeden z przewagą alkaloidów oksyindolowych tetracyklicznych (rhychofilina, izorhychofilina, korynoxaina), drugi z przewagą alkaloidów pentacyklicznych (formzanina, pteropodyna, izopteropodyna, mitrafilina). W zależności od warunków uprawy i pory zbioru suma alkaloidów potrafi się zmieniać w zakresie 0,04–3,83%. Ponadto jako surowiec używa się korę korzenia, korzeń i korę łodygi czepoty, co utrudnia ocenę działania preparatów z czepoty [57]. Koci pazur wykazuje działanie przeciwzapalne (hamuje m.in. IL-1 α IL- β , IL-4, IL-17 [58]), przeciwdepresyjne, przeciwrheumatyczne, normalizujące układ odpornościowy przy chronicznych infekcjach [42]. Badania własne producenta jednego z preparatów oparych o czepotę (Samento) sugerują wysoką aktywność wobec *Borellia burgdorferi* s.s. jednak nie zostały one jak dotąd nawet opublikowane w recenzowanym czasopiśmie naukowym [59].

Eleuterokok kolczysty (*Eleutherococcus senticosus* (Rupr. & Maxim.), *Araliaceae*), zwany potocznie żeń-szeniem syberyjskim ze względu na podobne działanie do żeń-szenia koreańskiego. Zawiera 0,6–0,9% eleuterozydów A-G i I-M, ciwujanozydy, akantopanaksozydy A-C i E, chiisanozyd, sesilozyd [60]. Związki te wykazują wysoką aktywność biologiczną, jednak ograniczeniem jest niska biodostępność po podaniu doustnym, która dla eleuterozydów B i E sięga 3,3–3,8% [61]. Działa adaptogennie, prokognitywnie, neuroprotekcynie, przeciwzapalne. Przeciwdziała przemęczeniu, podnosi odporność. Zwiększa odporność na stres. Wydaje się mieć zastosowanie przy chronicznym zmęczeniu, aczkolwiek dane nie są tu jednoznaczne [61]. Wzmacnia działanie innych ziół, m.in. brodziuszki, tarczycy, cytryńca chińskiego [62].

Gou teng (*Uncaria rhynchophylla*, *Rubiaceae*) to roślina spokrewniona z czepotą puszystą, jednak występująca naturalnie na terenie Indochin. Surowcem są charakterystyczne haczyki części naziemnej. Zawiera hirsuteinę, korynokseinę, izokorynokseinę, rhychofilinę, izorhychofilinę, korynoksynę. Wywiera ochronne działanie na śródbłonek naczyń, obniża ciśnienie, działa przeciwzapalnie i wyraźnie neuroprotekcynie. Hamuje ekscytotoksyczność związaną z kwasem glutaminowym, zmniejsza stan zapalny w obrębie mózgu, hamując szereg czynników prozapalnych (NF-kB, TNF- α , IL-1 β , COX-2) [63]. Hamuje immunoreaktywność podstawowych białek mielinowych. Chroni przed uszkodzeniami neuronalnymi związanymi z czynnikami egzogennymi. Wspiera remielinizację neuronów, a także stymuluje wzrost oligodendrycytów [42].

Fitoterapia zespołu poboreliozowego

Propozycje Buhnera zyskały duże uznanie wśród pacjentów borykających się z boreliozą i powikłaniami po chorobie. Jako fitoterapeuta-praktyk stosował on zioła u przynajmniej 25 000 pacjentów, u znacznej większości z powodzeniem. Proponowane przez niego preparaty nie ograniczają się wyłącznie do tych omówionych w niniejszym opracowaniu. Niezależnie od tego, czy przyczyną zespołu poboreliozowego są uszkodzenia patofizjologiczne, podłoże automimmunologiczne czy obecność form owalnych i/lub biofilmu, z uwagi na szeroki zakres aktywności biologicznej proponowanych preparatów, mogą one przynieść dobry skutek. Nie jest to podejście cenione we współczesnej nauce, gdzie poszukuje się precyzyjnych relacji przyczynowo-skutkowych i jasnych mechanizmów, jednak w fitoterapii jak najbardziej akceptowane i zrozumiałe. Proponowane przez Buhnera zioła modulują naturalne mechanizmy odpornościowe, co wydaje się być racjonalnym podejściem w przypadku chorób przewlekłych. Obserwuje się także małą ilość działań niepożądanych, a większość z nich ma umiarkowane nasilenie.

Brakuje jednak badań klinicznych potwierdzających ich skuteczność i nie wydaje się, by ta sytuacja mogła się szybko zmienić. Należy mieć też na uwadze, że Buhner prowadził swoje obserwacje w Stanach Zjednoczonych, a tam występuje głównie *B. burgdorferi* s.s., natomiast w Europie dominują *B. afzelii* i *B. garinii*, które wywołują inne manifestacje kliniczne.

Literatura

- [1] Wasiluk A., Zalewska-Szajda B., Waszkiewicz N., Kępka A., Szajda D.S., Wojewódzka-Żeleźniakowicz M., Ładny J.R., Pancewocz S., Zwierz Z.W., Zwierz K., Lyme disease: etiology, pathogenesis, clinical courses, diagnostics and treatment, *Progress in Health Sciences*, 2011, 1(2), s. 179–186.
- [2] Rauter C., Hartung T., Prevalence of *Borrelia burgdorferi* Sensu Lato Genospecies in *Ixodes ricinus* Ticks in Europe: a Metaanalysis, *Applied and Environmental Microbiology*, 2005, 71(11), s. 7203–7216.
- [3] Stan sanitarny kraju w roku 2015, Główny Inspektorat Sanitarny
- [4] Dissemination of GP consultations for erythema migrans in the Netherlands from 1994 to 2014 [source: RIVM].
- [5] Sykes R.A., Makiello P., An estimate of Lyme borreliosis incidence in Western Europe, *Journal of Public Health (Oxford)*, 2017, 39(1), s. 74–81.
- [6] Centers for Disease Control and Prevention, Reported cases of Lyme disease by state or locality, 2005–2015†., 2016, <https://www.cdc.gov/lyme/stats/tables.html> [Akces: 29.05.2017].
- [7] Centers for Disease Control and Prevention, How many people get Lyme disease?, 2015, <https://www.cdc.gov/lyme/stats/humancases.html> [Akces: 29.05.2017].

- [8] Smith R.P., Schoen R.T., Rahn D.W., Sikand V.K., Nowakowski J., Parenti D.L., Holman M.S., Persing D.H., Steere A.C., Clinical characteristics and treatment outcome of early Lyme disease in patients with microbiologically confirmed erythema migrans, *Annals of Internal Medicine*, 2002, 136, s. 421–428.
- [9] Cook M.J., Puri B.K., Commercial test kits for detection of Lyme borreliosis: a meta-analysis of test accuracy, *International Journal of General Medicine*, 2016, 9, s. 427–440.
- [10] Flisiak R., Pancewicz S., Diagnostyka i leczenie Boreliozy z Lyme. Zalecenia Polskiego Towarzystwa Epidemiologów i Lekarzy Chorób Zakaźnych, *Przegląd Epidemiologiczny*, 2008, 62(1), s. 193–199.
- [11] Zajkowska J., Lewczuk P., Strle F., Stanek G., Lyme Borreliosis: From Pathogenesis to Diagnosis and Treatment, *Clinical and Developmental Immunology*, 2012, Article ID 23165.
- [12] Taylor R.S., Simpson I.N., Review of treatment options for lyme borreliosis, *Journal of Chemotherapy*, 2005, 2, s. 3–16.
- [13] Wormser G.P., Ramanathan R., Nowakowski J., McKenna D., Holmgren D., Visintainer P., Dornbush R., Singh B., Nadelman R.B., Duration of antibiotic therapy for early Lyme disease. A randomized, double-blind, placebo-controlled trial, *Annals of Internal Medicine*, 2003, 138(9), s. 697–704.
- [14] Stupica D., Daša Stupica Lusa L., Ružić-Sabljić E., Cerar T., Strle F., Treatment of erythema migrans with doxycycline for 10 days versus 15 days, *Clinical Infectious Diseases: an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 2012, 55(3), s. 343–350.
- [15] Bremell D., Dotevall L., Oral doxycycline for Lyme neuroborreliosis with symptoms of encephalitis, myelitis, vasculitis or intracranial hypertension, *European Journal of Neurology*, 2014, 21(9), s. 1162–1167.
- [16] Borg R., Dotevall L., Hagberg L., Mareaspin V., Lotric-Furlan S., Cimperman J., Strale F., Intravenous ceftriaxone compared with oral doxycycline for the treatment of Lyme neuroborreliosis, *Scandinavian Journal of Infectious Diseases*, 2005, 37(6–7), s. 449–454.
- [17] Wormser G.P., Dattwyler R.J., Shapiro E.D., Halperin J.J., Steere A.C., Klempner M.S., Krause P.J., Bakken J.S., Strle F., Stanek G., Bockenstedt L., Fish D., Dumler J.S., Nadelman R.B., The clinical assessment, treatment, and prevention of Lyme disease, human granulocytic anaplasmosis, and babesiosis: clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America. *Clinical Infectious Diseases*, 2006, 43(9), s. 1089–1134.
- [18] Aucott J.N., Rebman A.W., Crowder L.A., Kortte K.B., Post-treatment Lyme disease syndrome symptomatology and the impact on life functioning: is there something here?, *Quality of Life Research: An International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation*, 2013, 22(1), s. 75–84.
- [19] Cameron D., i wsp., Evidence-based guidelines for the management of Lyme disease, *Expert review of anti-infective therapy*, 2004, 2(1), s. 1–13.
- [20] Lantos P.M., Chronic Lyme disease: the controversies and the science, *Expert review of anti-infective therapy*, 2011, 9(7), s. 787–797.
- [21] Wasiluk A., Zalewska-Szajda B., Waszkiewicz N., Kępką A., Szajda D.S., Wojewódzka-Żeleźniakowicz M., Ładny J.R., Pancewicz S., Zwierz Z.W., Zwierz K., Lyme disease: etiology, pathogenesis, clinical courses, diagnostics and treatment, *Progress in Health Sciences*, 2011, 1(2), s. 179–186.

Fitoterapia zespołu poboreliozowego

- [22] Steere A.C., Angelis S.M., Therapy for Lyme arthritis: strategies for the treatment of antibiotic-refractory arthrititis, *Arthritis and rheumatism*, 2006, 54(10), s. 3079–3086.
- [23] Aucott J.N., Rebman A.W., Crowder L.A., Kortte K.B., Post-treatment Lyme disease syndrome symptomatology and the impact on life functioning: is there something here?, *Quality of Life Research: An International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation*, 2013, 22(1), s. 75–84.
- [24] Chandra A., Wormser G.P., Marques A.R., Latov N., Alaedini A., Anti-Borrelia burgdorferi antibody profile in post-Lyme disease syndrome, *Clinical and vaccine immunology: CVI*, 2011, 18(15), s. 767–771.
- [25] Schutzer S.E., Angel T.E., Liu T., Schepmoes A.A., Clauss T.R., Adkins J.N., Camp II D.G., Holland B.K., Berdquist J., Coyle P.K., Smith R.D., Fallon B.A., Natelson B.H., Distinct Cerebrospinal Fluid Proteomes Differentiate Post-Treatment Lyme Disease from Chronic Fatigue Syndrome, *PLoS One*, 2011, 6(2), s. 17287.
- [26] Ścieszka J., Dąbek J., Cieślak P., Post-Lyme disease syndrome, *Reumatologia*, 2015, 53(1), s. 46–48.
- [27] Sharma B., Brown A.V., Matluck N.E., Hu L.T., Lewis K., Borrelia burgdorferi, the Causative Agent of Lyme Disease, Forms Drug-Tolerant Persister Cells, *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 2015, 59(8), s. 4616–4624.
- [28] Lantos P.M., Auwaerter P.G., Wormser G.P., A systematic review of Borrelia burgdorferi morphologic variants does not support a role in chronic Lyme disease, *Clinical Infectious Diseases: an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 2014, 58(5), s. 663–671.
- [29] Brorson Ø., Brorson S.H., Scythes J., MacAllister J., Wier A., Margulis L., Destruction of spirochete Borrelia burgdorferi round-body propagules (RBs) by the antibiotic Tigecycline, *PNAS*, 2009, 106(44), s. 18656–18661.
- [30] Sapi E., Kaur N., Anyanwu S., Luecke D., Datar A., Patel S., Rossi M., Evaluation of in-vitro antibiotic susceptibility of different morphological forms of Borrelia burgdorferi, *Infection and Drug Resistance*, 2011, 4, s. 97–113.
- [31] Sapi E., Balasubramanian K., Poruri A., Maghsoudlou J.S., Socarras K.M., Timmaraju A.V., Filush K.R., Gupta K., Shaikh S., Theophilus P.A.S., Luecke D.F., MacDonald A., Zelger B., Evidence of In Vivo Existence of Borrelia Biofilm in Borrelial Lymphocytomas, *European Journal of Microbiology & Immunology*, 2016, 6(1), s. 9–24.
- [32] Bunikis I., i wsp., An RND-Type Efflux System in Borrelia burgdorferi Is Involved in Virulence and Resistance to Antimicrobial Compounds. Wessels MR, ed. *PLoS Pathogens*. 2008, 4(2), s. 1000009.
- [33] Greene N.P., Hinchliffe P., Crow A., Ababou A., Hughes C., Koronakis V., Structure of an atypical periplasmic adaptor from a multidrug efflux pump of the spirochete *Borrelia burgdorferi*, *FEBS Letters*, 2013, 587(18), s. 2984–2988.
- [34] Song T., Duperthuy M., Wai S.N., Sub-Optimal Treatment of Bacterial Biofilms, *Antibiotics*, 2016, 5(2), s. 23.
- [35] Klempner M.S., Baker P.J., Shapiro E.D., Marques A., Dattwyler R.J., Halperin J.J., Wormser G.P., Treatment trials for post-lyme disease symptoms revisited, *The American Journal of Medicine*, 2013, 126(8), s. 665–669.
- [36] Goc A., Niedzwiecki A., Rath M., In vitro evaluation of antibacterial activity of phytochemicals and micronutrients against Borrelia burgdorferi and Borrelia garinii, *Journal of Applied Microbiology*, 2015, 119(6), s. 1561–1572.

