

HERBALISM

N^o1(10)/2024



| CZASOPISMO NAUKOWE |

HERBALISM

nr 1(10)/2024

| CZASOPISMO NAUKOWE |

Rada Naukowa

Prof. dr hab. Wolodymyr Lychowczor (Lwowski Narodowy Uniwersytet Rolniczy, Ukraina)
Prof. dr hab. Iwona Wawer (Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie)
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 hab. Adam Kaznowski (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu)
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. inż. Barbara Sawicka (Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)
Prof. dr hab. inż. Tadeusz Trziszka (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu)
Prof. dr Elvyra Jariene (Vytautas Magnus University Kauno, Lithuania)
Prof. dr Živilė Tarasevičienė (Vytautas Magnus University Kauno, Lithuania)
Prof. dr Halil Barış Özel (Bartın University, Türkiye)
Prof. Viola Wambol (Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic, Ukraine)
Prof. Yuliya Motuzka (State University of Trade and Economics, Ukraine)
Prof. Imran Aslan (Bingöl University, Türkiye)
Dr hab. inż. Iwona Mystkowska (Akademia Białska Nauk Stosowanych im. Jana Pawła II w Białej Podlaskiej)
Dr hab. Katarzyna Seidler-Łożykowska (Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu)
Dr hab. Magdalena Twarużek (Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy)
Dr hab. Danuta Zarzycka (Uniwersytet Medyczny w Lublinie)
Dr hab. Łukasz Łuczaj (Uniwersytet Rzeszowski)
Dr hab. Katarina Gubiniová (Comenius University Bratislava, Slovak Republic)
Dr inż. Agnieszka Ginter (Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach)
Dr inż. Miroslav Slosár (Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovak Republic)
Dr hab. Malgorzata Jarosová (University of Economics in Bratislava, Slovak Republic)
Dr Read S. Shehata (Damanhour University, Ministry of Agriculture, Egypt)
Dr Izabela Betlej (Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie)
Dr Nadeem Ahmad Khan (College Nuh, Haryana, India)
Dr Altaf Hussain Lahori (Sindh Madressatul Islam University, Karachi, Pakistan)
Dr Parisa Ziarati (Food and Agricultural Research Center, Pars Arya LTD, Tehran, Iran)

Recenzenci

Prof. dr hab. Jadwiga Aniol-Kwiatkowska (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu)
Prof. dr hab. Honorata Danilenko (Vytautas Magnus University Academy, Lithuania)
Prof. dr hab. Iłona Kaczmarczyk-Żebrowska (Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach)
Prof. dr hab. inż. Antoni Szumy (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu)
Dr hab. Ireneusz Kapusta (Uniwersytet Rzeszowski)
Dr hab. Beata Król (Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)
Dr hab. Danuta Leszczyńska (Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach)
Dr hab. Maciej Oziębłowski (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu)
Dr hab. Grażyna Zawislak (Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)
Dr hab. Renata Tobiasz-Salach (Uniwersytet Rzeszowski)
Dr hab. Elżbieta Sikora (Politechnika Krakowska)
Prof. dr hab. Anna Kocira (Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie)
Dr hab. inż. Jacek Słupski, (Uniwersytet Rolniczy w Krakowie)
Dr hab. inż. Anna Kiełtyka-Dadasiewicz (Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)
Dr inż. Małgorzata Stryjecka (Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie)
Dr Joanna Kaszuba (Uniwersytet Rzeszowski)
Dr Anna Augustyńska-Prajsnar (Uniwersytet Rzeszowski)
Dr Aneta Bobryk-Mamczarz (PZZ LUBELLA GMW sp. z o.o., Sp.k.)
Dr Katarzyna Zawada (Warszawski Uniwersytet Medyczny)
Dr Agnieszka Zielińska (Warszawski Uniwersytet Medyczny)
Dr Mirosław Welz (Wojewódzki Inspektorat Weterynarii w Krośnie)
Dr Paweł Siudem (Warszawski Uniwersytet Medyczny)

Redaktor Naczelna

Dr hab. inż. Barbara Krochmal-Marczak

Skład, przygotowanie do druku

Jadwiga Popowska
ISSN 2450-4963

Redaktorzy Tematyczni

Dr hab. Katarzyna Paradowska
Dr Henryk Różański

Pierwotną formą czasopisma HERBALISM jest wersja papierowa

Redaktor Statystyczny

Dr Justyna Kurkowiak

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

Sekretarz Redakcji

Mgr Jolanta Witkoś

Wydawca

Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie
Polskie Towarzystwo Zielarzy i Fitoterapeutów
Rynek 1, 38-400 Krosno
tel.: +48 13 437 55 00
e-mail: herbalism@pans.krosno.pl
www.herbalism.edu.pl

Projekt okładki

Anna Czerny / www.annczerny.pl

Korekta

Magdalena Rudnik

Spis treści

Aktywność antyoksydacyjna naparów z suszonych owoców bzu czarnego <i>Sambucus nigra</i> L. Antioxidant activity of dried elderberry fruit infusions <i>Sambucus nigra</i> L. Bernadetta Bienia, Małgorzata Mroczka, Angelika Uram-Dudek	7
Zawartość wybranych składników odżywczych w różnych częściach liści aloesu zwyczajnego (<i>Aloe vera</i> (L.) Burm. f.) The content of basic nutrients in leaves of aloe vera (<i>Aloe vera</i> (L.) Burm. f.) Jolanta Różańska.	17
Zawartość wybranych metali w owocnikach bocznika ostrygowatego (<i>Pleurotus ostreatus</i>) Content of selected metals in the fruiting bodies of the oyster mushroom (<i>Pleurotus ostreatus</i>) Elżbieta Kondratowicz-Pietruszka, Barbara Krochmal-Marczak, Tomasz Cebulak, Katarzyna Piądlowska, Viola Vambol, Izabela Betlej.	29
Wpływ marynowania mięsa wieprzowego z wykorzystaniem fermentowanych niepasteryzowanych octów na jego właściwości reologiczne Effect of marinating with fermented unpasteurized vinegars on the rheological properties of pork meat Magdalena Dykiel, Angelika Uram-Dudek, Iwona Wajs	40
The influence of nitrogen fertilizer treated with low-temperature, low-pressure glow plasma on the growth and quality of selected species Wpływ nawozów azotowych traktowanych niskotemperaturową, niskociśnieniową plazmą jarzeniową na wzrost i jakość wybranych gatunków Wojciech Ciesielski, Tomasz Girek, Wiktor Oszczęda, Zdzisław Oszczęda, Elżbieta Pisulewska, Piotr Tomasiak	54
Jagoda kamczacka (<i>Lonicera caerulea</i> L. var. <i>kamtschatica</i> Sevast.) – nowe (?) źródło cennych substancji Haskap berry (<i>Lonicera caerulea</i> L. var. <i>kamtschatica</i> Sevast.) – a new (?) source of valuable substances Anna Sokół-Łętowska, Alicja Z. Kucharska	67
Mącznica lekarska <i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Spreng. – potencjał terapeutyczny oraz zastosowanie w medycynie i kosmetologii Bearberry <i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Spreng. – therapeutic potential and use in medicine and cosmetology Aleksandra Zoń, Barbara Bacler-Żbikowska	78

Lecznicze właściwości <i>Cynara scolymus</i>? Krytyczny przegląd dowodów i molekularnych mechanizmów działania Health benefits of <i>Cynara scolymus</i> ? A critical review of evidence and molecular mechanisms of action Jan Zadworny	93
Medyczne zastosowanie preparatów <i>Ginkgo biloba</i> – wskazania, zagrożenia i regulacje Medical use of <i>Ginkgo biloba</i> preparations – indications, risks and regulations Aleksandra Łach, Marcin Skorupa, Łukasz Marczyk, Bartłomiej Cytla	105
Prozdrowotne właściwości gryki zwyczajnej (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench) Health-promoting properties of buckwheat (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench) Krystyna Zarzecka, Agnieszka Ginter, Marek Gugąła, Iwona Mystkowska	118
Właściwości odżywcze owsa i jego przetworów Nutritional properties of oats and their products Agnieszka Ginter, Krystyna Zarzecka, Marek Gugąła, Iwona Mystkowska	127
Wartość odżywcza i prozdrowotna zbóż bezglutenowych Nutritional and pro-health value of gluten-free cereals Krystyna Zarzecka, Agnieszka Ginter, Iwona Mystkowska, Marek Gugąła, Magdalena Zawodniak	138
Aronia: superowoc i czarny polski skarb Aronia: superfruit and black Polish treasure Iwona Wawer	149
Proso włoskie (<i>Setaria italica</i> L.) – relikty czy skarby? Foxtail millet (<i>Setaria italica</i> L.) – relic or treasure? Ewa Płażuk, Iwona Mystkowska, Beata Kosińska, Aleksandra Dmitrowicz	159

Szanowni Czytelnicy!