- [37] Goc A., Rath M., The anti-borreliae efficacy of phytochemicals and micronutrients: an update, *Therapeutic Advances in Infectious Disease*, 2016, 3(3–4), s. 75–82.
- [38] Theophilus P.A., Victoria M.J., Socarras K.M., Filush K.R., Gupta K., Luecke D.F., Sapi E., Effectiveness of Stevia Rebaudiana Whole Leaf Extract Against the Various Morphological Forms of Borrelia Burgdorferi in Vitro, *European Journal of Microbiology & Immunology*, 2015, 5(4), s. 268–280.
- [39] European Food Safety Authority (EFSA), Scientific Opinion on the safety of steviol glycosides for the proposed uses as a food additive, *EFSA Journal*, 2010, 8(4): 1537, s. 1–84.
- [40] Siddique A.B., Rahman S.M.M., Hossain M.A., Rashid M.A., Phytochemical screening and comparative antimicrobial potential of different extracts of Stevia rebaudiana Bertoni leaves, *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 2014, 4, s. 275–280.
- [41] Buhner S.H., *Healing Lyme: Natural Healing and Prevention of Lyme Borreliosis and Its Coinfections*, Wyd. Raven Press, Silver city 2016.
- [42] Róžański H., Rdestowce – Reynoutria (Fallopia), 2007, <http://www.luskiwnik.pl/au-toimmunologia/new-page-7.htm> [Akces: 29.05.2017].
- [43] Ghanim H., Abuaysheh S., Korzeniewski K., Patnaik P., Marumganti A., Chaudhuri A., Dandona P., An antiinflammatory and reactive oxygen species suppressive effects of an extract of Polygonum cuspidatum containing resveratrol, *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 2010, 95(9): E1-8.
- [44] Kowalski J., Samojedny A., Paul M., Pietsz G., Wilczok T., Effect of apigenin, kaempferol and resveratrol on the expression of interleukin-1beta and tumor necrosis factor-alpha genes in J774.2 macrophages, *Pharmacological Reports: PR*, 2005, 57(3), s. 390–394.
- [45] Li Y.B., Ying Bo Li, Lin Z., Zhang Z., Wang M.W., Zhang H., Zhang Q.W., Lee S.M., Wang Y., Hoi P.M., Protective, antioxidative and antiapoptotic effects of 2-methoxy-6-acetyl-7-methyljuglone from Polygonum cuspidatum in PC12 cells, *Planta Medica*, 2011, 77(4), s. 354–361.
- [46] Jantan I., Ahmad W., Bukhari S.N.A., Plant-derived immunomodulators: an insight on their preclinical evaluation and clinical trials, *Frontiers in Plant Science*, 2015, 6, s. 655.
- [47] Amaryan G., Astvatsatryan V., Gabrielyan E., Panossian A., Panosyan V., Wikman G., Double-blind, placebo-controlled, randomized, pilot clinical trial of ImmunoGuard-a standardized fixed combination of Andrographis paniculata Nees, with Eleutherococcus senticosus Maxim, Schizandra chinensis Bail. and Glycyrrhiza glabra L. extracts in patients with Familial Mediterranean Fever. *Phytomedicine, International Journal of Phytoherapy and Phytopharmacology*, 2003, 10(4), s. 271–285.
- [48] Chao W.W., Lin B.F., Isolation and identification of bioactive compounds in Andrographis paniculata (Chuanxinlian), *Chinese Medicine*, 2010, 5, s. 1–7.
- [49] Pan Y., Abd-Rashid B.A., Ismail Z., Ismail R., Mak J.W., Pook P.C., Er H.M., Ong C.E., In vitro modulatory effects of Andrographis paniculata, Centella asiatica and Orthosiphon stamineus on cytochrome P450 2C19 (CYP2C19), *Journal of Ethnopharmacology*, 2011, 133(2), s. 881–887.
- [50] Trivedi M.K., Mondal S.Ch., Gangwar M., Jana S., Effect of a Novel Ashwagandha-based Herbomineral Formulation on Pro-inflammatory Cytokines Expression in

Fitoterapia zespołu poboreliozowego

- Mouse Splenocyte Cells, A Potential Immunomodulator. *Pharmacognosy Magazine*, 2017;13(1), s. 90–94.
- [51] Tohda C, Kuboyama T, Komatsu K., Search for natural products related to regeneration of the neuronal network, *Neuro-Signals*, 2005, 14(1–2), s. 34–45.
- [52] Jeon S.J., Rhee S.Y., Seo J.E., Bak H.R., Lee S.H., Ryu J.H., Cheong J.H., Shin C.Y., Kim G.H., Lee Y.S., Ko K.H., Oroxylin A increases BDNF production by activation of MAPK-CREB pathway in rat primary cortical neuronal culture, *Neuroscience Research*, 2011, 69(3), s. 214–222.
- [53] Qiu J., Niu X., Dong J., Wang D., Wang J., Li H., Luo M., Li S., Feng H., Deng X., Baicalin protects mice from *Staphylococcus aureus* pneumonia via inhibition of the cytolytic activity of α -hemolysin, *Journal of Infectious Diseases*, 2012, 206(2), s. 292–301.
- [54] Yun B.Y., Zhou L., Xie K.P., Wang Y.J., Xie M.J., Antibacterial activity and mechanism of baicalein. *Yao Xue Xue Bao, Acta Pharmaceutica Sinica*, 2012, 47(12), s. 1587–1592.
- [55] Duan D.D., Wang K.X., Zhou Y.Z., Qin X.M., Gao L., Du G.H., Baicalein exerts beneficial effects in D-galactose induced aging rats through attenuation of inflammation and metabolic dysfunction. *Rejuvenation Research*, 2017, [Epub ahead of print].
- [56] European Medicines Agency, 2015, http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Herbal_-_HMPC_assessment_report/2016/01/WC500200126.pdf [Akces: 29.05.2017].
- [57] Rojas-Duran R., González-Aspajo G., Ruiz-Martel C., Bourdy G., Doroteo-Ortega V.H., Alban-Castillo J., Robert G., Auberger P., Deharo E., Anti-inflammatory activity of Mitraphylline isolated from *Uncaria tomentosa* bark, *Journal of Ethnopharmacology*, 2012, 143(3), s. 801–804.
- [58] Priyanka A.S., Theophilus M.S., In Vitro Effect of Peruvian Antimicrobial Agents on *Borrelia burgdorferi*. <http://www.nutramedix.ec/Nutramedix-Priyanka.pdf> [Akces 29.05.2017].
- [59] Ma B., Zhang Q., Liu Y., Li J., Xu Q., Li X., Yang X., Yao D., Sun J., Cui G., Ying H., Simultaneous determination of Eleutheroside B and Eleutheroside E in rat plasma by high performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry and its application in a pharmacokinetic study, *Journal of Chromatography. B, Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 2013, 917–918, s. 84–92.
- [60] Huang L., Zhao H., Huang B., Zheng C., Peng W., Qin L., *Acanthopanax senticosus*: review of botany, chemistry and pharmacology, *Die Pharmazie*, 2011, 66(2), s. 83–97.
- [61] Hartz A.J., Bentler S., Noyes R., Hoehns J., Logemann C., Sinift S., Butani Y., Wang W., Brake K., Ernst M., Kautzman H., Randomized controlled trial of Siberian ginseng for chronic fatigue, *Psychological Medicine*, 2004, 34(1), s. 51–61.
- [62] Zhang N., Crombruggen K. van, Holtappels G., Bachert C., A Herbal Composition of *Scutellaria baicalensis* and *Eleutherococcus senticosus* Shows Potent Anti-Inflammatory Effects in an Ex Vivo Human Mucosal Tissue Model, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, 20, s. 1–9.
- [63] Song Y., Qu R., Zhu S., Zhang R., Ma S., Rhynchophylline attenuates LPS-induced pro-inflammatory responses through down-regulation of MAPK/NF- κ B signaling pathways in primary microglia, *Phytotherapy Research*, 2012, 26(10), s. 1528–1533.

Do cytowania:

Figura P., Fitoterapia zespołu poboreliozowego, *Herbalism*, 2017, 1(3), s. 137–149

**Wybrane aspekty dziejów badań leczniczych roślin
pasożytniczych w ujęciu filozoficznym**
**Selected aspects of the history of medicinal parasitic plants
in philosophical perspective**

*Henryk Różański, **Edyta Czerny

*Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigoń w Krośnie; Rynek 1, 38-400 Krosno, e-mail: rozanski@rozanski.ch, tel. 13/43 755 00, 38-400 Krosno; **EDYCJA – Książki Naukowe i Specjalistyczne w Katowicach

Słowa kluczowe: rośliny pasożytnicze, historia botaniki, ziołolecznictwo, fitochemia, chemotaksonomia, *Lathraea*, *Odontites*, *Cuscuta*, *Rhinanthus*, *Alectorolophus Euphrasia*, *Melampyrum*, filozofia przyrody

Keywords: parasitic plant, history of botany, herbal medicine, phytochemistry, chemotaxonomy, *Lathraea*, *Odontites*, *Cuscuta*, *Rhinanthus*, *Alectorolophus Euphrasia*, *Melampyrum*, the philosophy of nature

Streszczenie

Artykuł dotyczy analizy dziejów badań biologicznych i zastosowań terapeutycznych wybranych krajowych gatunków roślin pasożytniczych i półpasożytniczych. Omawia także wpływ różnych nauk przyrodniczych i medycznych na przebieg badań roślin pasożytniczych oraz przedstawia dzieje badań roślin leczniczych na tle historii botaniki.

Summary

The article examines the history of biological research and therapeutic applications of selected domestic species of parasitic and semi-parasitic plants. It also discusses on the impact of various life sciences and medical research on the direction of research on parasitic plants and describes of medicinal plant research on the background of botany history.

Część II

Wiek XIX – „wiekiem nauk przyrodzonych”

Pod względem ideologicznym i poznawczym wiek XIX jest specyficznym i najważniejszym stuleciem w dziejach badań roślin pasożytniczych (parazytofitów).

W literaturze i filozofii obejmuje on okres romantyzmu i pozytywizmu. Kierunki filozoficzne ukształtowane lub ugruntowane w tym wieku wywarły ogromny wpływ na nauki biologiczne, np. wzmocniony i rozwinięty wówczas materializm dialektyczny ciążył na botanice aż do lat 60. XX wieku, narzucając jej kierunki oraz metody badań, a w wydaniu socjalistycznego rolnictwa określał nawet przedmiot i cel badań.

W okresie romantyzmu zapanował wszechstronny bunt wobec zastanej rzeczywistości. Przyrodnicy-romantycy traktowali oświeceniowy racjonalizm i empiryzm jako niewystarczające formy myślenia o świecie i sposoby jego poznawania oraz wyrażania. Biolodzy-romantycy, podobnie jak twórcy literatury pięknej, traktowali świat jako jedność opartą na antynomiach „widzialnego” i „niewidzialnego”, materii i ducha.

Przekonanie to, oparte w pewnym sensie na filozofii spirytualistycznej, zakładało istnienie świata „duchowego”, który przejawiał się we wszystkim co materialne i „widzialne”. Innymi słowy, interpretacja spirytualistyczna porządku świata polegała na identyfikowaniu przyczyn z aktami woli bytów duchowych lub nadprzyrodzonych, skutki natomiast rozumiano jako widoczne zmiany w obrębie bytu materialnego. Komunikacja między idealną sferą ducha oraz uduchowionym wszechświatem a człowiekiem odbywała się, zdaniem romantyków, za pomocą nadzwyczajnych zjawisk przyrody, snów czy też przeczuć (intuicji). Przeciwwstawiając intuicję i wyobraźnię poznaniu empirycznemu, zmysłowemu i rozumowemu – stworzono wiele istotnych teorii biologicznych, które były weryfikowane, zmieniane lub obalane w późniejszych latach, np. przesłanki idealistyczne i spekulacje myślowe w teorii Buffona i Lamarcka, psycholamarckizm, niektóre elementy teorii Weismanna, pewne obszary teologiczno-biologiczne haeckelizmu, w części teoria Chambersa.

Założenia filozoficzne, które wyraźnie odcisnęły swe piętno na sformułowanych wówczas pojęciach botanicznych, stworzyli między innymi: Georg Friedrich Hegel (1770–1831), Friedrich Wilhelm Joseph Schelling (1775–1854), Johann Gottlieb Fichte (1762–1814) oraz ich najważniejszy poprzednik Immanuel Kant (1724–1804).

Filozofia Hegla mówiła o dialektycznym rozwoju przyrody, który polegał na tworzeniu się przeciwieństw, na przechodzeniu od tezy przez antytezę do syntezy; odrzucił on wiedzę empiryczną. Szumowski [1] określił Hegla „umysłem czysto spekulatywnym”, a jego poglądy uznał za przyczynę rozłamów między filozofią, „która nadal nieraz chadza po ścieżkach zawrotnej spekulacji”, a przyrodoznawstwem i medycyną, „które usiłują wytworzyć

sobie własny pogląd na świat – pogląd przyrodniczy”. Hegel wysunął esencjalistyczną koncepcję nauki, opartą na założeniach ontologicznych i epistemologicznych. Założenie ontologiczne orzeka, że istota nie jest czymś innym zasadniczo od zjawiska, zdarzenia bowiem mają charakter istotnościowy i zjawiskowy. Według autora *Fenomenologii ducha* zjawiska mają swoją istotę, a istota ujawnia się w zjawisku. Istoty zdarzeń są zazwyczaj ukryte (ale istnieją), a wiedza naukowa zmierza do odnalezienia tego co w faktach istotne, aby tą drogą zrozumieć zasady (występowania faktów). Fakty więc obejmują zarówno komponent istotnościowy, jak i zewnętrzny komponent zjawiskowy. Ten pierwszy jest rezultatem działania czynników głównych, drugi wywołują czynniki uboczne.

Argumentacja epistemologiczna wskazuje na związek między wiedzą naukową a zdrowym rozsądkiem. Wiedza naukowa zmierza do rozumienia faktów (zasady występowania faktów), a zdrowy rozsądek zadawała się opisem faktów. Zrozumienie faktu polega na ustaleniu jego istoty. Wiedza naukowa wymaga zwątpienia w wiedzę zdroworozsądkową; świadomie więc rezygnuje z całej warstwy obserwacji płynącej ze świata po to, aby mieć dostęp do istoty zjawisk. Poznanie istoty wymaga użycia narzędzi poznawczych – procedur myślowych: abstrakcji i idealizacji [2, 3, 4]. Omówione pokrótce założenia Hegla zostały skrytykowane i odrzucone przez biologów postępowych; określono je mianem filozofii spekulatywnej, która chciała w jednym systemie zawrzeć absolutnie wyczerpujący i zakończony obraz świata. „Skoro stało się jasne – pisze Engels – że pojedynczy filozof nie zdoła dokonać tego, z czym uporać się może tylko cała ludzkość w swym postępowym rozwoju, skoro to zrozumieliśmy, następuje kres całej filozofii w dotychczasowym sensie tego słowa”[5].

Friedrich Wilhelm Joseph Schelling (1775–1854) – niemiecki idealista obiektywny, autor dzieła pt. *System filozofii przyrody* (1797), stworzył „filozofię identyczności”, twierdząc, że Bóg ma zdolność przejawiania się w naturze lub duchu, które są identyczne. W jego filozofii idea była eksponowana, natomiast materia pozostawała w cieniu. Porządek świata ujmował teleologicznie, czyli z punktu widzenia celu, do którego realizacji zmierzają zjawiska. Porządek czasowy w tym przypadku zwraca się od przyszłości do przeszłości. Rozwój świata podporządkowany jest jakiemuś celowi. Na gruncie biologii teleologia stanowi taką interpretację istot żywych, która tłumaczy celowością strukturę, budowę, indywidualizację, zmienność owych organizmów [4]. Schelling uważał więc organizm za cel przyrody; siły natury dążą zatem do wytworzenia życia organicznego. Za punkt końcowy uznawał

istotę czującą. W przyrodzie dostrzegął jedność życiową, „która powinna zająć miejsce matematycznych następstw i mechanicznej konieczności filozofów-mechanistów. (...). Nie warto opisywać przyrody, mierzyć jej i przyczynowo wyjaśniać, lecz należy zrozumieć sens i znaczenie, jakie przypada w udziale poszczególnym zjawiskom przyrody w celowo urządzonej całości” [1]. Teleologiczne ujęcie ewolucji ograniczyło się do pytania „po co?” Według Schellinga celem ewolucji jest człowiek.