Z przyjemnością przekazujemy Państwu jubileuszowy dziesiąty numer „Herbali-smu”. Jest to jubileusz skromny. Jednak jesteśmy z niego dumni i mamy nadzieję, że nasze zadowolenie dzielają nasi wierni autorzy i czytelnicy. Jesteśmy tym bardziej radzi, że wspólnym działaniem Polskiego Towarzystwa Zielarzy i Fitoterapeutów, władz uczelni, Redakcji, a przede wszystkim twórczych autorów systematycznie wypełnialiśmy założenia programowe naszego rocznika. Realizowaliśmy program, który ponad dziesięć lat temu przedyskutowaliśmy w niewielkim gronie podczas spotkania na krośnieńskich podcieniach. W minionych dziesięciu latach znacząco poszerzyło się grono naszych autorów, recenzentów oraz, co szczególnie ważne, powiększył się Komitet Naukowy. W ostatnich latach Redakcja nawiązała współpracę z organizatorami i uczestnikami konferencji naukowej „Rośliny zielarskie, kosmetyki naturalne i żywność funkcjonalna”, co pozwoliło zarówno na wzbogacenie zakresu tematycznego czasopisma, jak i nawiązanie współpracy z nowymi autorami.

Bez tych ważnych, obejmujących szeroki krąg osób gremiów nasz sukces wydawniczy byłby nieosiągalny. Dzięki staraniom Redakcji nasz rocznik został wpisany na listę czasopism punktowanych. I choć liczba punktów się zmieniała, ważne jest to, że w opinii niezależnych recenzentów zapewniamy wysoki poziom naukowy i realizujemy ważką misję społeczną. To uznanie oraz rosnąca liczba prenumeratorów, czytelników i internetowych „pobrań” mobilizuje nas do pracy i daje poczucie satysfakcji.

W tegorocznym numerze proponujemy lekturę interesujących rozważań na wiele tematów. Poruszone w nim będą m.in. kwestie aktywności antyoksydacyjnej naparów z suszonych owoców bzu czarnego *Sambucus nigra* L. czy też omówione zostaną składniki odżywcze występujące w różnych częściach liści aloesu zwyczajnego (*Aloe vera* (L.) Burm. f.).

Wyrażamy nadzieję, że zainteresowanie czytelników wzbudzi także artykuł dotyczący zawartości wybranych metali w owocnikach bocznika ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) pochodzących z własnej uprawy, a także tekst opisujący wpływ marynowania mięsa wieprzowego z wykorzystaniem fermentowanych niepasteryzowanych octów na jego właściwości reologiczne czy też artykuł na temat wody traktowanej niskociśnieniową plazmą jarzeniową, dzięki czemu zyskuje ona unikalne właściwości, które sprawiają, iż mogłaby być stosowana jako nowy, skuteczny nawóz azotowy.

Warte uwagi są także prace dotyczące różnych gatunków roślin zielarskich, które mają zastosowanie w medycynie i kosmetyce, tj.: jagody kamczackiej (*Lonicera caerulea* L.), mącznicy lekarskiej (*Arctostaphylos uva-ursi* (L.), karczocha zwyczajnego (*Cynara scolymus*), miłorzębu dwukłapowego (*Ginkgo biloba* L.), czy też artykuł o aronii – superowocu nazywanym czarnym polskim skarbem.

Zachęcamy także do lektury prac opisujących wybrane rośliny zbożowe, których surowce, jak i produkty charakteryzują się cennymi właściwościami prozdrowotnymi.

Mamy nadzieję, że zaproponowana przez Redakcję zawartość „Herbalismu” w roku 2024 przyniesie czytelnikom poznawczą satysfakcję z lektury przedstawionych przez autorów artykułów, zaś wyniki i wnioski będą źródłem inspiracji do kontynuowania badań, które, mamy nadzieję, zostaną zaprezentowane w kolejnych numerach naszego czasopisma.

Pracowników nauki prowadzących badania w szeroko rozumianym obszarze zielarstwa, pragnących zainteresować nimi naszych czytelników, zapraszamy do nadsyłania tekstów, uwag uzupełniających prezentowane treści, a także głosów polemicznych na adres redakcji. Opublikujemy je, zgodnie z naszą misją upowszechniania wiedzy o roślinach zielarskich.

Wydanie jubileuszowego, dziesiątego numeru rocznika upoważnia Redakcję do wyrażenia serdecznych podziękowań autorom, recenzentom, Komitetowi Redakcyjnemu, Komitetowi Naukowemu i czytelnikom – *iubilaeum opus coronat*.

Imiennie serdecznie dziękuję pomysłodawcom rocznika – prof. Iwonie Wawer, dr. Henrykowi Różańskiemu i członkom założycielom PTZiF. Wyrażam wdzięczność dr hab. Katarzynie Paradowskiej i dr. Henrykowi Różańskiemu – redaktorom tematycznym, Jolancie Witkoś – sekretarzowi redakcji oraz bardzo wielu niewymienionym z nazwiska osobom wspierającym ideę i funkcjonowanie tego wydawnictwa.

W imieniu Redakcji wyrażam nadzieję, że w kolejnych numerach nowego dziesięciolecia będziemy twórczo kontynuować linię programową, publikować interesujące wyniki badań, poszerzać listę współpracowników i odpowiadać na oczekiwania wszystkich czytelników zainteresowanych szeroko rozumianą problematyką zielarstwa i zdrowia.

Redaktor Naczelna

Dr hab. inż. Barbara Krochmal-Marczak

Aktywność antyoksydacyjna naparów z suszonych owoców bzu czarnego *Sambucus nigra* L.

Antioxidant activity of dried elderberry fruit infusions *Sambucus nigra* L.

Bernadetta Bienia, Małgorzata Mroczka, Angelika Uram-Dudek

Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie, Rynek 1, 38-400 Krosno, e-mail: bernadetta.bienia@pans.krosno.pl

Słowa kluczowe: bez czarny, antocyjany, polifenole, zdolność antyoksydacyjna

Keywords: elderberry, anthocyanins, polyphenols, antioxidant capacity

Streszczenie

Owoce czarnego bzu (*Sambucus nigra* L.) dostępne na polskim rynku charakteryzują się zmienną zawartością związków bioaktywnych. Celem pracy była ocena potencjału antyoksydacyjnego naparów sześciu preparatów suszonych owoców czarnego bzu dostępnych na polskim rynku w 2023 r. Oznaczono zawartość antocyjanów i polifenoli ogółem oraz zdolność antyoksydacyjną z użyciem rodnika DPPH za pomocą spektrofotometru UV-Vis. Najwyższe zawartości analizowanych składników i największą aktywność antyutleniającą stwierdzono w naparach w saszetce – T-2. Napary z owoców w całości (S-1–S-4) wykazały zbliżone wartości badanych parametrów. Stwierdzono, że za aktywność antyoksydacyjną naparów z owoców czarnego bzu niemal w całości odpowiedzialne są polifenole oraz że większy wpływ na zawartość fitozwiązków i zdolność antyoksydacyjną ma forma technologiczna produktu niż miejsce jego pozyskania.

Summary

Elderberries (*Sambucus nigra* L.) available on the Polish market are characterised by a variable content of bioactive compounds. The aim of this study was to evaluate the antioxidant potential of infusions of six dried elderberry preparations available on the Polish market in 2023. The content of anthocyanins and total polyphenols as well as the antioxidant capacity using the DPPH radical were determined by UV-Vis spectroscopy. The highest contents of the analysed components and antioxidant activity were found in sachet infusions – T-2. Whole fruit infusions (S-1 – S-4)

showed similar values for the parameters studied. It was found that polyphenols are almost entirely responsible for the antioxidant activity of elderberry fruit infusions, and that the technological form of the product has a greater influence on the content of phytochemicals and antioxidant capacity than the place of obtaining it.

Wstęp

Bez czarny *Sambucus nigra* L. jest rośliną z rodziny piżmaczkowatych od dawna wykorzystywaną w medycynie ludowej. Soki, syropy, nalewki, napary i odwary z owoców i kwiatów tej rośliny stanowią popularne preparaty wspomagające organizm w walce z infekcjami. Dzięki wysokiej zawartości polifenoli produkty z czarnego bzu wykazują szerokie działanie prozdrowotne, m.in. przeciwzapalne, przeciwgorączkowe, napotne, moczopędne i antyoksydacyjne [1].

Jedną z najpopularniejszych form przyjmowania preparatów ziołowych są napary. Mimo że zgodnie z praktyką farmakopealną owoce powinno poddawać się ekstrakcji za pomocą odważania, większość producentów suszonych owoców czarnego bzu zaleca zaparzanie swoich produktów. Ta metoda jest szybsza i wygodniejsza dla przeciętnego konsumenta, zyskała zatem popularność.

Warunki glebowe i klimatyczne stanowisk, z których pozyskiwane są owoce czarnego bzu, różnią się znacząco, co wynika z różnorodności środowiskowej Polski. W obrębie kraju występują zarówno strefy górskie, podgórskie, jak i nizinne, różniące się od siebie sumą opadów, średnimi temperaturami i związaną z tymi czynnikami długością okresu wegetacyjnego. Duża jest też różnorodność typów gleb – od żyznych czarnoziemów, przez ciężkie gleby ilaste, po piaszczyste i kwaśne gleby bielicowe. Wszystkie te czynniki mają wpływ na zdolności roślin do syntezy metabolitów wtórnych, a ponieważ większość surowca czarnego bzu dostępnego w krajowym handlu pochodzi ze stanowisk naturalnych, produkty końcowe mogą być znacznie zróżnicowane pod względem zawartości składników bioaktywnych.

Do głównych biologicznie czynnych składników kwiatów i owoców bzu czarnego zalicza się flawonoidy i fenolokwasy. W owocach tej rośliny występują cztery typy związków polifenolowych:

- Antocyjaniny: 3-glukozyd cyjanidyny (65,7% antocyjanin) i 3-sambubiozyd cyjanidyny (32,4%), a w mniejszych ilościach inne glikozydy cyjanidyny i pelargonidyny.
- Flawanole i proantocyjanidyny: epikatechina, dimery, trimery oraz 4-6-mery katechinowe.
- Flawonole: rutyna, kwercetyna, izokwercetyna, 3-rutynozyd kempferolu, 3-rutynozyd izoramnetyny, 3-glukozyd izoramnetyny, astragalina i inne.
- Kwasy: chlorogenowy, neochlorogenowy i ich pochodne oraz kwas benzoesowy.

Owoce zawierają też inne kwasy organiczne (cytrynowy, jabłkowy, szikimowy, mrońkowy), witaminę C (18–26 mg/100 g), witaminy z grupy B (B2, kwas foliowy, B6, biotynę, kwas pantotenowy), cukry proste (glukozę, fruktozę), polisacharydy, pektyny oraz białka (lektyny – aglutyniny SNA) i olejek eteryczny. W kwiatach i niedojrzałych owocach występują toksyczne glukozydy: sambunigrina i sambucyna [2].

Antocyjaniny oraz flawonoidy mogą przyczyniać się do zmniejszenia ryzyka chorób układu krążenia, nowotworowych, zapalnych oraz cukrzycy. Ponadto czarny bez może przeciwdziałać otyłości, poprzez obniżanie poposiłkowego poziomu cukru, cholesterolu oraz stężenia lipidów w surowicy krwi. Sok z owoców bzu stymuluje wydzielanie insuliny i wychwyt glukozy przez komórki, co jest korzystne w przypadku cukrzycy typu 2 [3].

Związki fenolowe, występujące naturalnie w produktach roślinnych, są niezbędnym składnikiem diety człowieka. Najczęściej zalicza się do nich proste fenole, kwasy fenolowe, kumaryny, flawonoidy, lignany, ksantony, antrachinony, stilbeny, spośród których najliczniejsze są kwasy fenolowe i flawonoidy. Związki te posiadają wiele właściwości fizjologicznych, np. mogą działać antyoksydacyjnie, antyalergicznie, przeciwzapalnie, przeciwmiażdżycowo, przeciwbakteryjnie i kardioprotekcyjnie [4–6].

Kwasy fenolowe wykazują zróżnicowane właściwości farmakologiczne, np. odznaczają się aktywnością przeciwzapalną, przeciwgorączkową, przeciwbakteryjną, przeciwwirusową, przeciwgrzybiczą, immunostymulującą i żółciopędną [5, 7].

Flawonoidy są ważnym źródłem antyoksydantów ze względu na ich wysoki potencjał redoks, który umożliwia im działanie jako czynników redukujących. Spożywanie flawonoidów w dużych ilościach pomaga w zapobieganiu chorobom nowotworowym i chorobom serca [6, 8–10]. Ponadto związki te wykazują aktywność przeciwnowotworową, przeciwzapalną oraz przeciwwirusową względem wirusów DNA i RNA [11]. Aktywność przeciwwirusową flawonoidów wykazano na różnych etapach infekcji wirusowej [11]. Flawonoidy mogą być też inhibitorami wczesnych etapów replikacji materiału genetycznego wirusa, blokując transkrypcję i translację oraz obróbkę potranslacyjną białek wirusowych. Aktywność przeciwwirusowa flawonoidów to również oddziaływanie tych związków z czynnikami komórkowymi oraz działanie modulujące układ immunologiczny gospodarza [12].

Antocyjany występują głównie w owocach i kwiatach, ale także w liściach, łodygach i korzeniach roślin wyższych, przede wszystkim w zewnętrznych warstwach komórek [6]. Dzięki właściwościom przeciwutleniającym wykazują zdolność do neutralizowania wolnych rodników. Antocyjany mogą być stosowane do barwienia żywności, ze względu na łatwość rozpuszczania się w wodzie. W związku z tym ekstrakty z owoców czarnego bzu są stosowane w suplementach diety oraz diete-

tycznych środkach spożywczych specjalnego przeznaczenia medycznego. Produkowane są też liczne złożone preparaty zawierające ekstrakt z bzu. Pozwala to na uzyskiwanie dodatkowych korzyści zdrowotnych w barwionych produktach spożywczych [2, 6].

Ograniczenie spożycia czarnego bzu dotyczy kobiet w ciąży i karmiących oraz dzieci poniżej 18. roku życia, a jest ono zalecane ze względu na niewystarczającą liczbę badań klinicznych na tej grupie. Świeże owoce bzu czarnego zawierają sambunigrinę oraz sambucynę. Są to związki toksyczne, które silnie drażnią przewód pokarmowy, wywołując biegunkę. Podczas przetwarzania (suszenia i obróbki termicznej) sambunigryna ulega rozkładowi, dlatego można bezpiecznie stosować wysuszone owoce bzu czarnego [2].

Celem pracy było określenie aktywności antyutleniającej naparów powstałych na bazie wybranych produktów suszonych owoców czarnego bzu dostępnych w handlu, a także oznaczenie zawartości polifenoli ogółem, w tym antocyjanów, i określenie, w jakim stopniu związki te są odpowiedzialne za zdolności antyutleniające badanych naparów.

Materiał i metody badań

Badaniom poddano sześć produktów dostępnych na polskim rynku w 2023 r., z czego cztery stanowiły suszone owoce czarnego bzu, a dwa pozostałe – preparaty z rozdrobnionych suszonych owoców w torebkach do zaparzania. Próbkę ponumerowano: T-1 i T-2 w przypadku preparatów w torebkach oraz od S-1 do S-4 w przypadku owoców suszonych. Numeracją tą posługiwano się w trakcie przeprowadzania badań oraz podczas formułowania wniosków.

Ze wszystkich badanych produktów przygotowano napary zgodnie z instrukcjami podanymi na opakowaniach (uśredniono parametry: zalecaną porcję produktu i czas zaparzania) poprzez odważenie po 2 g suszu, zalanie 200 ml wody destylowanej o temp. 100°C i zaparzanie pod przykryciem przez 10 min. Po upływie tego czasu każdy z naparów przefiltrowano przez sączek i ostudzono. Tę metodę ekstrakcji wybrano ze względu na jej prostotę, a co za tym idzie – popularność wśród konsumentów preparatów zielarskich.