Botanicy będący zarazem zwolennikami filozofii Schellinga popadali w pokusę spekulacji, uogólnień i tworzenia wzniosłych teorii, dla których naginali fakty. Działali na drodze przypuszczeń, wyobraźni i intuicji, co doprowadziło do powstania nieprawdziwych informacji o roślinach pasożytniczych, przykładami były stałość składu chemicznego roślin pasożytniczych, mięsożerność huskiewnika *Lathraea*, hipotezy dotyczące sposobu kiełkowania nasion parazytofitów oraz sposobu zasiedlania żywicieli przez pasożyty. Niektórzy ograniczali się do powierzchniowych obserwacji. Część botaników sugerowała się „modą” na obiekty badań. Prawdopodobnie pod jej wpływem powstała ważna dla badaczy roślin pasożytniczych teoria Haberlandta o skrobi statolitowej. Cechowała się ona zgodnością z popularną wtedy tendencją (*Polarität*) do poszukiwania biegunowości we wszystkim, co dostępne.

Trzeci z wymienionych filozofów Johann Gottlieb Fichte (1762–1814) – idealista subiektywny – twierdził, że należy dążyć do poznawania świata duchowego w celu odkrycia praw rządzących bytem i przyrodą. Bytowi przypisał własności odmienne od przyrody; byt miał cechy ducha, a nie materii. Nauka oparta na założeniach Fichtego stawała się więc coraz bardziej metafizyczna.

Wymieniona trójka filozofów wyrastała z dorobku filozoficznego Immanuela Kanta (1724–1804). Ten niemiecki filozof, profesor logiki i metafizyki w Królewcu zasłynął jako twórca transcendentalizmu, czyli filozofii krytycznej, według której podmiot warunkuje przedmiot, a pojęcie określa doświadczenie. Czas i przestrzeń sprowadził jedynie do wrodzonych kategorii myślenia człowieka. Wiedza o świecie materialnym powstaje w procesie wyobraźni. Żadne, „nawet najbardziej ulepszone analizy materii nie mogą nam nigdy dać nic więcej, jak tylko coraz to nowe wyobrażenia, coraz to nowe idee” [1]. Głosił subiektywność materii, przestrzeni i czasu. Nie wierzył w mechanistyczne objaśnienie organizmu. Wszystkie części organizmu traktował jako nierozzerwalnie ze sobą związane, cały ustrój (organizm) określa części, jak i części określają ustrój.

Kantyzm wywołał wśród biologów ogromne sprzeciwy. Naukowe (materialistyczne) zdobycze biologii oglądane przez pryzmat kantyzmu legły w gruzach. Kościół za pomocą założeń Kanta zwalczał ewolucję. Rozpoczął się spór, co doskonale wyrażają słowa wybitnego biologa Ernesta Haeckla (1834–1919):

„W nowszej filozofii rozpowszechnił się obecnie pogląd, że te trzy zasadnicze dogmaty (dogmat I: o osobistej nieśmiertelności duszy ludzkiej, dogmat II: wolność ludzkiej woli, dogmat III: o egzystencji, podobnego do człowieka osobowego Boga, jako Stwórcy, utrzymującego świat i rządzącego nim), jako główne podpory mistycznego i dualistycznego poglądu na świat, pomimo wszystkich postępów nowszej znajomości przyrody, nie dadzą się zachwiać. Jeśli jednak wiara z zamiłowaniem powołuje się przytem na krytyczną filozofię Emanuela Kanta, to zapomina o najważniejszej okoliczności, że aprioryczne podstawy jej są czysto dogmatycznymi. Mistyczno mgliste postaci tych trzech głównych upiórów, nikną w słonecznym świetle prawdy, którą prawo substancji, teoria descendencji i twierdzenie pithecometryczne rozpościerają nad zagadnieniami świata” [4].

„Jeżeli filozofia dualistyczna, teologiczna, terażniejszości prawi kazania z nadętością na temat »powrotu do Kanta« i przy tem utrzymuje, że »filozofia krytyczna« mędrca wszechświatowego królewieckiego zabezpieczyła naukę o »Bogu, wolności woli i nieśmiertelności« od wszystkich zarzutów ze strony wiedzy przyrodniczej, to trwa ona w olbrzymim błędzie. Nasi uczący, czyli szkolni filozofowie nie dostrzegają przy tem tej okoliczności smutnej, że zestarzały Kant przy dalszej budowie swej filozofii »krytycznej« stawał się coraz bardziej dogmatycznym i mistycznym, a nawet nie widzą, że jego apriorystyczne podstawy krytycyzmu były w rzeczywistości dogmatycznymi; wszędzie u niego uwidacznia się dualizm, bo zestawiane bywają elementy realistyczne i idealistyczne bezpośrednio obok siebie, i nawet w krytyce władzy sądenia nie są one doprowadzone do ścisłej, więc nie przeczącej sobie wzajemnie harmonii” [6].

W 1800 roku znany w dobie oświecenia biolog Jean Baptiste de Monet Chevalier de Lamarck (1744–1829) wprowadził do swoich wykładów idee ewolucji, a w 1801 roku wydał dzieło pt. *System zwierząt bezkręgowych*, w którym zawarł zarys teorii descendencji. Teorię ewolucji rozwinął w 1809 roku w pracy *Filozofia zoologii (Phylosophie zoologique)*, ale ostatecznie sformułował dopiero w 1815 roku we wstępie do *Historii naturalnej bezkręgowców* [6, 7, 8, 9].

Lamarck z jednej strony wierzył w samoródtwo organizmów niższych, z drugiej jednak pragnął uwolnić biologię od metafizyki. Stworzył fizyko-

chemiczną teorię życia, ale twierdził równocześnie, że u roślin życie nie może się ujawnić czynnie bez działania bodźców zewnętrznych. Uważał, że „nie ma w przyrodzie ani rodzajów, ani rodzin, a tym bardziej rzędów i klas. Realnie są tylko osobniki i różnorodne rasy żywych istot, które niedostrzegalnie przechodzą jedna w drugą na wszystkich stopniach organizacji. Wszelkie podziały stosowane zazwyczaj w historii naturalnej są jedynie sztucznymi tworam, niezbędnymi dla rozmieszczania, podziału, ułatwiania badań, porównywania, rozpoznawania i cytowania różnych tworów natury. Przyroda niczego podobnego nie stworzyła” [8]. Przyroda stworzyła tylko osobniki następujące po sobie kolejno i podobne do tych, od których pochodzą. Osobniki te należą do nieskończone różnorodnych ras. Formy i tym samym stopień rozwoju osobników pozostają niezmiennie, dopóki nie zadziała na nie przyczyna powodująca zmiany. Zmienność osobników odbywa się pod wpływem czynników środowiska. Skoro pierwsze zaczątki roślin i zwierząt kształtowały się w odpowiednim środowisku i w danych warunkach, to raz powstałe uzdolnienia zapoczątkowanego życia i ruchu organicznego nieuchronnie wytworzyły sukcesywnie organy, które z biegiem czasu ulegały różnicowaniu. Zmiana warunków życia pociąga za sobą to samo w odniesieniu do obyczajów czy trybu życia, efektem czego są ponowne zmiany budowy organów; w związku z tym każdy organizm stopniowo przekształca się i reorganizuje.

W *Filozofii zoologii*, polemizując z Georgesem Cuvierem (1769–1832), Lamarck zdefiniował pojęcie gatunku: „Gatunkiem nazywano każdy zbiór organizmów podobnych, pochodzących od innych do nich podobnych” [8].

Według Lamarcka, żywa natura składa się z ciągłych szeregów osobników powiązanych ze sobą przez niedostrzegalne przejścia. Wskutek bezgranicznej obfitości materiału poszczególne rasy łączą się w jeden w następstwie istnienia mnóstwa form przejściowych. Stąd wynika hipoteza o jedności pochodzenia istot żywych. W ciągłych szeregach form – od najniższych do najwyższych – pod wpływem czynników fizycznych mogą powstawać „dziury”. Owe „dziury” są następstwem konfliktu panującego między osobnikami i środowiskiem ich życia. Przyroda nieożywiona dąży do entropii, czyli stanu nieuporządkowania, chaosu, podczas gdy świat ożywiony wprowadza ład, porządek, zmniejsza entropię.

Zgodnie z poglądami Lamarcka rośliny należą do istot żywych, lecz pozbawionych pobudliwości, nietrawiących pokarmów i nieporuszających się ani pod wpływem woli, ani wskutek podrażnienia. Budowa zwierząt jest bogatsza i bardziej urozmaicona niż budowa roślin [8].

Lamarck dostrzegł zmienność roślin uprawnych, zwłaszcza tych aklimatyzowanych. Zmienność tę przypisywał oddziaływaniu otoczenia na krążące soki. Podkreślał szczególną rolę zabiegów hodowlanych w kształtowaniu cech roślin uprawnych. Uprawę traktował jako proces naruszający cechy roślin, zmieniający ich dotychczasowy tryb życia. Zmienność zauważał również u roślin dzikich, np. *Ranunculus aquatilis* – zjawisko heterofilii. Zmiana warunków zmusza rośliny do różnego używania danych organów, w zależności od aktualnej potrzeby. W ten sposób organy używane są rozwijane, doskonałe, a części nieużytkowane – uwsteczniane i redukowane. Pasożytnictwo u roślin bądź zwierząt prowadzi do uproszczenia określonych funkcji, np. zanik korzeni oraz zdolności do fotosyntezy i redukcji liści u kianianki *Cuscuta*. U pasożyta z rodzaju bukietnica *Rafflesia* nastąpiła redukcja łodygi, natomiast wybitnej specjalizacji (rozwojowi przystosowawczemu) uległy ssawki i kwiat.

U roślin i zwierząt niższych procesy redukcji organów odbywają się w wyniku bezpośredniego oddziaływania środowiska, u zwierząt wyższych zaś – pod wpływem „wewnętrznego odczuwania”, „wewnętrznej siły” określających przydatność i konieczność posiadania danego organu [9, 7, 10]. Warto jednak dodać, że celowe (adaptacyjne) odpowiedzi roślin na działanie warunków życia (np. zanik liści u pasożytów) nie mogą się odbywać samoistnie, bezpośrednio i wymagają również wspomnianego wewnętrznego odczuwania. Jest to więc pewne niedopatrzenie Lamarcka, wprowadzające nieciągłość logiczną w jego teorii.

Taka interpretacja zmienności zwierząt wymaga udziału w całym procesie czynnika duchowego, odbierającego i analizującego informacje o przydatności (oceniającego wartość przystosowawczą) organu w danych warunkach środowiskowych. „Czucie wewnętrzne” jest – zdaniem Lamarcka – drugim czynnikiem powodującym ewolucję. „Czynnik wewnętrzny” bowiem podsuwa organizmowi szereg potrzeb, w zależności od warunków zewnętrznych, do których następuje adaptacja. Cechy „zdobyte” oraz zmiany zapoczątkowane w ciągu życia osobnika zostają zachowane poprzez dziedziczenie i przekazane potomstwu. Zatem w lamarckizmie dziedziczenie cech nabytych w ciągu życia stanowi podstawę zjawiska adaptacji.

Lamarckizm w wielu kwestiach interpretuje się odmiennie, w zależności od poglądów i intencji danego autora. Sam Lamarck niejasno określa udział „wewnętrznej siły” w procesie kształtowania organu w wyniku zmian w środowisku. W ówczesnych latach terminy typu: „dusza”, „czynnik duchowy”, „fluid wewnętrzny”, „czucie wewnętrzne”, użyte przez Lamarcka do wyjaśnienia własnych teorii, miały różne znaczenie w biologii, teologii i filozofii.

fii. Błędy popełniali także tłumacze dzieł Lamarcka, przekładając np. słowo „potrzeba” na „wolę”.

Zastanawia również to, że Lamarck, będąc botanikiem, potrafił sformułować wysoce błędną definicję rośliny, cofając stan wiedzy o nich do średniowiecza. Za życia Lamarcka opisane zostały już procesy odżywiania się i ruchów (pobudliwości) roślin, chociażby mięsożernych (wyraźnie trawjących), nie mówiąc już o pobudliwości *Mimosa pudica* (opisy i badania R. Hooke’a, A. Cesalpino, H. L. Duhamel’a, S. Hales’a). Przekonanie Lamarcka o bogatszej i bardziej urozmaiconej budowie zwierząt niż roślin nie pokrywało się również z rzeczywistością.

Naturalny system Antoine’a i Bernarda de Jussieu przyjęty przez Lamarcka w XIX wieku znalazł kontynuatora w osobie Augusta Pyrame’a de Candolle’a (1778–1841). W 1819 roku opracował on naturalny układ taksonomiczny roślin, biorąc pod uwagę ich cechy morfologiczne, anatomiczne i chemiczne. W świecie roślin wyróżnił dwie grupy: *Vasculares* i *Cellulares*. Do *Vasculares* zaliczył jedno- i dwuliścienne *Mono-et Dicotyledoneae*; *Cellulares* obejmowały rośliny bezliścieniowe *Acotyledoneae* z podklasami: liściowe *Foliaceae* (mchy *Musci*, wątrobowce *Hepaticae*) i bezłodygowe (porosty *Lichenes*, *Hypoxyla*, grzyby *Fungi* i glony *Algae*). Paprotniki zaliczył do jednoliściennych. Candolle w 1813 roku wprowadził termin „taksonomia”, przez który rozumiał klasyfikację roślin według rodzin, rodzajów i gatunków, określonych nazwami łacińskimi i ustalonych według diagnostycznego opisu z wykazaniem podobieństw i różnic. Układ taksonomiczny opublikował w 7-tomowym dziele *Prodromus florae systematicae*, wydawanym w latach 1824–1829. De Candolle był uczniem Lamarcka, który przekazał mu uprawnienia do kontynuowania dalszych wydań *Flory Francji*.

Po śmierci Augusta de Candolle’a katedrę botaniki w Genewie objął jego syn Alphons Louis de Candolle (1806–1893), który wraz z wnukiem Casimirem uzupełnił pracę ojca roślinami jednoliściennymi [11, 12, 13].

W XIX wieku także anatomia i histologia roślin poczyniła doniosłe postępy, co było szczególnie istotne dla słabo ugruntowanej jeszcze parazytobotaniki.

Robert Brown (1773–1858) zasłużył się dla nauki o roślinach jako odkrywca jądra komórkowego (1831–1833) oraz badacz woreczka zalążkowego, łagiewki pyłkowej (1831) i nasion. Opracował klucz do porównywania pokrewieństwa i różnic pomiędzy roślinnością rozmaitych krain [11, 12, 14, 15].

Hugo von Mohl (1805–1872) i Jan Evangelista Purkyně (1787–1869) w 1839 roku wprowadzili pojęcie protoplazmy, obejmując nim śluzowatą

masę wypełniającą wewnątrz komórki, będącą zarazem środowiskiem procesów życiowych. Mohl odkrył również strukturę ścian komórkowych, wyjaśnił procesy powstawania trachei i mechanizm wzrostu ściany komórkowej. Zaobserwował podział komórek u glona *Cladophora* (1835). Ścianę komórkową słusznie uznał za wytwór protoplazmy. Zgromadzone dane i obserwacje posłużyły do stworzenia przez botanika Matthiasa Jacoba Schleidena (1804–1881) i zoologa Theodora Schwanna (1810–1882) w 1839 roku teorii komórkowej, zgodnie z którą wszystkie organizmy roślinne (1838) i zwierzęce (1839) są zbudowane z komórek. Do ważniejszych prac Schleidena należą: *Zarys fitogenezy*, *Podstawy botaniki naukowej* oraz *Botanika jako nauka indukcyjna*. Schwann wydał traktat pod tytułem *Badania mikroskopowe nad podobieństwem budowy i wzrostu zwierząt i roślin*.

Schleiden wysunął też błędną hipotezę o pochodzeniu komórek z bezpostaciowej ciekłej substancji zawartej w komórkach – cytoblastemy. Zwolennikiem tej hipotezy był także Schwann [11, 12].