Oznaczenie ilościowe antocyjanów wykonano na podstawie metody Giusti i Wrolstada (2001) za pomocą spektroskopii UV-Vis. Metoda ta bazuje na transformacjach strukturalnych tych związków przy zmianie pH, skutkujących ich odbarwieniem, a co za tym idzie – znaczącą zmianą spektrum absorbancji. Antocyjany w środowisku o pH 1,0 występują głównie w barwnej formie oksoniowej, natomiast poddanie ich wpływowi środowiska o pH 4,5 przekształca je do formy hemiketalowej, bezbarwnej. Przyrządzono po dwa rozcieńczenia dla każdego z naparów

przy użyciu buforów pH 1 (0,025 M HCl-KCl) oraz pH 4,5 (0,0004 M CH₃COONa × 3H₂O). Ekstrakty rozcieńczono buforami w stosunku 1:10. Następnie zbadano absorbancję przygotowanych rozcieńczeń za pomocą spektrofotometru Termo Scientific Genesys przy długościach fal 520 nm i 700 nm, stosując ślepą próbę. Dla każdego preparatu wykonano trzy powtórzenia pomiaru. Zawartość antocyjanów wyrażono w przeliczeniu na mg cyjanidyno-3-glukozydu na 100 ml naparu (co odpowiada 1 g suchej masy badanych produktów) z uwzględnieniem odchylenia standardowego.



Fotografia 1. Napary uzyskane z suszonych owoców czarnego bzu.

T-1 i T-2 – napary z preparatów w torebkach

S-1–S4 – napary z owoców suszonych

Photo 1. Infusions obtained from dried elderberries.

T-1–T-2 – infusions from preparations in bags

S-1–S4 - infusions from dried fruits

Źródło: fotografia autora.

Source: photograph by the author.

Analizę zawartości polifenoli ogółem w badanych naparach przeprowadzono za pomocą oznaczenia spektrofotometrycznego na podstawie metody kolorymetrycznej z wykorzystaniem odczynnika Folina-Ciocalteau (F-C) [14]. Jest ona oparta na reakcji barwnej pomiędzy związkami fenolowymi a odczynnikiem F-C, który ma w składzie dwuwodny molibdenian sodowy, dwuwodny wolframian sodowy, siarczan litu, wodę bromową i stężone kwasy: solny i fosforowy. Powstały heteropolifosfowolframian molibdenu redukowany jest przez tworzący się w środowisku alkalicznym anion fenolanowy do niebieskiego związku. Zachodzącą zmianę koloru roztworu mierzy się spektrofotometrycznie. Stężenie polifenoli ogółem w badanych naparach podano w przeliczeniu na mg kwasu galusowego na 100 ml naparu (co odpowiada 1 g suchej masy badanych produktów) z uwzględnieniem odchylenia standardowego. Do obliczeń wykorzystano równanie wyprowadzone ze sporządzonej krzywej wzorcowej dla kwasu galusowego.

Badanie aktywności antyoksydacyjnej przeprowadzono z wykorzystaniem rodnika DPPH przy użyciu spektroskopii UV-Vis. Odczynnik DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylohydrazyl) jest stabilnym rodnikiem o niesparowanym elektronie na po-

włóce walencyjnej. Jego roztwór ma intensywnie purpurową barwę, a maksimum absorpcji osiąga przy $\lambda = 517$ nm. W kontakcie z antyoksydantami DPPH ulega redukcji poprzez przechwycenie elektronów od substancji antyutleniającej, w wyniku czego powstaje związek o zabarwieniu żółtym. Zachodzącą zmianę zabarwienia bada się spektrofotometrycznie [15].

Badane próbki przygotowano poprzez zmieszanie w odpowiednich proporcjach naparów z metanolemowym roztworem DPPH. Tak sporządzone roztwory wymieszano i zabezpieczono przed dostępem światła. Po 5 min zmierzono absorbcję przy długości fali maksimum 517 nm z zastosowaniem ślepej próby. Dla każdego badanego produktu wykonano trzy powtórzenia pomiaru.

Na podstawie uzyskanych wartości absorbcji badanych próbek dla każdego z naparów obliczono stopień neutralizacji rodnika DPPH, a wynik wyrażono w miligramach zneutralizowanego DPPH na 100 ml naparu (co odpowiada 1 g suchej masy badanych produktów) z uwzględnieniem odchylenia standardowego.

Analizy statystyczne wykonano przy użyciu programu Statistica 13.3 (StatSoft, Visual Basic, TIBCO Software Inc., PL). Wyniki wyrażono jako średnią \pm odchylenie standardowe. Istotność różnic między wartościami średnimi badanych cech w poszczególnych grupach doświadczalnych określono za pomocą testu Dunca-
na (Anova). Różnice przyjęto jako statystycznie istotne przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Wyniki i ich omówienie

Wyniki analizy zawartości antocyjanów, zawartości polifenoli ogółem oraz antyoksydacyjne wyniki testu DPPH dla wszystkich próbek naparów z czarnego bzu zamieszczono w Tabeli 1. Wartości podano z uwzględnieniem odchylenia standardowego.

Analiza ilościowa naparów z bzu czarnego wykazała statystycznie istotne różnice w zawartości antocyjanów, polifenoli ogółem oraz zdolności neutralizowania rodnika DPPH (Tabela 1).

Największą zawartość antocyjanów spośród wszystkich badanych produktów wykazał napar T-2, nieco niższą napar T-1. Spośród naparów przygotowanych z całych suszonych owoców największą zawartością antocyjanów odznaczał się preparat S-1, jego wartość była ponad dwukrotnie wyższa niż w próbce S-3, która cechowała się najniższym stężeniem antocyjanów. Różnice między preparatami S-2 oraz S-4 nie były istotne statystycznie (Tabela 1).

Również w badaniach Pliszki i wsp. [16] stwierdzono różną zawartość związków antocyjanowych w owocach bzu czarnego w zależności od odmiany.

Podobnie jak w przypadku zawartości antocyjanów, również zawartość polifenoli ogółem była najwyższa w naparach przygotowanych z produktów w torebkach. Ponownie najwyższą zawartością badanych substancji wykazał się produkt T-2, osiągając wartość ponad dwukrotnie wyższą od produktu T-1 i niemal czterokrotnie wyższą od produktów S-1–S-4, w których zawartość polifenoli była zbliżona do 10 mg GAE·100 ml⁻¹ (GAE – z ang. *gallic acide quivalent*, równoważnik kwasu galusowego). Różnice wartości uzyskanych w preparatach od S-1 do S-4 nie były istotne statystycznie (Tabela 1).

Tabela 1. Całkowita zawartość antocyjanów, całkowita zawartość polifenoli oraz zdolność neutralizowania rodnika DPPH w naparach z bzu czarnego.

Table 1. Total anthocyanin content, total polyphenol content and DPPH radical neutralising capacity of elderberry infusions.

Numer próbki	Zawartość antocyjanów [mg·100 ml ⁻¹]	Polifenole ogółem [mg GAE·100 ml ⁻¹]	Zdolność neutralizowania rodnika DPPH [mg DPPH·100 ml ⁻¹]
T-1	2,20 ± 0,03 ^b	16,59 ± 1,06 ^a	19,20 ± 0,18 ^b
T-2	3,90 ± 0,31 ^a	39,31 ± 1,02 ^b	42,02 ± 0,05 ^a
S-1	1,22 ± 0,01 ^c	9,89 ± 0,33 ^c	14,11 ± 0,50 ^{ce}
S-2	0,75 ± 0,03 ^d	10,14 ± 0,79 ^c	11,16 ± 0,57 ^d
S-3	0,56 ± 0,02 ^e	10,11 ± 0,55 ^c	13,48 ± 0,35 ^e
S-4	0,78 ± 0,01 ^d	11,25 ± 0,42 ^c	14,61 ± 0,49 ^c

T-1 i T-2 – napary z preparatów w torebkach

S-1–S-4 – napary z owoców suszonych

a, b, c, d, e – wartości średnie oznaczone różnymi literami w kolumnach różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$

T-1–T-2 - infusions from preparations in bags

S-1–S4 - infusions from dried fruits

a, b, c, d, e – mean values marked with different letters in columns are statistically significantly different at $P < 0.05$

Źródło: badania własne.

Source: own research.

W badaniach Pliszki i wsp. [16] zawartość związków fenolowych ogółem kształtowała się na poziomie ponad 600 mg·100 g⁻¹ świeżej masy. W badaniach innych autorów zawartość polifenoli w przeliczeniu na 100 g owoców czarnego bzu była zróżnicowana, np. 5678,8–7087,3 mg kwasu chlorogenowego·100 g⁻¹s.m. [17], 827 mg·100 g⁻¹ świeżej masy [18], 1336 mg [19].

Uzyskane wyniki aktywności antyoksydacyjnej wyrażone w mg zneutralizowanego DPPH na 100 ml naparu podano w Tabeli 1. Analogicznie do wcześniejszych

wyników napary z suszu T-2 wykazały znacznie większą aktywność antyoksydacyjną od pozostałych próbek, osiągając wartość 42,02 mg DPPH·100 ml⁻¹, ponad dwukrotnie wyższą od próbki T-1, ponad trzykrotnie wyższą od prób S-1, S-3, S-4 i niemal czterokrotnie wyższą od S-2. Próbką S-2 cechowała się najniższym poziomem aktywności antyoksydacyjnej, inhibując 11,16 mg DPPH·100 ml⁻¹. Próbki S-1, S-3 oraz S-4 wykazały zbliżone wartości zmiecionego rodnika w przedziale od 13,48 w naparach S-3 do 14,61 mg DPPH·100 ml⁻¹ w naparach S-4.

W badaniach siedmiu soków z bzu czarnego przeprowadzonych przez Paradowską i wsp. [2] otrzymano znacznie zróżnicowane wyniki zawartości związków polifenolowych i antocyjanin monomerycznych. Zróżnicowanie zawartości tych związków zostało potwierdzone również w wynikach testu z rodnikiem DPPH. Zdolność zmiatania rodnika DPPH dla tych próbek mieściła się w zakresie 1,51–8,86 g/100 ml [2]. Badane napary wykazały, zgodnie z przewidywaniami, zróżnicowaną zawartość antocyjanów, polifenoli ogółem oraz zdolność antyoksydacyjną, choć różnice te, szczególnie w przedziale próbek S-1–S-4, były mniejsze, niż początkowo zakładano na podstawie danych literaturowych.

Dużo wyższa zdolność antyoksydacyjna oraz zawartość antocyjanów i polifenoli ogółem w preparatach w torebkach względem owoców suszonych w całości mogła wynikać z zastosowanej technologii produkcji. Surowiec w torebkach był rozkruszony, co ułatwia ekstrakcję związków bioaktywnych i skutkuje wyższą ich zawartością w naparach z niego przygotowanych.

Wbrew początkowym założeniom zawartość badanych związków w próbkach całych owoców suszonych i ich aktywność antyoksydacyjna okazały się zbliżone. Daje to podstawy do przypuszczenia, że surowiec wykorzystany w produkcji badanych preparatów zbierany był ze stanowisk o podobnych warunkach glebowo-środowiskowych. Ponadto warto uwzględnić, że rozdrobniony surowiec jest bardziej podatny na rozkład substancji bioaktywnych spowodowany czynnikami zewnętrznymi oddziałującymi na produkt podczas przechowywania, takimi jak temperatura, wilgotność czy dostęp światła. Nie można więc na podstawie tak małej próby badawczej założyć, że produkt w formie rozdrobnionej będzie za każdym razem wykazywał wyższe wartości badanych parametrów od produktu nierozdrobnionego.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych analiz naparów z suszonych owoców czarnego bzu sformułowano następujące wnioski:

1. Spośród badanych produktów największą wartość konsumencką, ze względu na najwyższą zawartość polifenoli ogółem, antocyjanów oraz największą aktywność

antyoksydacyjną, wykazywał produkt T-2. Zapewne wynikało to z faktu, że produkt ten był w formie rozdrobnionego owocu zamkniętego w torebce do zaparzania, co ułatwia ekstrakcję substancji czynnych.

2. Próbkę od S-1 do S-4, stanowiące napary pozyskane z owoców w całości, wykazały zaskakująco małe różnice w wartościach badanych parametrów.

Literatura

- [1] Fitoterapia i leki roślinne, (red.) E. Lamer-Zarawska, B. Kowal-Gierczak, J. Niedworok, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2007.
- [2] Paradowska K., Uram-Dudek A., Wawer I., Polifenole owoców czarnego bzu – dietetyczne wsparcie terapii przeziębienia i grypy, *Herbalism*, 2019, 1(5), s. 41–49.
- [3] Murkovic M., Abuja P.M., Bergmann A.R., Zirngast A., Adam U., Winklhofer-Roob B.M., Toplak H., Effects of elderberry juice on fasting and postprandial serum lipids and low-density lipoprotein oxidation in healthy volunteers: a randomized, double-blind, placebo-controlled study, *European Journal of Clinical Nutrition*, 2004, 58(2), s. 244–249.
- [4] Kulbat K., The role of phenolic compounds in plant resistance, *Biotechnology Food Science*, 2016, 80(2), s. 97–108.
- [5] Kumar N., Goel N., Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications, *Biotechnology Reports*, 2019, s. 24, e00370.
- [6] Albuquerque B.R., Heleno S.A., Oliveira M.B.P.P., Barros L., Ferreira I.C.F.R., Phenolic compounds: current industrial applications, limitations and future challenges, *Food & Function*, 2021, 12, s. 14–29.
- [7] De Araújo F.F., de Paulo Farias D., Neri-Numa I.A., Pastore G.M., Polyphenols and their applications: An approach in food chemistry and innovation potential, *Food Chemistry*, 2020, s. 15(338), 127535
- [8] Ignat I., Volf I., Popa V.I., A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables, *Food Chemistry*, 2011, 126, s. 1821–1835.
- [9] Takshak S., Bioactive compounds in medicinal plants: A condensed review, *SEJ Pharmacognosy and Natural Medicine*, 2018, 1(1), s. 1–35.
- [10] Câmara J.S., Albuquerque B.R., Aguiar J., Corrêa R.C.G., Gonçalves J.L., Granato D., Pereira J.A.M., Barros L., Ferreira I.C.F.R., Food Bioactive Compounds and Emerging Techniques for Their Extraction: Polyphenols as a Case Study, *Foods*, 2021, 10(1), s. 37.
- [11] Nawrot R., Warowicka A., Musidlak A., Węglewska M., Bałdysz S., Goździcka-Józefiak A., Przeciwwirusowe związki izolowane z roślin, *Postępy Biochemii*, 2020, 66(4), s. 356–372.
- [12] Panche A.N., Diwan A.D., Chandra S.R., Flavonoids: An overview, *Journal of Nutritional Science*, 2016, 5(47), e47.
- [13] Lalani S., Poh C.L., Flavonoids as antiviral agents for enterovirus A71 (EV-A71), *Viruses*, 2020, 12, s. 184.

- [14] Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos 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.
- [15] Wilczyńska A., Metody oznaczania aktywności antyoksydacyjnej miodów pszczelich, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2009, 3(42), s. 870–874.
- [16] Pliszka B., Ważbińska J., Puczel U., Huszcza-Ciołkowska G., Biologicznie czynne związki polifenolowe zawarte w owocach różnych odmian hodowlanych i dziko rosnącego bzu czarnego, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2005, 507, s. 443–449.
- [17] Młynarczyk K., Walkowiak-Tomczak D., Staniek H., Kidoń M., Łysiak G.P., The content of selected minerals, bioactive compounds, and the antioxidant properties of the flowers and fruit of selected cultivars and wildy growing plants of *Sambucus nigra* L., *Molecules*, 2020, 25(4), s. 876.
- [18] Kozos K., Ochmian I., Porównanie jakości kilku gatunków owoców o ciemnym zabarwieniu skórki uprawnych i pozyskanych ze stanowisk naturalnych. [w:] *Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce – Nauki Przyrodnicze*, (red.) J. Nyćkowiak, J. Leśny, Wyd. Młodzi Naukowcy, Poznań 2015, s. 75–81.
- [19] Młynarczyk K., Walkowiak-Tomczak D., Łysiak G.P., Bioactive properties of *Sambucus nigra* L. as a functional ingredient for food and pharmaceutical industry, *Journal Functional Foods*, 2018, 40, s. 377–390.

Zawartość wybranych składników odżywczych w różnych częściach liści aloesu zwyczajnego (*Aloe vera* (L.) Burm. f.)

The content of basic nutrients in leaves of aloe vera (*Aloe vera* (L.) Burm. f.)