Wilhelm Hofmeister (1824–1877) w pracy *O powstawaniu zarodków* (1851) wykazał, jak powstaje zarodek roślinny wewnątrz woreczka zalążkowego. Opisał funkcje łagiewki pyłkowej w procesie zapłodnienia. Rozwinął metodologię anatomicznych i morfologicznych badań porównawczych roślin (praca *Badania porównawcze* z 1851 roku). Wyjaśnił przemianę pokoleń u mszaków, paprotników i nasiennych, wskazując jednocześnie na homologię narządów rozmnażania u odległych taksonomicznie grup roślin; przy czym samo pojęcie narządów homologicznych wprowadził Richard Owen (1804–1892) w 1848 roku.

Do ugruntowania teorii komórkowej, ale równocześnie obalenia błędnej hipotezy cytoblastemicznej Schleidena o powstawaniu komórek, przyczynił się Rudolf Virchow (1821–1902), autor ogłoszonej w 1859 roku reguły *Omnis cellula e cellula* (każda komórka powstaje z komórki). Komórkę uważał za jedyną „nosicielkę życia”, podstawową jednostkę anatomiczną, fizjologiczną i patologiczną [1, 9, 12, 14, 16].

Zdaniem Virchowa organizm składa się z sumy oddzielnych, samodzielnych, wiecznych i niezmiennych komórek. To okazało się jednak błędne, gdyż komórka nie jest wieczna, ulega zmianom i podlega prawom ewolucji [17].

Virchow w metodach badawczych uznawał początkowo wyłącznie kierunek materialistyczny, jednakże odrzucając lamarckizm i darwinizm, ograniczył swoje horyzonty myślowe i możliwości naukowo-twórcze. Takie stanowisko w efekcie zmusiło tego uczonego do witalistycznego (metafi-

zycznego) wyjaśniania obserwowanych zjawisk, przez co zamiast zyskiwać sobie zwolenników – miał coraz więcej przeciwników:

„Ażeby te dziwne twierdzenia Virchowa stały się dla nas zrozumiałymi, trzeba wiedzieć o tem, że od przeszło trzydziestu lat uważa on za główne zadanie swoje walczyć przeciwko darwinizmowi i przeciwko całej z nim związanej nauce o rozwoju. Z największą zawziętością broni on stałości gatunków, czyli teorii, którą zarzucili już dzisiaj wszyscy kompetentni przyrodnicy; jeżeli zechcemy sprawdzić, na czym opiera Virchow istotę i pojęcie »prawdziwego gatunku«, to przekonamy się z łatwością, że nie umie on tak samo nic stanowczego o tem powiedzieć, jak i każdy inny przeciwnik transformizmu. Najważniejszą zaś konsekwencją teorii i przeobrażenia, mianowicie pochodzenie Człowieka od Małpy, zwalcza Virchow, jak wiadomo z szczególniejszą gorliwością i naciskiem: »Jest rzeczą zupełnie pewną« powiada on, »że Człowiek nie pochodzi od Małpy«” [6]

„Virchow, jakkolwiek liczy się do rzędu uczniów Johannesa Müllera, nie posiada jednak najmniejszych nawet wiadomości z dziedziny anatomii porównawczej i zoologii systematycznej, a zarazem nie ma żadnego pojęcia o najważniejszych faktach z zakresu paleontologii i historii rozwoju.

Oryginalna i kapitalna praca znakomitego patologa, mocą której uskutecznił tak zwaną reformę komórkową (...), przypada na czas jego pobytu w Würzburgu (1849–1856), Tu stworzył on, dzięki płodnemu w skutkach obcowaniu z nauczającymi podówczas histologami Köllikerem i Leydigiem, główne podstawy swej patologii komórkowej; tutaj także oświetlił szeregiem dowcipnych i pomysłowych rozpraw ową Jedność ustroju człowieka, która stanowi najważniejszą z tez w zakresie naszego nowożytnego monizmu. Od czasu jednak gdy Virchow przesiedlił się do Berlina nastąpiło stopniowo potęgujące się w sile swojej odstępstwo od przekonań monistycznych, aż nareszcie uskutecznione zostało całkowite przejście do obozu: dualizmu mistycznego” [6].

Poglądy Virchowa były potępiane również przez Darwina: „Wywody Virchowa są bezwstydne, a spodziewam się, że i on sam będzie się ich wstydził” [6,18].

Szczególnie ważne dla rozwoju anatomii i histologii roślin były odkrycia Giovanniego Battisty Amiciego w dziedzinie mikroskopii. W 1827 roku Amici skonstruował obiektyw immersyjny i achromatyczny (3-soczewkowy) zwiększający znacznie zdolność rozdzielczą mikroskopu [19]. W 1823 roku spostrzegł tworzenie się łagiewek pyłkowych oraz ich wzrost przez mikropyle do woreczka zalążkowego. W 1842 roku zauważył, że łagiewka pyłkowa pobudza „pęcherzyk” (owocyt) do wzrostu i rozwoju prowadzą-

cego do postaci zarodka. Obserwacje te zostały potwierdzone przez Browna w 1831 roku i Hofmeistera w 1849 roku [11].

Karl Wilhelm von Nägeli (1817–1891), botanik szwajcarski, opracował teorię molekularnej budowy komórki. Stwierdził obecność substancji azotowej w chemizmie protoplazmy oraz rozwój wiązek naczyniowych z tkanek pierwotnych. Opisał także tkanki twórcze (lata 1842–1846).

Z dziedziny fizjologii roślin zagadnieniem odżywiania i oddychania zajmował się Nicolas-Théodore de Saussure (1767–1845). Ustalił bilans gazowy i wodno-mineralny u roślin oraz wykrył pobieranie CO₂ przez rośliny. Wyniki badań uzyskane metodami eksperymentalnymi opublikował w pracy *Badania chemiczne nad roślinami* (1804).

Do wybitnych fizjologów roślin należał również René Joachim Henri Dutrochet (1776–1847), który wykazał funkcje oddechowe aparatów szparkowych i przestworów międzykomórkowych. Wydzielanie ciepła powiązał z procesami oddychania. Badał ruchy roślin, procesy osmozy i dyfuzji w komórkach oraz transport soków w tkankach przewodzących.

Niemiecki chemik Justus von Liebig (1803–1873) wskazał kluczową rolę soli mineralnych w życiu i prawidłowym rozwoju roślin, kładąc przez to podwaliny pod rozwój nauki o nawożeniu roślin (praca pt. *Chemia w zastosowaniu do rolnictwa i fizjologii*, 1840 rok). Wyjaśniając chemiczną stronę odżywiania, obalił błędną teorię humusową Thaer', według której źródłem węgla dla roślin jest próchnica. Liebig, uznając CO₂ za źródło węgla, przypomniał odkrycie holenderskiego lekarza Jana Ingenhousza (1730–1799), który w 1779 roku wykazał zjawisko asymilacji CO₂ (zależnej od światła) i proces oddychania u roślin [11, 12, 20, 21, 22].

Powiązanie chlorofilu z procesem odżywiania roślin potwierdziło wcześniejsze przypuszczenia o pasożytnictwie roślin bezchlorofilowych, takich jak *Lathraea*, *Orobanche* czy *Cuscuta*. Wskazane pasożytnictwo obejmowało nie tylko wodę i sole mineralne, ale również składniki organiczne.

W połowie XIX wieku Hermann von Helmholtz (1821–1894) i Julius Robert von Mayer (1814–1878) sformułowali myśl, że świat roślinny, pochłaniając energię słoneczną tworzy magazyn tej energii na Ziemi, zawarty w materii organicznej.

Julius von Sachs (1832–1897), botanik niemiecki, autor *Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen* (*Podręcznik doświadczalnej fizjologii roślin*) stwierdził w 1862 roku, że produktem fotosyntezy jest skrobia. Światło uznał za czynnik wzbudzający tajemny proces asymilacji CO₂. Przeciwno temu pogładowi wystąpił Kliment A. Timiriazew (1843–1920), wybitny

rosyjski botanik i filozof przyrody, który przy pomocy doświadczeń wykazał, że światło działa nie jako bodziec, lecz źródło energii, niezbędnej do asymilacji dwutlenku węgla; chociaż znaczenie samej energii uzyskanej ze światła źle interpretował na poziomie reakcji fotosyntetycznych:

„(...) na Ziemię padł promień Słońca, lecz nie padł on na bezpłodną glebę, ale na zieloną ruń pszenicy, a ściślej mówiąc na ziarenko chlorofilu. Uderzywszy w nie zgasł, przestał być światłem, ale nie zginął. Został on tylko zużyty na wewnętrzną pracę, rozerwał więź między cząsteczkami węgla i tlenu, połączonymi w dwutlenku węgla. Wyzwolony węgiel utworzył przez połączenie się z wodą skrobię” [12].

Timiriazew otrzymał widma chlorofilu, określił rolę chlorofilu jako sensybilizatora chemicznego i optycznego, dowiódł jego wybiórczych zdolności pochłaniania promieni słonecznych. Zastosował w stosunku do roślin prawo zachowania energii (Łomonosowa). W dziele *Życie rośliny* (1949) opisał procesy pobierania wody i soli mineralnych. Pracował nad strukturą chemiczną chlorofilu oraz produktów fotosyntezy.

Był on przekonany, że chlorofil powstał jako zjawisko ewolucyjne. Głosił konieczność łączenia pracy eksperymentalnej z badaniami historycznej przeszłości i genezy procesów (w pracy pt. *Metoda historyczna w biologii* z 1922 roku). W przeciwieństwie do Franza Naegelego doceniał znaczenie badań i odkryć Mendla, które propagował. W Rosji efektywnie krzewił lamarckizm i darwinizm.

Badania Michaiła Siemionowicza Cwieta (1872–1919), Aleksandra Porfirjewicza Borodina (1833–1887) oraz Richarda Martina Willstättera (1872–1942) wykazały, że chlorofil składa się z dwu frakcji: a i b, ponadto towarzyszą mu barwniki karotenowe i białka. Willstätter pracował również nad antocyjanami, które wykryto także w pasożytach (*Lathraea*, *Cuscuta*). Cwiet opracował metodę chromatograficznego rozdzielania karotenoidów (1906) [23].

Obecność chlorofilu w roślinach utożsamiano z obecnością chloroplastów, w których był on zawarty. Powstał w związku z tym nieprawdziwy pogląd, że bezieleniowe pasożytnicze rośliny kwiatowe, podobnie jak grzyby, bakterie, śluzowce i sinice, nie zawierają plastydów [23, 12]. Uważano, że obecność plastydów bezpośrednio wiąże się ze sposobem żywienia się roślin [12]. Równocześnie zaobserwowano występowanie ziaren skrobi w komórkach bezchlorofilowych parazytofitów (*Lathraea*, *Cuscuta*, *Orobanche*). Zatem do syntezy skrobi nie potrzeba energii słonecznej. Mniemanie o powstawaniu skrobi w chloroplastach nie mogło być odniesione do pasoży-

tów, jakoby nie mających plastydów. Powstało wiele sprzecznych i błędnych poglądów. Wiedziano, że nie jest możliwy międzykomórkowy transport skrobi – związku nierozpuszczalnego w zimnej wodzie i zarazem wielcząasteczkowego [12, 23, 24]. Stąd powstał wniosek: pasożyty absorbowały z żywicieli rozpuszczalne (drobnocząsteczkowe) cukry swobodnie przenikające przez błony komórkowe, a następnie z nich syntetyzowały skrobię w słabo wówczas poznanych reakcjach.

W XIX wieku rozpoczęło się w biologii, w tym również w botanice, intensywne starcie między materializmem a idealizmem, między metafizyką i materializmem dialektycznym.

W połowie XIX wieku (od 1850 roku) wyłoniła się nowa epoka literacka i filozoficzna – pozytywizm. Zasady nowego myślenia przedstawił Auguste Comte (1798–1857), zawierając je w swym dziele pt. *Rozprawa o duchu filozofii pozytywnej*. Według Comte’a wiedzę należy opierać wyłącznie na doświadczeniu i obserwacji. Zadaniem nauki jest badanie faktów, aby zdobyć wiedzę pewną, pozbawioną metafizyki. Naukę o człowieku i jego relacjach w świecie określił mianem fizyki społecznej. Wspomnianą wiedzę można osiągnąć za pomocą metod stosowanych w naukach przyrodniczych. Przedmiotem badań mogą być tylko fakty fizyczne, a nie psychiczne, gdyż o psychice wiedzy pewnej posiadać nie można.

W filozofii idee ewolucji propagował (od 1854 roku) Herbert Spencer (1820–1903), autor pracy *First Principles (Pierwsze zasady)*, stanowiącej I tom jego 10-tomowej *Filozofii syntetycznej (Synthetic Philosophy)*. Według Spencera ewolucja jest przejściem od nieokreślonej jednorodności do harmonijnej różnorodności. Formy zróżnicowania i integracji współdziałając, prowadzą do postępu. Podstawy założeń filozofii Spencera wywodzą się z lamarckizmu i darwinizmu [1, 8, 9, 25]:

„Spencer należy do tych starszych filozofów przyrody, znajdujących już i przed Darwinem klucz cudowny do rozwiązania tajemnic bytu w nauce monistycznej o rozwoju świata. Należy on także do szeregu tych ewolucjonistów, kładących największą wagę na proces postępowego dziedziczenia: na dziedziczność cech nabytych zwalczaną dzisiaj tak często. Spencer, podobnie jak i ja sam, walczył stanowczo od początku samego przeciwko teorii Weismanna o plazmie zarodkowej” [6].

Zasady metodologiczne biologii, w tym także botaniki, zmieniły się gruntownie pod wpływem filozofii Friedricha Engelsa (1820–1895) i Karola Marksa (1818–1883), twórców filozofii marksistowskiej, opartej na linii materializmu Demokryta (ok. 460–370 p.n.e.) i linii dialektycznej

Heraklita (ok. 540–480 p.n.e.). Filozofia marksistowska sprzeciwiła się dotychczasowemu materializmowi mechanistycznemu, niehistorycznemu i kontemplacyjnemu. Szczególnie niekorzystnie oddziaływał na biologię materializm mechanistyczny, sprowadzający wszelkie zjawiska i procesy biologiczne do zasad mechaniki. Biolodzy-materialiści niehistoryczni badali z kolei organizmy z pominięciem historii ich rozwoju i zmian, jakim podlegały. Postęp biologii w XIX wieku prowadził wprost do materializmu dialektycznego, co Engels ujął następująco:

„Przede wszystkim (...) trzy wielkie odkrycia posunęły naszą znajomość związku procesów przyrody o olbrzymi krok naprzód: odkrycie komórkowej budowy organizmów, sformułowanie prawa przemiany i zachowania energii oraz teoria Darwina” [26, 27]. Dzięki temu możliwe było wykazanie związków między wszystkimi procesami przyrody oraz ujęcie jej jako jedności. Zdaniem Engelsa materialistyczny pogląd na przyrodę oznacza pojmowanie przyrody taką, jaką ona jest, bez żadnych postronnych dodatków.

Marksistowski materializm filozoficzny głosił, że istnieje tylko jeden świat, stanowiący przedmiot poznania naukowego, i jest to świat materialny. Teza o jedności świata wynika z jego materialności, a tę dowodzi długi i powolny rozwój filozofii oraz nauk przyrodniczych. Materia to kategoria oznaczająca rzeczywistość przyrodniczą, ujętą jako byt obiektywny i przedmiot ludzkiego poznania. W ramach tego poglądu do atrybutów materii należą: ruch, przestrzeń, czas i przyczynowość. Dla botaniki istotne było wyróżnienie kilku form ruchu, gdyż zmieniło to dotychczasowe pojęcie na temat wielu procesów związanych ze wzrostem i rozwojem roślin. Przestano traktować rośliny jako organizmy prymitywne, „bezduszne”, niepobudliwe i nietrawiące pokarmów (w ujęciu Lamarcka). Dotychczas rozpatrywano je mechanistycznie.