Jolanta Różańska

Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie, Rynek 1, 38-400 Krosno, e-mail: jolanta.rozanska@vp.pl

Słowa kluczowe: aloes zwyczajny, sucha masa, popiół, białko, błonnik pokarmowy

Keywords: *Aloe vera*, nutrients, dry matter, ash, protein, dietary fiber

Streszczenie

Celem pracy była ocena zawartości: suchej masy, popiołu, białka oraz błonnika pokarmowego w całych liściach oraz skórce i miąższu liści aloesu zwyczajnego *Aloe vera* (L.) Burm. f. Najwięcej suchej masy występowało w skórce liści aloesu (średnio 3,41%), a najmniej było jej w miąższu (średnio 0,62%). Odwrotnie było w przypadku wody – najwięcej zanotowano jej w miąższu aloesu, najmniej zaś w skórce liści. Zawartość popiołu w liściach aloesu zależała od części liścia: najwięcej popiołu stwierdzono w skórce (0,6 g·100 g⁻¹), zaś najmniej w miąższu (0,16 g·100 g⁻¹). Zawartość białka w badanych częściach liścia wynosiła w całych liściach 20,9 g·100 g⁻¹, w miąższu 10,8 g·100 g⁻¹, a w skórce 18,8 g·100 g⁻¹. Średnia zawartość błonnika pokarmowego w próbkach całych liści aloesu wynosiła 24 g·100 g⁻¹.

Summary

The purpose of this study was to evaluate the content of: dry matter, ash, protein and dietary fiber contained in the whole leaves and in the skin and pulp of the leaves of *Aloe vera* (L.) Burm. f. *Aloe vera* leaf peel had the highest dry weight (average 3,41%), while the flesh had the lowest (average 0,62%). Conversely, the greatest amount of water was recorded in aloe vera pulp, and the least in leaf peel. The ash content of aloe leaves depended on the part of the leaf: the most ash was found in the peel (0,6 g·100 g⁻¹), while the least in the pulp (0,16 g·100 g⁻¹). The protein content of the tested parts of the leaf was 20,9 g·100 g⁻¹ in the whole leaves, 10,8 g·100 g⁻¹ in the flesh, and 18,8 g·100 g⁻¹ in the peel. The average content of dietary fiber in the samples of whole aloe leaves was 24 g·100 g⁻¹.

Wstęp

Aloes zwyczajny (*Aloe vera* (L.) Burm. F.) znany jest od dawna jako niezwykła roślina kosmetyczno-lecznicza. Pierwsze wzmianki na temat aloesu zwyczajnego sięgają 1750 r. p.n.e., czego dowodem są zapiski na tabliczkach glinianych. W starożytności o niezwykłej mocy aloesu pisali uczeni w Papirusie Ebersa, pochodzącym z 1550 r. p.n.e. Opis aloesu stworzył także w I w. n.e. słynny grecki zielarz Pedanius Dioskurydes z Anazarby [1]. Miąższ liści aloesu zwyczajnego wykazuje działanie lecznicze oraz prozdrowotne, stanowi źródło składników mineralnych, aminokwasów, polisacharydów, enzymów, witamin oraz innych substancji mających korzystny wpływ na zdrowie człowieka. Liście aloesu charakteryzują się właściwościami buforującymi, dzięki czemu są regulatorem równowagi kwasowo-zasadowej [2]. Ekstrakty z liści tej rośliny stosuje się zarówno w ziołolecznictwie, przemyśle farmaceutycznym, kosmologii, jak i przetwórstwie spożywczym. W ziołolecznictwie i przemyśle farmaceutycznym aloes zwyczajny został szczególnie doceniony ze względu na skuteczność leczenia ran, oparzeń, odmrożeń, a nawet łuszczycy [2]. Aloes zwyczajny wykorzystywany jest na szeroką skalę w kosmologii oraz dermatologii. Kosmetyki na jego bazie wykazują działanie antyseptyczne, przeciwbakteryjne i przeciwzapalne [3]. Aloes używany jest także jako dodatek do produktów spożywczych w celu zwiększenia ich wartości odżywczej oraz poprawienia odporności organizmu, wspomaga on także trawienie oraz podnosi atrakcyjność sensoryczną gotowych produktów [4]. Aloes zwyczajny stanowi bogate źródło substancji bioaktywnych. Są to m.in.: witaminy, związki mineralne, cukry, kwasy, enzymy, białka i tłuszcze. Wodny wyciąg z liści aloesu zawiera stymulatory biologiczne zwane biostyminą, które wpływają na odporność organizmu [5]. *Aloe vera* spośród wszystkich gatunków aloesu posiada najwyższą aktywność biologiczną [6]. Z liści aloesu otrzymuje się dwa całkowicie odmienne produkty. Pierwszym z nich jest mleczko aloesowe pozyskiwane z komórek perycyklicznych. Z mleczka aloesowego po wysuszeniu otrzymuje się aloinę – substancję silnie przeczyszczającą. Żel aloesowy otrzymywany jest z komórek parenchymalnych, które tworzą miąższ, lub po wcześniejszej ekstrakcji świeżych liści [7]. Optymalny czas zbiorów liści *Aloe vera* przypada na trzeci rok jego wegetacji. Liście w tym czasie zawierają najwyższą ilość polisacharydów (około 6,55 g·kg⁻¹) oraz flawonoidów (4,7 g·kg⁻¹) [8]. Węglowodany zawarte w miąższu liści aloesu pełnią funkcję energetyczną. Podstawowymi wielocukrami zawartymi w żelu aloesowym są glukomannany i acemannany [9, 10]. Aloes zwyczajny zawiera ponad dwadzieścia składników mineralnych, m.in.: wapń, fosfor, żelazo, magnez, chrom, mangan, potas, miedź, selen, sód i cynk [9]. Roślina ta bogata jest także w witaminy, które wpływają pozytywnie na organizm człowieka, takie jak: prowitamina A, witamina B1, B2, B3, B6, B12, C, E. W liściach aloesu zwyczajnego występuje również karboksypeptydaza, która odpowiedzialna jest za

hamowanie przepuszczalności błon komórkowych oraz hydrolizację bardykininy, będącej mediatorem odczynu alergicznego i stanu zapalnego [7]. *Aloe vera* zawiera aż siedem spośród ośmiu egzogennych aminokwasów, czyli takich, które muszą być dostarczone wraz z pożywieniem, ponieważ organizm człowieka nie jest w stanie sam ich wyprodukować. Są to: leucyna, izoleucyna, walina, treonina, metionina, fenyloalanina, lizyna. W liściach aloesu zawarty jest również dziewięć z dwunastu endogennych aminokwasów, czyli takich, które organizm jest w stanie sam syntetyzować. Liście tej rośliny posiadają szereg właściwości pozytywnie wpływających na organizm człowieka. Wykazują działanie przeciwzapalne, antybakteryjne, przeciwwirusowe, przeciwgrzybiczne, przeciwbólowe [11]. Aloes zwyczajny powszechnie wykorzystywany jest do leczenia dolegliwości ze strony układu pokarmowego. Jest on skuteczny w leczeniu wrzodów żołądka, ponieważ działa antybakteryjnie wobec *Helicobacter pylori*, a szczep ten przyczynia się do ich powstawania. Wykazuje także działanie hepatoprotekcyjne [12]. Polisacharydy obecne w żelu aloesowym działają protekcyjnie na ścianę żołądka oraz dwunastnicy, chroniąc je przed drażniącym działaniem występującego w żołądku kwasu solnego oraz pepsyny. Polisacharydy aktywują również bariery ochronne śluzówki żołądka przez zwiększenie sekrecji śluzu w nim zawartego. Żel aloesowy wspomaga normalizację pH soku żołądkowego, gdyż wykazuje pH na poziomie 5,0–5,5; co przyczynia się do zwalczania zgagi [13]. Wykazano również, że zarówno żel aloesowy, jak i ekstrakt z całych liści tej rośliny poprawia biodostępność witaminy C i E [14]. Ekstrakt z liści aloesu potęguje także działanie witaminy B12 [15]. Aloes zwyczajny wykorzystywany jest w pielęgnacji każdego typu skóry. Chętnie sięgają po niego osoby zmagające się z problemami trądzikowymi, przebarwieniami, atopowym zapaleniem skóry czy egzemą. Roślina ta jest skuteczna w walce z łuszczycą, alergiami skóry oraz oparzeniami. Działa również łagodząco po ukąszeniach owadów [16]. Antrachinony zawarte w aloesie wykorzystywane są podczas leczenia przebarwień skóry, gdyż wykazują zdolność pochłaniania promieni UV, inhibują tyrozynazę i ograniczają wytwarzanie melaniny, dzięki czemu są szeroko stosowane w preparatach rozjaśniających przebarwienia [17]. W leczeniu trądziku nieocenione właściwości mają saponiny, które działają bakteriobójczo na bakterie *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pogenes*, *Escherichia coli* i *Propionibacterium acne* [3]. Ekstrakty z liści aloesu wykorzystywane są podczas procesu gojenia się ran. Związki w nim zawarte ograniczają wazokonstrykcję, dzięki czemu przepływ krwi przez rozszerzone naczynia włosowate jest zwiększony. Skutkuje to zwiększoną produkcją kolagenu oraz lepszym dotlenieniem tkanek [18]. Enzymy proteolityczne występujące w *Aloe vera* wspomagają usuwanie martwych komórek naskórka, czego efektem jest wygładzona oraz zregenerowana skóra [19–22]. W ostatnim czasie rynek produktów spożywczych opanowała moda na produkty zawierające aloes. Producenci żywności często umieszczają hasło „zawiera aloes” na opakowaniach, co

gwarantuje im większe zainteresowanie konsumentów (jego dodatek można znaleźć m.in. w napojach, jogurtach czy lodach) [23]. Mając na względzie chęć ulepszenia swoich wyrobów, chętnie sięgają oni po ekstrakt z aloesu ze względu na jego bogaty skład. Regularne spożywanie produktów zawierających aloes przyczynia się bezpośrednio do lepszego stanu odżywienia organizmu głównie dzięki dostarczaniu witamin oraz składników mineralnych. Szczególnie ważne w diecie wegetariańskiej jest dostarczanie witaminy B12, której źródłem jest właśnie aloes [13]. Asortyment dostępny na rynku umożliwia zakup aloesu w postaci żelu czy soku, można także nabyć sproszkowany aloes zamknięty w kapsułkach. Choć roślina ta ma wiele zalet, jej stosowanie wywołuje także skutki uboczne. Podstawowym przeciwwskazaniem do stosowania produktów z aloesem lub czystego aloesu jest okres ciąży oraz karmienia piersią. Istnieją doniesienia, że *Aloe vera* może pobudzać skurcze macicy u kobiet ciężarnych, a u dzieci karmionych mlekiem matki spożywającej aloes mogą wystąpić biegunki oraz ogólny niepokój. Aloes może być również niebezpieczny dla osób wykazujących alergię na rośliny z rodziny liliowatych. Długotrwałe przyjmowanie aloiny może doprowadzić do atonii jelita grubego oraz zaburzeń elektrolitowych ze względu na silne właściwości przeczyszczające rośliny [16]. Permanentne stosowanie soku aloesowego może być powodem hipokaliemii, a co za tym idzie – nasila się wówczas działanie glikozydów nasercowych (leków stosowanych przy chorobach układu krążenia). Przyjmowanie leków moczopędnych i steroidów nadnerczowych wraz z dużą ilością soku z aloesu może skutkować niedoborem elektrolitów [24]. Współczesne badania naukowe potwierdziły właściwości prozdrowotne i lecznicze aloesu, które roślina ta zawdzięcza wyjątkowemu bogactwu substancji bioaktywnych [11–15]. Wykazano pozytywne działanie aloesu w leczeniu wielu chorób przewlekłych, jednakże bardzo mało jest doniesień naukowych dotyczących tego, w których częściach liścia występuje największa kumulacja substancji odżywczych. Dlatego też celem pracy była ocena zawartości wybranych składników odżywczych w całych liściach oraz skórce i miąższu liści aloesu zwyczajnego.

Materiały i metody

Materiał badawczy stanowiły liście, skórka oraz miąższ aloesu zwyczajnego, kupionego w 2019 r. w wyspecjalizowanej placówce ogrodniczej w Krakowie. Przed przystąpieniem do analiz chemicznych liście aloesu płukano w jałowej wodzie destylowanej przez 30 min, aby oczyścić ich powierzchnię z zanieczyszczeń. Po upływie wyznaczonego czasu materiał osuszono w temp. 80°C w suszarce z wymuszonym obiegiem powietrza. Następnie materiał badawczy dzielono na części (liść, miąższ i skórka). Tkankę aloesu przygotowywano do badania poprzez homogenizację po pozbawieniu skóry. Do oddzielenia skórki od miąższu wykorzystano nóż kuchenny.

Następnie wszystkie próbki dokładnie rozdrobniono mechanicznie przy użyciu blendera. W przygotowanych próbkach, stanowiących różne części liścia aloesu zwyczajnego, oznaczono: zawartość suchej masy, popiołu, białka oraz błonnika pokarmowego. Zawartość suchej masy oznaczono zgodnie z metodą suszarkową według normy PN-ISO 712:2012 [24]. Zawartość popiołu wykonano według Procedury Badawczej PB-19 [25]. Zgodnie z tą metodyką tygłe kwarcowe wyprażono w piecu muflowym, wystudowano w ekcykatorze i dokonano pomiaru ich masy. Następnie odważono po około 3 g badanej próbki i materiał ten umieszczono w tygłach, które wstawiono na 8 godz. do pieca muflowego nagrzanego do temp. 525°C. Następnie tygłe schłodzono w ekcykatorze i dokonano pomiaru masy tygli wraz z zawartością przy użyciu wagi analitycznej. Zawartość białka w analizowanym materiale oznaczono metodą Dumas według procedury badawczej MCMiAŻ/PB-02, zgodnie z metodą AOAC [26]. Oznaczenie wykonano za pomocą analizatora azotu TruSpec. Próbkę umieszczono w szczelnej kapsule, z której usunięto gazy atmosferyczne. Następnie próbka została automatycznie przeniesiona do tygła, gdzie nastąpiło jej spopielenie w temp. 950°C w obecności czystego tlenu, a produkty spalania uległy utlenieniu w piecu wtórnym. Utleniony materiał umieszczono w piecu katalitycznym, gdzie z tlenków azotu powstał azot cząsteczkowy. Mieszanina gazów została wprowadzona do detektora termoprzewodnościowego mierzącego zawartość azotu. Zawartość białka obliczono metodą pośrednią przy wykorzystaniu odpowiednich równoważników. Przyjęto ujednolicony współczynnik 6,25.

Zawartość błonnika pokarmowego (BP) oznaczona została podczas równoczesnej analizy białka oraz popiołu w każdej z analizowanych próbek, na podstawie których obliczono zawartość błonnika. Każdą próbkę o masie 1 g poddano gotowaniu w środowisku buforu MES/TRIS oraz termostabilnej α -amylazy. Na dalszych etapach próbki inkubowano w obecności enzymów proteazy oraz amyloglukozydazy. Po zakończeniu inkubacji działanie enzymów przerwano działaniem ogrzanego do 60°C etanolu o stężeniu 95%. Po godzinie inkubacji w probówkach wytrącił się osad, który przesączano trzykrotnie, przemywając go kolejno 78% etanolem, 95% etanolem oraz acetonem [27]. Zawartość błonnika pokarmowego [%] obliczono na podstawie wzoru:

$$BP = \frac{[(ms - mss) - (BP + P)]}{m} \times 100\% \text{ [%]},$$

gdzie:

m – masa naważki [g],

ms – masa sącza [g],

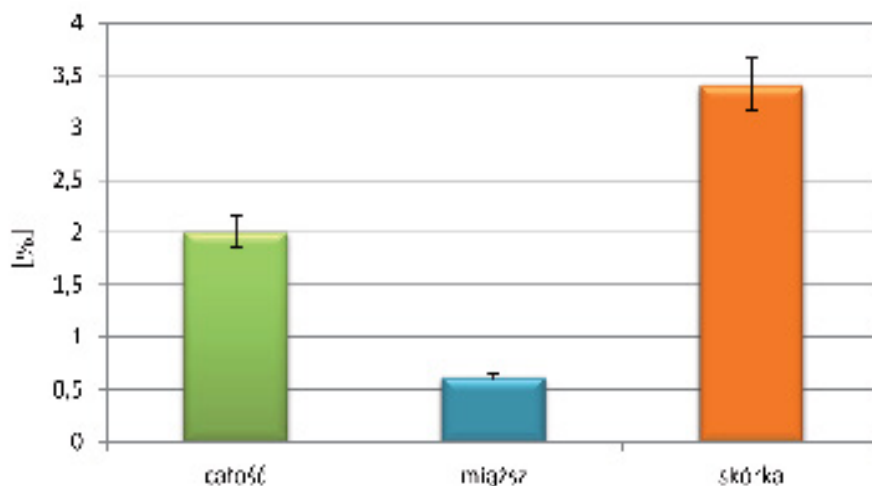
mss – masa sącza po przesączeniu [g],

B – zawartość białka [g],

P – zawartość popiołu [g].