Marksistowski materializm filozoficzny wyróżniał następujące postacie ruchu [5, 28]:

- mechaniczny, wyrażający się w postaci zmian dokonywanych przez ciała w przestrzeni;
- fizyczny, obejmujący procesy wewnątrzatomowe i jądrowe, cieplne, elektromagnetyczne, świetlne, grawitacyjne;
- chemiczny – powstawanie i rozpad cząsteczek, co przejawia się w postaci reakcji;
- biologiczny, czyli procesy życia organicznego we wszystkich jego przejawach;
- psychiczny, funkcjonujący w formie reakcji nerwowych, czego efektem jest myślenie;

- społeczny, tj. działania ludzkie w populacji: od interakcji poszczególnych osób do ogólnych historycznych procesów rozwoju gatunku ludzkiego.

Wymienione formy ruchu nie występują niezależnie od siebie, w izolacji; są współzależne i przechodzą jedne w drugie. Ruch ma charakter absolutny, natomiast spoczynek – względny.

Jeśli chodzi o marksistowskie ujęcie przestrzeni czasu, to uznaje się je za określoną formę istnienia materii, przy czym świat materialny jest nieograniczony w przestrzeni. W przeciwieństwie do poglądów Kanta, przestrzeń w pojęciu marksistów jest określeniem obiektywnego sposobu istnienia przedmiotów materialnych, własnością przysługującą rzeczom materialnym obiektywnie, tj. niezależnie od świadomości podmiotu poznającego. W odniesieniu do przyczynowości omówione zasady prowadzą do uznania jej za immanentną zasadę całego świata materialnego, podłoże prawidłowości rozwojowych. Każda rzecz, każde zjawisko ma swoją przyczynę istniejącą w obrębie świata przyrodniczego. Dlatego też podstawowe zadanie nauki polega na odkrywaniu związków przyczynowo-skutkowych.

W latach 1870–1883 Engels opracował artykuł pt. *Dialektyka przyrody*, który efektywnie zmieniał światopogląd licznych biologów. Zawarł w nim dzieje nauk przyrodniczych, począwszy od starożytności. Przeanalizował ważniejsze teorie i prawa. Krytycznie opracował metody poznawania przyrody. Wskazał na istotne znaczenie historii nauk i historii rozwoju organizmów. Obserwując ogólnie panujący chaos ideologiczny wśród przyrodników, eksponował równocześnie doniosłe funkcje dialektyki we współczesnym mu przyrodoznawstwie:

„Każda niemal książka teoretyczna z dziedziny przyrodoznawstwa, jaką się weźmie do ręki, świadczy o tym, że przyrodnicy sami czują, jak dalece są uzależnieni od tego rozgardiaszu i zamętu, oraz że będąca dziś w obiegu tak zwana filozofia nie wskazuje absolutnie żadnego wyjścia. I nie ma tu żadnego innego wyjścia, żadnej innej możliwości osiągnięcia jasnych perspektyw, prócz powrotu, w tej czy innej postaci, od myślenia metafizycznego do dialektycznego” [26, 27].

Filozof ten zwrócił uwagę na niekorzystne skutki nieznamomości filozofii u badaczy przyrody:

„Tezy sformułowane przez filozofię już przed stuleciami, częstokroć takie, które filozofia dawno już odrzuciła, nierzadko zjawiają się u teoretyzujących przyrodników jako prawdy z gruntu nowe i stają nawet na jakiś czas modą” [26].

Engels wykazywał wyjątkowy entuzjazm i uznanie w stosunku do osiągnięć biologii: embriologii, paleontologii, anatomii porównawczej, odkryć Schwanna i Schleidena, teorii ewolucji.

Filozof ten poddał słusznej krytyce poglądy wspomnianego wcześniej Haeckla. Rzeczywiście, Haeckel tłumacząc mechanistycznie liczne procesy życiowe a nawet ewolucję – wybitnie zawężał zakres poznawczy nowo ukształtowanych dyscyplin biologii (fizjologii, biochemii):

„Jak bowiem darwinizm dowiódł panowania mechanicznej przyczynowości dla całkowitego zakresu organicznego rozwoju, tak też przez najważniejszy jego wynik, przez pithecometryczne, dowiedzionem zostało znaczenie jego dla całej antropologii” [6].

Według Engelsa Haeckel w większości swych prac nadmiernie używał terminów „mechaniczny” i „monistyczny” jako równoznacznych:

„Gdy monizm udowadnia wszystkie zjawiska świata organicznego przez prawo powszechnej przyczynowości i je uznaje wszystkie razem wzięte, jako następstwa przyczyn działających, dowodzi on tem samem, że Bóg jest konieczną przyczyną wszechrzeczy, jest usamoistnieniem prawa” [6].

Przez wskazane utożsamienie haeckelizm mijał się z założeniami marksizmu, dlatego został w części odrzucony przez materialistów dialektycznych i biologów-socjalistów.

Zarówno w pracach Marksa, jak i Engelsa historię ujmuje się jako proces przyrodniczy. Tym samym dzieje okazują się obiektywne i poznawalne, a zjawiska społeczne postrzega się jako szczególny rodzaj zjawisk przyrody, tyle że pod pewnymi względami niezależny od nauk biologicznych: „póki ludzie istnieją, historia przyrody i historia ludzi warunkują się nawzajem” [28].

Wkrótce po ogłoszeniu dzieł Marksa i Engelsa zaczęło panować przekonanie, że filozofia marksistowska umożliwia przedstawicielom nauk szczegółowych zrozumienie samego procesu poznania i ich dziejów. Według Engelsa znajomość historycznego procesu rozwoju myślenia ludzkiego i pojawiających się w różnych okresach poglądów na ogólne związki świata zewnętrznego jest teoretycznemu przyrodoznawstwu niezbędna, ponieważ pozwala ocenić formułowane teorie. Bez myślenia filozoficznego niemożliwe staje się usystematyzowanie ustalonych faktów, harmonijne, logiczne ich powiązanie, poznanie wewnętrznych prawidłowości, którym podlegają odkryte zjawiska [5].

W 1859 roku wydano główne dzieło Karola Darwina (1809–1882) *O powstawaniu gatunków drogą doboru naturalnego, czyli o utrzymywaniu się doskonalszych ras w walce o byt*. Poglądy i teorie w nim zawarte wywar-

ły wielki wpływ na rozwój botaniki i ukształtowały kierunki poznawania roślin pasożytniczych. Z punktu widzenia filogenezy, ewolucji, anatomii i morfologii porównawczej zaczęto traktować rośliny pasożytnicze jako organizmy wtórnie i stopniowo zatracające zdolność fotosyntezy. Uważano je wreszcie za rośliny, które w drodze ewolucji, w niezmiernie długim czasie „przeszły” na pasożytniczy sposób odżywiania. Dowodzić tego poglądu miały właśnie rośliny interesujące nas w tym artykule – półpasożyty (semi-parazytofity), czyli formy przejściowe, pojawiające się np. w obrębie rodziny trędownikowatych *Scrophulariaceae* czy gązewnikowatych *Loranthaceae*. Proces powstawania takich form odbywał się w drodze coraz lepszej adaptacji i specjalizacji do nowego, pasożytniczego trybu życia.

Dzięki teorii ewolucji Lamarcka i Darwina parazytyzm przestano traktować prymitywistycznie lub jako uwstecznienie (w negatywnym znaczeniu). Uznano je za nową, wartościową cechę niezbędną w walce o byt, pozwalającą na konkurencję międzygatunkową.

Dlatego też zeszczątkowanie, uwstecznienie, redukcję „niepotrzebnych” organów lub pewnych czynności u parazytofitów potraktowano jako objaw wtórny [29].

Charles Darwin (1809–1882) przeprowadził reformę teorii descendencji Lamarcka, równocześnie uzupełniając ją o nowe zdobycze biologii. Opracował teorię doboru sztucznego i naturalnego. W 1871 roku w dziele *O pochodzeniu człowieka i doborze płciowym* rozwinął antropogenezę [6].

Teorię descendencji oparł na obserwacjach dotyczących działania czynników materialnych: dziedziczności, zmienności, walki o byt i doboru naturalnego.

W przypadku doboru naturalnego punktem wyjścia dla Darwina była hodowla roślin i zwierząt oraz wytwarzanie przez człowieka całego szeregu ras i odmian za pomocą selekcji sztucznej. Czynnikiem wytwarzającym te rasy i odmiany jest zmienność, dzięki której u osobników mogą się pojawiać różne cechy będące modyfikacją starych lub zupełnie nowe. Hodowca selekcjonuje osobniki, wybierając te najwartościowsze, najstosowniejsze, wykazujące pożądane dlań cechy. W ten sposób otrzymuje po szeregu pokoleń pożądaną rasę. Człowiek podczas hodowli nadaje tym przemianom określony kierunek; w naturze są to przemiany bezkierunkowe. To właśnie spostrzeżenie odniósł Darwin do natury. Doszedł do wniosku, że rolę hodowcy i selekcji sztucznej pełni dobór naturalny i walka o byt. Na skutek selekcji naturalnej w przyrodzie powstają osobniki najlepiej przystosowane do życia w danych warunkach, inne giną [9, 16, 30, 31, 32].

Lamarck, podobnie jak Darwin, postrzegał wpływ człowieka na zmienność roślin uprawnych. Nie zauważył jednak pojawiania się cech ujemnych, niemających wartości przystosowawczej do życia w danym środowisku.

W naturze zmienność okazuje się więc powszechna, bezkierunkowa i dziedziczna. Bezkierunkowość zmienności polega na powstawaniu cech korzystnych bądź niekorzystnych, niezależnie od wpływów środowiska – wbrew poglądom Lamarcka. Osobniki każdej populacji posiadają cechy skrajne i przeciętne (pośrednie), przy czym najwięcej występuje osobników o cechach pośrednich.

Darwin wykazał możliwość tworzenia ras i odmian w obrębie jednego gatunku, z których z czasem powstają nowe gatunki, lepiej przystosowane do warunków, w jakich egzystują. Dobór naturalny powoduje preferowanie osobników lepiej przystosowanych i stopniową eliminację osobników o mniej korzystnym genotypie. Doskonale widać to na przykładzie *Lathraea*, *Orobanche* i *Cuscuta*, które rozpadają się na liczne odmiany (regionalne), podgatunki i wreszcie gatunki specjalizujące się do pasożytowania na ściśle określonych gatunkach żywicieli [29].

Darwin, podobnie jak Lamarck, wierzył w dziedziczenie cech nabytych w ciągu życia. Niemożliwa była wówczas inna interpretacja tego zjawiska ze względu na słaby rozwój genetyki.

Twórca teorii ewolucji z lamarckizmu przejął także mechanistyczne poglądy na temat zmienności. Nieużywanie, nieprzydatność w określonym środowisku danego narządu miało prowadzić do jego uwstecznienia. Zajmował się on również niezwykle skomplikowanymi, a istotnymi dla ewolucji – wzajemnymi zależnościami między organizmami:

„Wzajemna zależność istot organicznych, jak na przykład pomiędzy pasożytem a jego gospodarzem, istnieje zazwyczaj pomiędzy istotami zajmującymi odległe miejsce w łańcuchu istot organicznych” [30].

Uzasadnienie „walki o byt” znalazł Darwin w koncepcji angielskiego ekonomisty Thomasa Roberta Malthusa (1776–1834), który analizując stosunki społeczne i poszukując przyczyny nierówności ekonomicznej w społeczeństwie stwierdził, że środki pokarmowe wznoszą się w przyrodzie w postępie arytmetycznym, gdy tymczasem rozmnażanie odbywa się w postępie geometrycznym. Darwin spostrzegł, że w naturalnych populacjach rodzi się więcej osobników, niż ich może przeżyć. Naturalnym więc zjawiskiem jest „walka o byt”, to znaczy konkurencja między osobnikami w rozmaity sposób wyrażona u różnych roślin czy zwierząt. Dzięki temu następuje naturalna regulacja liczebności. Do skutków doboru naturalnego należy również rozwój cech adaptacyjnych oraz

bioróżnorodność w przyrodzie. Karol Darwin przy wyjaśnianiu pojęcia „walki o byt” poruszył temat związanego z nim pasożytnictwa:

„Jemioła zależy od jabłoni i od kilku innych drzew, ale naciągnięte byłoby twierdzenie, że walczy ona o byt z tymi drzewami, gdyż jeśli zbyt wiele pasożytów będzie rosłać na tym samym drzewie, będzie ono więdnąć i uschnie. Lecz o kilku siewkach jemioły rosnących blisko siebie na tej samej gałęzi można z większą słusnością twierdzić, że walczą ze sobą. Ponieważ ptaki roznoszą nasiona jemioły, to jej istnienie zależy od ptaków i można by w przenośni powiedzieć, że walczy ona z innymi owocodajnymi roślinami, przywabiając ptaki, aby pożerały i tym samym roznosiły jej nasiona” [30].

O wielkiej fascynacji Darwina roślinami pasożytniczymi można dowiedzieć się z listu, jaki napisał do Johna Stevensa Henslowa w 1832 roku podczas podróży po Ameryce Południowej:

„Kilka dni po naszym przybyciu wyruszyłem na wyprawę do odległego o 150 mil Rio Macao. Wyprawa trwała 18 dni. Tam po raz pierwszy zobaczyłem las tropikalny w całej wspaniałości i wielkości. Nikt, kto sam tego nie oglądał, nie potrafi sobie wyobrazić, jaki to cudowny i wspaniały widok. Z rzeczy najbardziej zasługujących na wyróżnienie na jedno muszą zwrócić uwagę, a mianowicie na mnóstwo roślin pasożytniczych” [31].

Darwin początkowo był negatywnie nastawiony do założeń teorii Lamarcka. Twierdził, że jego teoria pokrywa się z lamarckizmem tylko w jednym założeniu: gatunki nie są stworzone każdy z osobna, musiały one powstać z innych gatunków [31, 10]. Jednakże w trakcie kształtowania i dojrzewania teorii ewolucji Darwin zrozumiał, że tak naprawdę w wielu sprawach dochodzi do tych samych wniosków co Lamarck i staje przed podobnymi dylematami.

Analizując obecnie teorie Lamarcka i Darwina, można w nich dostrzec więcej podobieństw niż różnic.

Początkowe antagonistyczne ustosunkowanie się Darwina do teorii Lamarcka było przyczyną podziału biologów na lamarckistów i darwinistów, prowadzących ze sobą spory, trwające w pewnych kwestiach do czasów obecnych. Wbrew powszechnie panującemu mniemaniu nie wszyscy współcześni biolodzy są tzw. ewolucjonistami syntetycznymi.

Lamarckizm i darwinizm pragnął pogodzić wspomniany już Ernst H. Haeckel (1834–1919), lekarz, profesor anatomii i zoologii na Uniwersytecie w Jenie. Pomimo że nie zajmował się roślinami, wywarł wielki wpływ na kształtowanie się ewolucjonizmu w botanice. Dzięki temu uczonego botanicy zaczęli rozwijać myśl ewolucji w embriologii, paleontologii i anatomii porównawczej, a nie tylko w zakresie systematyki. Jest on autorem

między innymi publikacji takich jak: *Zarys filozofii monistycznej* (1905 rok), *Systematische Phylogenie* (tom 1–3 1884–1896), *Zarys morfologii ogólnej organizmów* (1866 rok). W 1866 roku Haeckel ogłosił słynne prawo biogenetyczne: ontogeneza jest powtórzeniem filogenezy, a trzy lata później wprowadził jedno z najważniejszych pojęć biologicznych – pojęcie ekologii. Głosił jedność świata materii i ducha. Pragnął reformy teologii, aby ta nie walczyła z postępami biologii:

„Tylko ten światopogląd, który widzi siłę Boską i ducha Bożego we wszystkich zjawiskach przyrody, ten tylko jedynie jest godzien Jego wielkości, obejmującej cały wszechświat. (...) Tylko wtedy, gdy skupimy w Bogu wszystkie siły, wszystkie objawy ruchu, wszelkie kształty i właściwości materii, uznając Jego jako sprawcę wszechrzeczy, wtedy tylko dochodzimy do tego wzniosłego i dla nas ludzi dostępnego obecnie pojęcia o Bogu i do sposobu uwielbienia Stwórcy, jedynie odpowiadającego Jego wielkości nieskończonej. Bo w nim my żyjemy, działamy – więc istniejemy. W taki sposób filozofia przyrody staje się Teologią, i kult przyrody przeistacza się w prawdziwą służbę Bożą. (...) Bóg jest wszechmocny, on jest jedynym sprawcą i jedyną przyczyną wszechrzeczy, czyli innymi słowy: Bóg jest prawem powszechnej przyczynowości (...) Bóg jest sumą wszystkich sił, a więc i całej materii. (...) Gdy monizm udowadnia jedność w całej przyrodzie, wskazuje tem zarazem, że istnieje jeden Bóg tylko, i że ten Bóg objawia się nam we wszystkich zjawiskach przyrody, od ruchów Monery poczynając, aż do olbrzymich przewrotów odbywających się na słońcach” [6].

W II połowie XIX wieku na gruncie teorii Lamarcka ukształtował się nowy kierunek ewolucjonistyczny – neolamarckizm. Zwolennicy neolamarckizmu umniejszali znaczenie doboru naturalnego i „walki o byt” w ewolucji, sprowadzając je do czynników drugorzędnych. Ewolucję wyjaśniali mechanistycznie i idealistycznie, eksponując zmienność modyfikacyjną, udział czynników środowiskowych i „czynnika wewnętrznego” (wewnętrzną dążność do doskonalenia).

Neolamarckizm rozpadł się na trzy odłamy: psycholamarckizm, mecha-
nolamarckizm i neolamarckizm ortodoksyjny.

Za twórcę psycholamarckizmu uważany jest Edward Drinker Cope (1840–1897), amerykański paleontolog zajmujący się historią rozwoju wyższych kręgowców; autor pracy *The Primary Factors of Organic Evolution* (*Główne czynniki ewolucji organicznej*), wydanej w 1896 roku. Według założeń Cope'a, zmienność osobników nie jest przypadkowa, lecz ukierunkowana stosownie do warunków otoczenia. Cechy nabyte są dziedziczne.

Decydującą rolę w przystosowaniu pełnią procesy psychiczne. Żywą materię wyposażył więc w specyficzną energię („siłę wewnętrzną”) warunkującą działalność psychiczną i dążenie organizmu do doskonałości. Zatem Cope poniekąd przywołał teorię witalistyczną i „zgrabnie” włączył ją do teorii descendentacji.

Wprowadził pojęcie batmogenezy, które definiował jako samorzutny rozwój siły energetycznej zawartej w materii ożywionej. Batmogeneza okazywała się więc przyczyną ewolucji [7, 8, 33].

Psycholamarckizm w wydaniu Cope’a mógł być zastosowany do ewolucji zwierząt. Nie miał żadnego odniesienia do świata roślin pozbawionych układu nerwowego i psychiki. Wprawdzie można rozpatrywać ewolucję roślin w koncepcji fizjogenezy (bezpośredniego przystosowania do otoczenia) i kinetogenezy (komórkowego kierunku funkcjonowania, wywołującego w tkance, a następnie w narządzie rozwój i adaptację cech stosownie do środowiska), ale sprowadziłoby się to do paranaukowej spekulacji i w rezultacie cofania teorii ewolucji.

Chcąc utrzymać idee psycholamarckizmu, niemiecki ewolucjonista A. Pauli, autor pracy *Darwinizm i Lamarckizm, próba teleologii psychofizycznej* – zgłębił ich idealistyczny wątek i przeniósł je do botaniki. Czynniki psychiczne (wola, wyobrażenie) odpowiedzialne za zmiany fizyczne zwierząt miały więc występować także u roślin [8, 10, 34].

Szkoła Pauliego (Raoul Heinrich Francé, Federico Delpino) wprowadziła do swojej teorii pojęcia: „duszy roślin”, „psychologii roślin”, „woli roślin” itp. Wznowiła tym samym renesansową teorię panpsychizmu.

Zgodnie z założeniami psycholamarckizmu parazytofitę specjalizowały się pod wpływem wewnętrznej potrzeby posiadania czegoś, np. ssawek. Dusza roślin pasożytniczych odpowiedzialna za wykonywanie czynności komórkowych określała też potrzeby środowiskowe i życiowe całego organizmu. Fizykochemiczne podłoże życia stworzone przez Lamarcka zostało sprowadzone do zjawisk metafizycznych, idealizmu i panpsychizmu.

Mechanolamarckizm zapoczątkowany został w 1887 roku przez Theodora Eimera (1843–1898) i wspomnianego wcześniej H. Spencera. Ewolucję traktowali oni jako proces różnicowania i komplikowania organizmów w kierunku nadanym przez czynniki środowiska. Zadanie zmienności polega na przebudowie organizmu stosownie do wymogów otoczenia. Wymienieni uczeni reprezentowali ortogenetyczny punkt widzenia, zmniejszający znaczenie doboru naturalnego, a nawet traktowali go jako czynnik hamujący zmienność i spowalniający ewolucję. Rozwój ewolucyjny organizmów traktowali jako ograniczony, a zarazem sprecyzowany przez plan budowy

ciała. Powstawaniu gatunków (specjacji) miała sprzyjać izolacja przestrzenna uniemożliwiająca swobodne krzyżowanie się osobników.

Na izolację geograficzną jako czynnik wywołujący specjację zwrócił uwagę neolamarckista M. Wagner, autor teorii migracyjnej, zgodnie z którą nowe gatunki powstają wtedy, gdy pewna ilość osobników danego gatunku, dzięki wędrówkom czynnym lub biernym, dostaje się w nowe okolice, izolowane od starych, gdzie panują zupełnie odmienne warunki fizjograficzne [7, 16].

Zgodnie z tymi teoriami powstanie nowych gatunków *Lathraea* czy *Cuscuta* należy tłumaczyć migracją gatunków wyjściowych do nowych środowisk, o odmiennym składzie gatunkowym żywicieli (np. jednogatunkowym) i innych warunkach geologicznych niż pierwotnie, a przez to koniecznością wyspecjalizowania się do zasiedlenia nowych gatunkowo gospodarzy.

Jeżeli na przykład część osobników *Cuscuta europaea* L., mająca zdolność pasożytowania na różnorodnych gatunkach roślin, znalazła się w zasiewach lnu przez szereg pokoleń, doszło wówczas do wykształcenia nowych wartościowych cech – stosownych i najwłaściwszych do zastanych warunków bytowania. W ten właśnie sposób jeden gatunek żywiciela (inna struktura tkankowa, cykl życiowy i metabolizm), słabo nasilona konkurencja międzygatunkowa, odmienne stosunki powietrzne i wodno-troficzne gleby z powodu zabiegów rolniczych, a także równoczesna niemożność swobodnego krzyżowania się z osobnikami populacji wyjściowej doprowadziły do powstania nowego gatunku – kianiarki lnowej *Cuscuta epilinum* Weihe.

Lamarckizm ortodoksyjny reprezentowany był przez wspomnianego już szwajcarskiego botanika Karla Wilhelma von Nägeliego (1817–1891), który w latach 1865–1884 głosił jego założenia.

Niektórzy autorzy (Smirnow, Skowron) dostrzegają w teorii Naegelio kierunek mehanolamarckistyczny (ortogenetyczny) [16, 33].

Uczony ten głównej przyczyny ewolucji upatrywał w czynnikach wewnętrznych, tkwiących w samym organizmie. Czynniki środowiska pełnią, jego zdaniem, funkcję drugorzędną w ewolucji. Za kluczowe przyjął czynniki wewnętrzne zawarte w idioplazmie komórek, zbudowanej z miceli. Idioplazma posiada zdolność doskonalenia się i komplikowania struktury, a jej tendencje przenoszone są następnie na cały organizm; objawia się to zmiennością osobnika. Stanowi ona materiał dziedziczony przez kolejne pokolenia poprzez gamety. Czynniki wewnętrzne mieszczące się w idioplazmie płciowej w trakcie rozwoju ustroju rozpraszają się do wszystkich komórek somatycznych, wykazując przy tym odpowiednią ekspresję. Idioplazma decyduje o kierunku ewolucji. Wewnętrzną dążność organizmu

do zmian w określonym kierunku – nazwał Nägeli – zasadą doskonalenia. Czynniki zewnętrzne mogą zmienić tylko cechy adaptacyjne (wysokość pędu, wielkość liści), nie zaś cechy gatunkowe, zależne od czynników wewnętrznych (idioplazmatycznych). Uczony ten okazał się więc przeciwnikiem darwinizmu [6, 7, 16, 34].

Teoria Nägeliego, choć nie była w całości słuszna, to jednak po raz pierwszy głosiła zależność zmian ewolucyjnych organizmu od czynników wewnątrzkomórkowych, a nie środowiskowych. Niestety założenia Nägeliego wkrótce po ogłoszeniu zostały poddane nadinterpretacji lub psycholamarckistycznej interpretacji przez autorów o poglądach witalistycznych. Postawiło to w negatywnym świetle tego uczonego.

Co ciekawe, nägelizm miał też korzystny (twórczy) wpływ na postępy ewolucjonizmu. Był bowiem podstawą rozwoju weismanizmu.

August Weismann (1834–1914) stworzył szkołę neodarwinizmu i teorii plazmy zarodkowej, przyczyniając się zarazem do obalenia lamarckistycznych poglądów o dziedziczeniu cech nabytych. Zdaniem Weismanna istnieją dwie wielkie kategorie żywej materii: substancja dziedziczna, czyli omawiana już idioplazma i substancja odżywcza, czyli trofoplazma [35]. Idioplazma zawarta w jądrze komórkowym zawiera nośniki dziedziczności – biofory. Trofoplazma odżywia idioplazmę. Idioplazma nigdy nie powstaje na nowo w zapoczątkowanym organizmie, lecz istnieje od momentu pojawienia się danego gatunku na ziemi. Plazma zarodkowa z bioforami jest przekazywana z pokolenia na pokolenie przez komórki płciowe. Stąd wynika „ciągłość i nieśmiertelność idioplazmy”. Plazma zarodkowa i tym samym cechy wrodzone nie ulegają zmianom pod wpływem środowiska. Środowisko może kształtować jedynie trofoplazmę – część niedziedziczną. Gameta żeńska i męska niosą w sobie różne cechy dziedziczne, które ulegają w trakcie zapłodnienia „wymieszaniu”. U potomstwa więc jedne cechy rodzicielskie są potęgowane i wzmacniane, inne – „zagłuszane”. Potomstwo nie okazuje się zatem wierną kopią organizmów macierzystych, bo posiada cechy indywidualne (zgodnie z darwinizmem). Dobór naturalny preferuje spośród licznych cech, tylko te najstosowniejsze w określonych warunkach, przyczyniając się w ten sposób do ich zachowania lub eliminacji. Biofory determinują charakter strukturalny i funkcjonalny komórek w trakcie różnicowania tkanek organizmu [6, 10, 16, 33, 34].

Weismann przy tworzeniu systemu swoich teorii posłużył się dotychczasowymi osiągnięciami biologii, własnymi wynikami badań z zakresu embriologii oraz metodą rozumowej analizy i syntezy poznanych faktów.

W wielu kwestiach jego stwierdzenia zostały potwierdzone metodami eksperymentalnymi i przyjęte przez biologów.

Weismanizm był ostro zwalczany przez lamarckistów, neolamarckistów i darwinistów (Haeckel):

„Spencer, podobnie jak i ja sam, walczył stanowczo od początku samego przeciwko teorii Weismanna o plazmie zarodkowej”. (...) „Jeżeli zaś ktokolwiek wspólnie z Weismannem zaprzecza działalności »dziedziczenia postępowego«, musi się wtedy uciec do mistycyzmu, a najlepiej już jest przyjąć wprost zasadą cudownego stworzenia poszczególnych gatunków” [6].

W XX wieku weismanizm znalazł niezwykle aktywnych przeciwników wśród entuzjastów miczurinizmu, lysenkizmu i tzw. twórczego darwinizmu radzieckiego, przede wszystkim w krajach socjalistycznych. Natomiast w latach późniejszych teorię tę rozwijali i uaktualniali mutacjoniści.

Jeden ze zwolenników podkreślania roli mutacji w powstawaniu nowych gatunków, holenderski botanik Hugo de Vries (1848–1935) od 1886 roku prowadził badania nad zmiennością wiesiołka *Oenothera lamarckiana*. Zauważył, że powstawanie nowych mieszańców wiesiołka odbywa się w pewnych odstępach czasu, przez nagłe pojawianie się cech od razu dość daleko odbiegających od typu rodzicielskiego. Zaobserwowane nowe, odróżniające cechy były trwałe i dziedziczne. Uczony holenderski szybko stwierdził, że potężne mutacje (makromutacje) prowadzą do powstania nowych gatunków (makrogeneza), które następnie poddane zostają selekcji naturalnej. Każdy gatunek podlega makrogenezie w jakimś czasie. Uważał, że właśnie wiesiołek przechodził przez takie procesy. Opisał więc nowe gatunki wywodzące się z wiesiołka Lamarcka [7, 16, 25, 34]. Niestety późniejsze badania wykazały, że makromutacje są w rzeczywistości mikromutacjami i przyczyniły się do powstania jedynie mieszańców i odmian. Należy jednak zwrócić uwagę, że do czasów współczesnych opisuje się „nowe” gatunki powstałe drogą mutacji, tworząc przez to gatunki wybitnie niestabilne genetycznie i fenotypowo z rodzaju *Cuscuta*, *Euphrasia*, *Melampyrum*, *Epilobium* i innych.

H. de Vries negował możliwość stopniowego nagromadzania się drobnych zmian, prowadzącego w efekcie do zmienności organizmów i powstawania nowych odmian, a nawet gatunków. Podkreślał natomiast skokowe dziedziczne zmiany w organizmie, które określił mianem mutacji. Mutacje, a zarazem zmienność uważał za główne czynniki ewolucji. Selekcja naturalna jedynie eliminuje organizmy słabiej przystosowane. Mutacje mogą być korzystne, obojętne lub prowadzące osobnika do zagłady podczas walki o byt. Wyniki swoich badań nad zmiennością mutacyjną i system teorii

mutacjonistycznych zawarł w pracy *Die Mutationstheorie*, opublikowanej dopiero w 1901 roku.

W rozumieniu mutacjonistycznym do pogłębienia lub nawet rozwoju pasożytnictwa u roślin przyczyniła się np. mutacja genu kodującego enzym niezbędny do syntezy chlorofilu. Brak tego enzymu spowodował zanik chlorofilu i utratę zdolności fotosyntezy.

Mutacjoniści są uważani przez niektórych autorów (Smirnow, Schmalhauzen) za antydarwinistów, gdyż selekcje sprowadzają jedynie do prostego odsiewu i sumowania oddzielnych mutacji. Doboru naturalnego nie traktują jako twórczego czynnika ewolucji, wywołującego przebudowę organizmu odpowiednio do nowej sytuacji w środowisku [36].

Słynnymi propagatorami mutacjonizmu byli także William Bateson (1861–1926) i Herman Nillson-Ehle.

Bateson (autor hipotezy „obecność-nieobecność”) występowanie danej cechy u osobnika wiązał z obecnością determinującego ją genu (dominowanie), zaś zanik cechy – z recesywnością genu. Prowadził badania nad współdziałaniem genów w wyrażaniu cech u roślin. Natomiast Nillson-Ehle odkrył geny polimeryczne (kumulatywne) wpływające na wytworzenie cech ilościowych [33, 37].

Hugo de Vries, Carl Correns i Erich von Tschermak w 1900 roku ponownie odkryli zapomniane prawa Johanna Gregora Mendla (1822–1884). Mendel prowadził doświadczenia nad mieszańcami roślin, których wyniki opublikował w II połowie XIX wieku: *Badania nad mieszańcami roślin* (1866), *O niektórych mieszańcach Hieracium uzyskanych ze sztucznego zapłodnienia* (1870 rok). Ponadto Mendel ustalił prawo segregacji genów allelicznych (prawo czystości gamet) oraz zasadę dziedziczenia genów nieallelicznych. Stworzył podstawy do rozwoju nowej dyscypliny biologii – genetyki (datowanej jednak dopiero od 1900 roku) [10, 34, 37, 38].

Pod koniec XIX wieku nastąpił intensywny rozwój anatomii i histologii funkcjonalnej. Dzięki tym dyscyplinom możliwe stało się analizowanie budowy anatomicznej pasożytofitów powiązane z ich fizjologicznym przystosowaniem do cudzożywności pasożytniczej. Zaczęto dostrzegać u roślin nie tylko ewolucję anatomiczną i morfologiczną, ale również nieodłączną ewolucję fizjologiczną (biochemiczną). Wybitnym anatomem funkcjonalnym roślin był wspomniany już Gottlieb Haberlandt (1854–1945), profesor botaniki na Politechnice w Grazu (1880–1889), autor słynnego podręcznika *Beiträge zur allgemeine Botanik*. Ten założyciel Instytutu Fizjologii Roślin na Uniwersytecie Berlińskim w 1904 roku odkrył fitochormony. Wprowadził nowatorski fizjologiczny podział tkanek roślinnych. Rysunki mikro-

skopowej budowy organów roślinnych (w tym parazytofitów) wykonane przez Haberlandta są do dziś zamieszczane przez licznych autorów (np. Mevius, Hejnowicz, Malinowski, Strasburger) w podręcznikach anatomii roślin i stanowią wzorzec do naśladowania.

W Polsce, pomimo utraty niepodległości, prowadzono badania roślin, głównie florystyczne, niewymagające kosztownego sprzętu laboratoryjnego.

W 1803 roku na Uniwersytecie Wileńskim zorganizowano katedrę botaniki, którą objął pijar ks. prof. Stanisław Jundziłł (1761–1847), równoczesny organizator i dyrektor Ogrodu Botanicznego w Wilnie. Opierając się na pracach Jana Krzysztofa Kluka i Jeana Emmanuela Giliberta, wydał on (w latach 1791 i 1811) pracę pt. *Opisanie roślin Wielkiego Xięstwa Litewskiego naturalnie rosnących*. W 1799 roku opracował podręcznik *Botanika stosowana*.

Po odejściu Stanisława Jundziłła w 1828 roku Katedrę Botaniki przejął Józef Jundziłł (1794–1877), autor dzieła *Opisanie roślin na Litwie, na Wołyniu, Podolu i Ukrainie dziko rosnących, jako i oswojonych* (Wilno 1830) [25,39].

W 1817 roku przywrócono wykłady z botaniki na Uniwersytecie Lwowskim. Prowadził je Ernest Dominik Wittman (1780–1836), badacz roślinności Galicji. Uczniem i kontynuatorem badań Wittmana był Aleksander Zawadzki (1798–1868), autor *Flory Lwowa* (1836 rok) i *Spisu roślin flory galicyjskiej i Bukowiny* (1835 rok).

Do poznania flory Ukrainy przyczyniły się również badania Wilibalda Bessera (1784–1842), których wyniki opublikował w dziełach: *Flora Galicji* (1809) oraz *Spis roślin Wołynia, Podola i Ukrainy* (1822). Pracował w Liceum Krzemienieckim, a następnie na Uniwersytecie Kijowskim.

Z Liceum Krzemienieckim związany był również Antoni Andrzejowski (1785–1869), adiunkt tamtejszej Katedry Przyrody, autor *Flory Ukrainy, czyli opisanie roślin rosnących w Ukrainie przednieprowej* (Warszawa, 1869 rok). Inny polski nauczyciel Jakub Waga (1800–1872), pracownik gimnazjum w Łomży, w latach 1847–1848 wydał *Florę Polski*, w której opisał 1061 gatunków roślin.

W Krakowie badania botaniczne rozwinął Ignacy R. Czerwiakowski (1808–1882), profesor i kierownik (od 1848 roku) Katedry Botaniki i dyrektor (od 1854 roku) tamtejszego Ogrodu Botanicznego. W 1841 roku wydał dwutomową *Botanikę ogólną roślin jawnoptłociowych*. W latach 1849–1863 opracował *Botanikę szczegółową* w 6 częściach, opisując rośliny krajowe i zagraniczne, dzikie, użytkowane w rolnictwie, lecznictwie i w przemyśle. Jest także autorem podręcznika dla studentów medycyny pt. *Botanika lekarska* (1861 rok).

Roślinność Wielkopolski badał Wojciech Adamski (1796–1841). Wyniki swoich obserwacji ogłaszał w „Gazecie Księstwa Poznańskiego” w dziale zatytułowanym *Materiały do flory Wielkopolski*.

Znakomitym florystą Wielkopolski był również Jan Motty (1790–1856), autor *Leitfaden zur Vortrage der Botanik* (Poznań 1829) i *Wstępu do historii naturalnej...* (Poznań 1823). Inny poznaniak – Józef Szafarkiewicz (1822–1892) opracował zielnik i spis dziko rosnących roślin w okolicy Poznania (*Historia naturalna dla szkół*, 1850–1853). Materiały Szafarkiewicza były podstawą do wydania w Berlinie w 1850 roku wartościowego dzieła *Flora des Großherzogtum Posen*, autorstwa Georga Ritschla [25, 39, 40].

W polskich badaniach pojawiła się także kwestia pasożytów. Zostały one opisane w następujących pracach Antoniego Kotowicza (1816–1885): *Częściowy spis roślin jawnopłciowych z okolicy Biecza* (1874), *Spis roślin jawnopłciowych zbieranych w okolicy Biecza w roku 1874* (1875), *Rośliny z okolic Biecza* (1876 rok), *Spis roślin w okolicach Biecza zebranych w roku 1876* (1877). Do gatunków uwzględnionych w przywołanych pracach należą: *Cuscuta epilinum* Weihe, *Cuscuta epithimum* (L.) Murr., *Euphrasia odontites* L., *Euphrasia officinalis* L., *Lathraea squamaria* L., *Melampyrum nemorosum* L. [41].

Twórcą polskiej socjologii roślin był Józef Paczoski (1864–1942). W 1896 roku wprowadził do biologii termin „fitosocjologia”. Odnosił się on do nauki zajmującej się badaniem zbiorowisk roślinnych pod względem florystycznym. Zadania fitosocjologii określił w pracach: *Stadia rozwoju flory* (1891), *Życie gromadne roślin* (1896 rok).

Niektóre rośliny pasożytnicze (np. *Lathraea*) wchodzą w symbiozę z grzybami [29], zatem istotnym odkryciem dla parazytobotaniki jest mikoryza. Ten rodzaj współżycia organizmów opisał po raz pierwszy w 1881 roku Franciszek Kamiński (1851–1918). Posłużył się do tego przykładem bezchlorofilowej saprofitycznej rośliny *Monotropa* (korzeniówka).

Nowe spojrzenie na rośliny pasożytnicze jako obiekty badań nastąpiło wraz z rozwojem fitopatologii w XIX wieku.

W 1858 roku ukazał się pierwszy w Europie podręcznik fitopatologii autorstwa Juliusa Kühna (1825–1910), zatytułowany *Die Krankheiten der Kulturgewasche, ihre Ursachen und ihre Yerhütung*.

W Polsce początki fitopatologii datuje się na rok 1881, kiedy to Szczęsny Kudelka (1844–1916) wydał podręcznik *Choroby roślin gospodarskich*. Kudelka był wykładowcą botaniki w Szkole Rolniczej w Dublanach (koło Lwowa), a następnie założycielem laboratorium botanicznego w Żabikowie koło Poznania [42].

Fitopatolodzy zaczęli traktować rośliny pasożytnicze jako biotyczne czynniki chorobotwórcze, sprzyjające zakażeniom roślin uprawnych wirusami, bakteriami i grzybami.

Niewątpliwie jednym z najwybitniejszych polskich botaników XIX i początku XX wieku był Józef Rostafiński (1850–1928). W 1875 roku wydał monografię *Śluzowce Mycetozoa* (Paryż 1875) oraz prace z dziedziny algologii [43, 44]. Jest autorem *Florae Polonicae Prodromus* (wydanej w 1872 roku), *Słownika polskich imion rodzajów oraz wyższych skupień roślin, poprzedzony rozprawą historyczną o źródłach* i wielu prac monograficznych, np. *O maku (Papaver somniferum L.) i jego hodowli w Polsce* (1899). W 1900 roku ukazało się pierwsze wydanie niezmiernie popularnego *Przewodnika do oznaczania roślin*, w układzie Wettsteina, kontynuowanego i poprawionego przez Olgę Seidl (1903–1969), kierownika Katedry Farmakognozji AM w Krakowie, autorkę prac nad flawonoidami i alkaloidami [45].

Rostafiński zajmował się historią botaniki (*Średniowieczna historia naturalna*, 1900) oraz nazewnictwem roślin [46].

Omawiając dzieje badań nad roślinami w XIX wieku, należy wspomnieć o Marianie Raciborskim (1863–1917). Po ukończeniu studiów na Uniwersytecie Krakowskim wyjechał w ramach stypendium do Niemiec (1892–1903), gdzie pracował w Bonn i Monachium. W 1896 roku prowadził badania florystyczne (również w zakresie fitopatologii) na Jawie (rośliny zarodnikowe, trzcina cukrowa, tytoń). Po powrocie do kraju pracował w Katedrze Botaniki Szkoły Rolniczej w Dublanach, a w 1909 roku objął Katedrę Botaniki na Uniwersytecie Lwowskim. W 1912 roku został kierownikiem Katedry Botaniki Uniwersytetu Krakowskiego (po odejściu J. Rostafińskiego). Pełnił także funkcję dyrektora Ogrodu Botanicznego w Krakowie. Był wszechstronnym uczonym, badał między innymi elajoplasty, wzrost komórek, lokalizację i działanie enzymów oksydacyjnych, przemianę pokoleń grzybów. Ogromne zasługi ma również w zakresie paleobotaniki (materiały do flory paleozoicznej i mezozoicznej) i ochrony środowiska. Podczas swojej praktyki dydaktycznej efektywnie krzewił idee ewolucji, podobnie jak August Wrześniowski (1836–1892), Józef Nusbaum-Hilarowicz (1859–1917), Konstanty Janicki (1876–1932) czy Benedykt Dybowski (1883–1930) [10,25,34,39,40,42,47].

Podsumowując ten historyczny rys, skupiający się na XIX stuleciu, warto przytoczyć dwa cytaty:

„U schyłku dziewiętnastego stulecia spoglądamy ze słuszną dumą na olbrzymi i niezrównany rozwój oświaty i umiejętności, a przede wszystkim

nauk przyrodzonych. Charakterystycznym wyrazem tego faktu, jest określanie przez wiele pism, naszego stulecia, mieniające je »w i e l k i m«, lub „wiekiem nauk przyrodzonych”.

„U schyłku wieku możemy powiedzieć, że darwinizm i przezeń ugruntowana teoria rozwoju, wraz z prawem substancji i teorią komórkową, należą do najświetniejszych jego zdobyczy naukowych” [6].

Literatura

- [1] Szumowski W., Historia medycyny filozoficznie ujęta, Sanmedia, Warszawa 1994.
- [2] Sawrymowicz E., Makowski S., Libera Z., Romantyzm, WSiP, Warszawa 1984.
- [3] Łastowski K., Filozofia z elementami metodologii – wykłady wysłuchane w 1998 roku (rękopis), Wydział Biologii UAM, Poznań.
- [4] Zielińska R., Filozofia z elementami metodologii – wykłady ćwiczeniowe wysłuchane w 1998 roku (rękopis), Wydział Biologii UAM, Poznań.
- [5] Grudzień J., Pojęcie i przedmiot filozofii. Materializm i idealizm jako dwa zasadnicze obozy w filozofii. Wybrane problemy filozofii marksistowskiej (red. M.T. Jaroszewski), wyd. IV, Książka i Wiedza, Warszawa 1975, s. 16.
- [6] Haeckel E., O pochodzeniu człowieka ze stanowiska dzisiejszej wiedzy. Odczyt wygłoszony na IV Międzynarodowym Kongresie Zoologów w Cambridge 26 sierpnia 1898 przez Ernesta Haeckla z objaśnieniami i tablicami, Związkowa Drukarnia we Lwowie, Lwów 1902, s. 16.
- [7] Domaniewski J., Podręcznik Zoologii, wyd. II, Wydawnictwo M. Arcta, Warszawa 1923.
- [8] Komarow W., Lamarck, Spółdzielnia Wydawnicza Książka, Łódź 1946.
- [9] Skowron S. (red.), Podręcznik biologii, PZWL, Warszawa 1975.
- [10] Michajłow W., Biologia, PZWS, Warszawa 1963.
- [11] Hryniewiecki B., Historia botaniki powszechnej, Historia botaniki w Polsce. Poradnik dla Samouków, T. VII, Botanika cz. II, Kasa im. Mianowskiego, Warszawa 1927, s. 547–743, cz. III, 1929.
- [12] Żukowski P., Botanika, PWRiL, Warszawa 1951.
- [13] Podbielkowski Z., Rejment-Grochowska I., Skirgiełło A., Rośliny zarodnikowe, wyd. IV, PWN, Warszawa 1986.
- [14] Radomski J., Jasnowska J., Botanika, PWRiL, Warszawa 1986.
- [15] Jasnowska J., Jasnowski M., Radomski J., Botanika, Brasica, Szczecin 1995.
- [16] Skowron S., Ewolucjonizm, PZWL, Warszawa 1963.
- [17] Horst A., Fizjologia patologiczna, PZWL, Warszawa 1975, s. 5–9.
- [18] Darwin 1879, w liście do Haeckla na temat sporu o pochodzeniu człowieka.
- [19] Janowiec M. (red.), Mikrobiologia i serologia, PZWL, Warszawa 1988.
- [20] Tołpa S., Radomski J., Botanika, cz. I, PWN, Warszawa 1957.
- [21] Górski M., Kuszelewski L., Chemia rolnicza, wyd. III., PWRiL, Warszawa 1970.
- [22] BBC History: Historic Figures, http://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/ingen-housz_jan.shtml [Akces:22.04.2017].
- [23] Maksimow M., Fizjologia roślin, PWRiL, Warszawa 1950.
- [24] Szymkiewicz D., Botanika, Lwów 1928.

Wybrane aspekty dziejów badań leczniczych roślin pasożytniczych...

- [25] Hryniewiecki B., Zarys dziejów botaniki, PZWS, Warszawa 1949.
- [26] Engels F., Ludwik Feuerbach i zmierzch klasycznej filozofii niemieckiej, [w]: O materializmie dialektycznym, Książka i Wiedza Progress, Moskwa 1985, s. 146–187.
- [27] Marks K., Engels F., Dzieła, t. 21, Warszawa 1969, s. 330–331.
- [28] Amsterdamski S., Engels, Wiedza Powszechna, Warszawa 1964.
- [29] Różański H., Specjalizacja *Lathraea squamaria* L. do pasożytniczego trybu życia, Praca magisterska, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Instytut Biologii Eksperymentalnej, Zakład Botaniki Ogólnej, Poznań 2000.
- [30] Darwin K., O powstawaniu gatunków drogą doboru naturalnego, czyli o utrzymywaniu doskonalszych ras w walce o byt, PWRiL, Warszawa 1955.
- [31] Darwin K., Dzieła wybrane, t. VIII, PWRiL, Warszawa 1960.
- [32] Grębecki A., Ogólne zasady biologii, wyd. VI, WSiP, Warszawa 1986.
- [33] Smirnow I.N., Dialektyka materialistyczna a teoria ewolucji. Filozofia i współczesna biologia, (red.) I.T. Frołow, Książka i Wiedza, Warszawa 1976, s. 290–354.
- [34] Halicz. B., Z dziejów myśli ewolucyjnej, wyd. II, Wiedza Powszechna, Warszawa 1959.
- [35] Weismann 1892, [w]: Żukowski P., Botanika, PWRiL, Warszawa 1951, s. 18.
- [36] Schmalhauzen I.I., Czynniki ewolucji. Teoria doboru stabilizującego, PWN, Warszawa 1975.
- [37] Tarkowski Cz., Genetyka i hodowla roślin. Nasiennictwo, wyd. III, PWN, Warszawa 1984.
- [38] Halicz B., Podstawy botaniki, wyd. III, PWN, Warszawa 1986.
- [39] Mochtak E., Tajemnice ogrodów botanicznych, Instytut Wydawniczy Nasza Księgarnia, Warszawa 1989.
- [40] Kosiek Z., Zarys dziejów nauk przyrodniczych w Polsce (praca zbiorowa), Wiedza Powszechna, Warszawa 1983, s. 414–479.
- [41] Ślawski T., Antoniego Kotowicza spis roślin z Biecza i okolic. Historia leków naturalnych, (red.) B. Kuźnicka, t. III, IHNOiT, Warszawa 1993, s. 125–136.
- [42] Kochman J., Fitopatologia, wyd. II, PWRiL, Warszawa 1973.
- [43] Kadłubowska J.Z., Zarys algologii, PWN, Warszawa 1975.
- [44] Seidl O., Przedmowa, [w]: Rostański J., Seidl O., Przewodnik do oznaczania roślin, wyd. XX, PWRiL, Warszawa 1973.
- [45] Dymińska M., Historia zbiorów i Katedry Farmakognozji Akademii Medycznej w Krakowie. Studia i materiały z dziejów nauki polskiej, seria B, Historia nauk biologicznych i medycznych, zeszyt 26, PWN, Warszawa 1975, s. 177–218.
- [46] Köhler P., Ziołolecznictwo na Rzeszowszczyźnie w XIX wieku w świetle ankiety Józefa Rostańskiego. Historia leków naturalnych, (red.) B. Kuźnicka, t. III, IHNOiT, Warszawa 1993, s. 119–124.
- [47] Michajłow W., Ewolucja, pasożyty, żywicieli, Wiedza Powszechna, Warszawa 1959.

Do cytowania:

Różański H., Czerny E., Wybrane aspekty dziejów badań leczniczych roślin pasożytniczych w ujęciu filozoficznym, *Herbalism*, 2017, 1(3), s. 150–179

kapsułki

INNOWACYJNA FORMUŁA ZIOŁ

INFORMACJE O PRODUKCIE.
NALEŻY ZAPOZNAĆ SIĘ Z WŁAŚCIWOŚCIAMI
PRODUKTU PRZED ZASTOSOWANIEM.



Wyprodukowano w UE dla
BIOVITALIUM Sp. z o.o.
52-311 Wrocław, ul. Łanowa 2D

adoloran

Suplement diety

Preparat zawiera starannie wyselekcjonowane ekstrakty roślinne i olejki eteryczne, zmniejszające napięcie mięśni gładkich i szkieletowych oraz łagodzące dyskomfort i złe samopoczucie związane z bólami miesięczkowymi i napięciem przedmiesiączkowym.

Pomaga w złym samopoczuciu w okresie miesiączkowania, w czasie napięcia przedmiesiączkowego, uczuciu wzmożonego napięcia mięśni przed i w czasie menstruacji.

SKŁAD ZALECANEJ DZIENNEJ PORCJI:

2 kapsułki - porcja zalecana do spożycia w ciągu dnia

Składniki odżywcze	Zawartość		% zalecanego dziennego spożycia (ZDS)
	w 1 kapsułce	w 2 kapsułkach	
WITAMINY:			
Witamina C	20 mg	40 mg	50% RWS
SKŁADNIKI ROŚLINNE:			
Owoc niepokalanika pospolitego	62,5mg	125 mg	—
Wyciąg z kory wierzby białej 4:1	50mg	100 mg	—
Owoc kardamonu malabarskiego	50mg	100 mg	—
Kłącze imbiru lekarskiego	25mg	50 mg	—
Wyciąg z surmii zwyczajnej	25mg	50 mg	—
Żywica smrodzieńca	15mg	30 mg	—
Wyciąg z owoców guarany	12,5mg	25 mg	—
Olejek z owoców starzędzy rozestanej	5mg	10 mg	—
Olejek z owoców <i>Litsea cubeba</i>	2,5mg	5 mg	—
Olejek z liści mięty pieprzowej	2,5mg	5 mg	—

Działanie:

- **Olejek z owoców *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon, mięty pieprzowej *Mentha piperita* Linne i starzędzy rozestanej - *Gaulthera procumbens* Linne** wpływają odprężająco, rozluźniająco i kojąco.
- **Wyciąg z nasion guarany - *Paulinia cupana* Kunth** poprawia samopoczucie i pobudza siły vitalne.
- **Kłącze imbiru lekarskiego - *Zingiber officinale* Roscoe**
- **Żywica smrodzieńca - *Ferula assa-foetida* Linne**
- **Owoc kardamonu malabarskiego - *Eletaria cardamomum* (L.) Maton** korzystnie wpływają na trawienie i tonizują układ nerwowy.
- **Owoc niepokalanika pospolitego - *Vitex agnus-castus* L.** tradycyjnie stosowany jest przy zaburzeniach funkcji układu rozrodczego.
- **Wyciąg z surmii zwyczajnej - *Catalpa bignonioides* Walter** i z kory wierzby białej - *Salix alba* L., tradycyjnie używane były przy dolegliwościach bólowych i stanach skurczowych mięśni.
- **Witamina C** pomaga w ochronie komórek przed stresem oksydacyjnym i w prawidłowym funkcjonowaniu układu odpornościowego



Skład:

owoc niepokalanika pospolitego - *Vitex agnus-castus* L., wyciąg z kory wierzby białej 4:1 - *Salix alba* L., owoc kardamonu malabarskiego - *Eletaria cardamomum* (L.) Maton, kłącze imbiru lekarskiego - *Zingiber officinale* Roscoe, żywica smrodzieńca - *Ferula assa-foetida* Linne, wyciąg z surmii zwyczajnej 4:1 - *Catalpa bignonioides* Walter, wyciąg z nasion guarany 4:1 - *Paulinia cupana* Kunth, olejek z owoców starzędzy rozestanej - *Gaulthera procumbens* Linne, olejek z owoców *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon, olejek z liści mięty pieprzowej - *Mentha piperita* L., kwas L-askorbinowy (witamina C); żelatyna, tlenek magnezu, krzemionka, inulina (substancja przeciwzbrylająca, nośnik)

kapsułki

INNOWACYJNA FORMUŁA ZIÓŁ

INFORMACJE O PRODUKCIE.
NALEŻY ZAPOZNAĆ SIĘ Z WŁAŚCIWOŚCIAMI
PRODUKTU PRZED ZASTOSOWANIEM.



Wyprodukowano w UE dla
BIOVITALIUM Sp. z o.o.
52-311 Wrocław, ul. Łanowa 2D

endometriol

Suplement diety

Łagodzenie dolegliwości przy przewlekłych stanach zapalnych układu płciowego u kobiet. Wspomaganie diety przy cierpieniu na endometriozę i stany zapalne przydatków.

Preparat zawiera starannie dobrane witaminy, ekstrakty roślinne, żywice i olejki korzystnie działające na funkcje układu rozrodczego kobiet, szczególnie w przebiegu przewlekłych stanów zapalnych.

SKŁAD ZALECANEJ DZIENNEJ PORCJI:

2 kapsułki - porcja zalecana do spożycia w ciągu dnia

Składniki odżywcze	Zawartość		% zalecanego dziennego spożycia (ZDS)
	w 1 kapsułce	w 2 kapsułkach	
WITAMINY:			
Witamina B ₆	0,7 mg	1,4 mg	100% RWS
Witamina C	40 mg	80 mg	100% RWS
Witamina E	6 mg	12 mg	100% RWS
Witamina K	75 µg	150 µg	100% RWS
Kwas pantotenowy	3 mg	6 mg	100% RWS
SKŁADNIKI MINERALNE:			
Selen	27,5 µg	50 µg	100% RWS
POZOSTAŁE SKŁADNIKI:			
Wyciąg z kory wierzby białej	50 mg	100 mg	—
Owoc niepokalanika pospolitego	50 mg	100 mg	—
Kwiat czarnej malwy	40 mg	80 mg	—
Wyciąg z kłączy i korzeni ruszczyka	40mg	80 mg	—
Kłącze imbiru	25mg	50 mg	—
Wyciąg z kurkumy (ostrzyżu)	25mg	50 mg	—
Wyciąg z surmii	25mg	50 mg	—
Żywica smrodzieńca	15mg	30 mg	—
Owoc kminu rzymskiego	5 mg	10 mg	—
Wyciąg z kłączy juki	5 mg	10 mg	—
Kadzidłó indyjskie	5 mg	10 mg	—
Mirra	5 mg	10 mg	—
Olejek z owoców starzeńsi	5 mg	10 mg	—
(% RWS) – Referencyjne wartości spożycia (%)			

Działanie:

- **Witamina K** przyczynia się do prawidłowego krzepnięcia krwi i pomaga w utrzymaniu zdrowych kości.
- **Witamina C** pomaga w prawidłowej produkcji kolagenu w celu zapewnienia prawidłowego funkcjonowania skóry i naczyń krwionośnych. Pomaga w ochronie komórek przed stresem oksydacyjnym i prawidłowym funkcjonowaniu układu odpornościowego.
- **Kwas pantotenowy** przyczyniają się do utrzymania prawidłowego metabolizmu energetycznego.
- **Selen** pomaga w ochronie komórek przed stresem oksydacyjnym, w funkcjonowaniu tarczycy i układu odpornościowego.
- **Witamina B6** pomaga w prawidłowej syntezie cysteiny. Przyczynia się do utrzymania prawidłowego metabolizmu białka i glikogenu oraz regulacji aktywności hormonalnej.



- **Witamina E** pomaga w ochronie komórek przed stresem oksydacyjnym.
- **Olejek z owoców starzeńsi rozestanej** - *Gaultheria procumbens* Linne, kwas galusowy, kłącze imbiru lekarskiego, żywica kadzidłowca indyjskiego - *Boswellia serrata* Roxburgh, smrodzieńca - *Ferula assa-foetida* Linne oraz mirry - *Commiphora myrrha* Nees (Engl.) zmniejszają stany zapalne i poprawiają samopoczucie psychiczne oraz fizyczne.
- **Owoc niepokalanika pospolitego** - *Vitex agnus-castus* L. tradycyjnie stosowany jest przy zaburzeniach funkcji układu rozrodczego.
- **Wyciąg z surmii zwyczajnej** - *Catalpa bignonioides* Walter i z kory wierzby białej - *Salix alba* L., tradycyjnie używane były przy dolegliwościach bólowych i stanach skurczowych mięśni.
- **Ruszczyk kolczasty** - *Ruscus aculeatus* Linne wpływa tonizująco i wzmacniająco na naczynia krwionośne i limfatyczne. Zmniejsza stany zapalne, wysiękowe i działa odtruwająco.
- **Ostrzyż barwierski** - *Curcuma longa* L. wspomaga przemianę materii i łagodzi stany zapalne oraz skurczowe w obrębie układu rozrodczego.
- **Kwiat czarnej malwy** - *Althaea rosea* (L.) Cav. oraz kmin rzymski - *Cuminum cyminum* L. zmniejszają stany zapalne.

Skład:

Wyciąg z kory wierzby białej 4:1 - *Salix alba* L., owoc niepokalanika pospolitego - *Vitex agnus-castus* L., kwiat czarnej malwy - *Althaea rosea* (L.) Cav., wyciąg z kłączy i korzeni ruszczyka kolczastego 4:1 - *Ruscus aculeatus* Linne, kłącze imbiru lekarskiego - *Zingiber officinale* Roscoe, wyciąg z kłączy ostrzyżu barwierskiego (długiego) 4:1 - *Curcuma longa* L., żywica smrodzieńca - *Ferula assa-foetida* Linne, wyciąg z surmii zwyczajnej 4:1 - *Catalpa bignonioides* Walter, kwas L-askorbinowy (witamina C), octan DL - alfatokoferolu (witamina E), owoc kminu rzymskiego - *Cuminum cyminum* L., wyciąg z kłączy juki włókniastej - *Yucca filamentosa* L., żywica kadzidłowca indyjskiego *Boswellia serrata* Roxburgh, mirra - *Commiphora myrrha* Nees (Engl.), olejek z owoców starzeńsi rozestanej - *Gaultheria procumbens* L., kwas galusowy, D-pantotienian wapnia (prowitamina B5), chlorowodorek pirydoksyny (witamina B6), filochinon (witamina K), L - selenometionina; żelatyna, sole magnezowe i wapniowe kwasów tłuszczowych, tlenek magnezu, krzemionka (substancja przeciwzbrylająca).



**Państwowa Wyższa
Szkoła Zawodowa**

im. Stanisława Pigonia
w Krośnie

Zielarstwo

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigonia w Krośnie oferuje studia na kierunku **Zielarstwo**, na specjalnościach:

- **Produkcja surowców zielarskich**
- **Rośliny zielarskie w produkcji kosmetyków, suplementów diety i żywności funkcjonalnej**

(Wybór specjalności następuje po ukończeniu czwartego semestru studiów).

Praktyczne przygotowanie do:

- uprawy i pozyskiwania surowców zielarskich
- projektowania plantacji zielarskich
- zastosowania roślin zielarskich w produkcji kosmetyków i suplementów diety

Dostęp do nowoczesnej bazy dydaktyczno-laboratoryjnej, praktyki krajowe i zagraniczne.

Oferujemy:

1. Studia stacjonarne i niestacjonarne.
2. Studia podyplomowe i kursy.



WWW.PWSZ.KROSNO.PL



Rynek 1, 38-400 Krosno
tel. 13 43 755 30
fax 13 43 755 11
pwsz@pwsz.krosno.pl