Wyniki i dyskusja

Najwięcej suchej masy znajdowało się w skórce liści aloesu (średnio 3,41%), a najmniejszą zawartość suchej masy zaobserwowano w miąższu (średnio 0,62%). Średnia zawartość suchej masy w całym liściu aloesu wynosiła 2,01% (Rysunek 1).



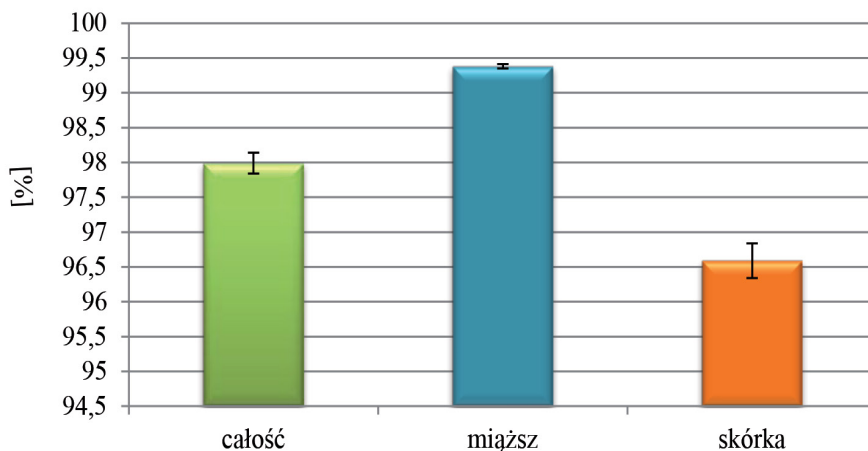
Rysunek 1. Zawartość suchej masy w różnych częściach liści aloesu [%].

Figure 1. Dry matter content in various parts of aloe leaves [%].

Źródło: badania własne.

Source: own research.

Badania opublikowane przez Matejczyk i wsp. [11] wykazały niższy poziom suchej masy w całych liściach aloesu – kształtował się on na poziomie 1,5%. Wyższą zawartość suchej masy w całych liściach aloesu podają w swych badaniach Cieślak i Turcza [28]. Wyniki badań tych autorów potwierdzają także Liu i wsp. [29]. Również efektem badań Di Scala i wsp. [30], dotyczących zawartości suchej masy w miąższu liści aloesu, były wartości wyższe w porównaniu do tych uzyskanych w badaniach własnych. Stwierdzone różnice w wynikach badań innych autorów mogą być spowodowane wieloma czynnikami, m.in. różnym wiekiem rośliny, technologią uprawy, a także warunkami klimatyczno-glebowymi. Wilgotność poszczególnych części liścia aloesu zwyczajnego była zróżnicowana. Największą wilgotnością charakteryzował się miąższ aloesu, najmniejszą zaś stwierdzono w skórce liści rośliny (Rysunek 2).



Rysunek 2. Zawartość wilgoci w różnych częściach liści aloesu [%].

Figure 2. Moisture content in various parts of aloe leaves [%].

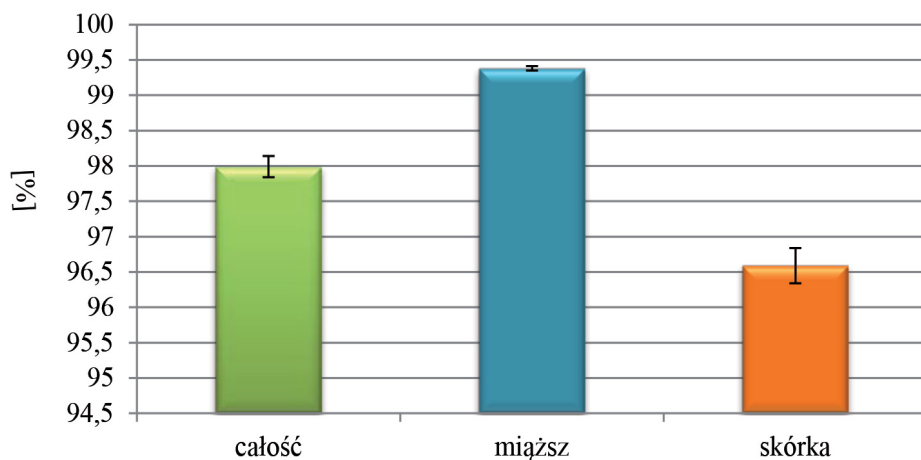
Źródło: badania własne.

Source: own research.

Uzyskane wyniki dotyczące wilgotności całych liści aloesu mieszczą się w zakresie wyników badań innych autorów [12, 29–32]. Zawartość wody w całych liściach aloesu oznaczona przez Matejczyk i wsp. [11] wynosiła 98,5%, a przez Di Scala i wsp. [30] – 98,93%. Niższe wartości – na poziomie 96% – odnotowali w swych badaniach Cieślík i Turcza [28]. Porównując otrzymane wyniki zawartości wody z uzyskanymi przez innych autorów, można stwierdzić, iż wartości te są homologiczne. Potwierdzają to również badania Radha i Laxmipriya [31], którzy podają, że zawartość wody w miąższu aloesu waha się od 99 do 99,5%.

Przeprowadzone badania własne wykazały, że zawartość popiołu w liściach aloesu wynosiła od $0,16 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ do $0,6 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, przy czym poziom popiołu zależał od części liścia aloesu. Najwięcej popiołu stwierdzono w skórce liści aloesu, zaś najmniej w próbkach z miąższem. Średnia zawartość popiołu w całych liściach aloesu wynosiła $0,37 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Rysunek 3).

Uzyskane w niniejszej pracy wyniki dotyczące zawartości popiołu w próbkach miąższu z liścia aloesu zwyczajnego są zbliżone do wartości uzyskanych przez innych autorów [30], a w niektórych badaniach takie same [32]. Analiza zawartości popiołu w całych liściach aloesu ukazała, że wartości otrzymane w niniejszej pracy są znacznie niższe od stwierdzonych przez Matejczyk i wsp. [11] oraz Cieślík i Turczę [28]. Duża rozbieżność porównywanych wyników może świadczyć o wpływie wielu czynników na skład chemiczny materiału roślinnego. Ma tu zatem znaczenie wielość odmian aloesu, różne warunki uprawy oraz to, czy materiał badawczy był jednorodny.



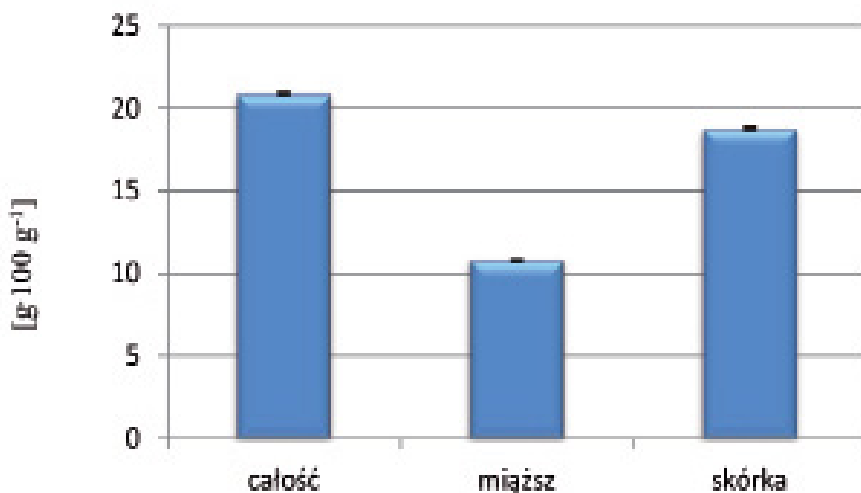
Rysunek 3. Zawartość popiołu w różnych częściach liści aloesu [g·100 g⁻¹].

Figure 3. Ash content in various parts of aloe leaves [g·100 g⁻¹].

Źródło: badania własne.

Source: own research.

Zawartość białka w badanych częściach liścia aloesu zwyczajnego była zróżnicowana i wynosiła odpowiednio: w całych liściach 20,9 g·100 g⁻¹, w miąższu 10,8 g·100 g⁻¹, a w skórcie 18,8 g·100 g⁻¹ (Rysunek 4).



Rysunek 4. Zawartość białka w różnych częściach liści aloesu [g·100 g⁻¹].

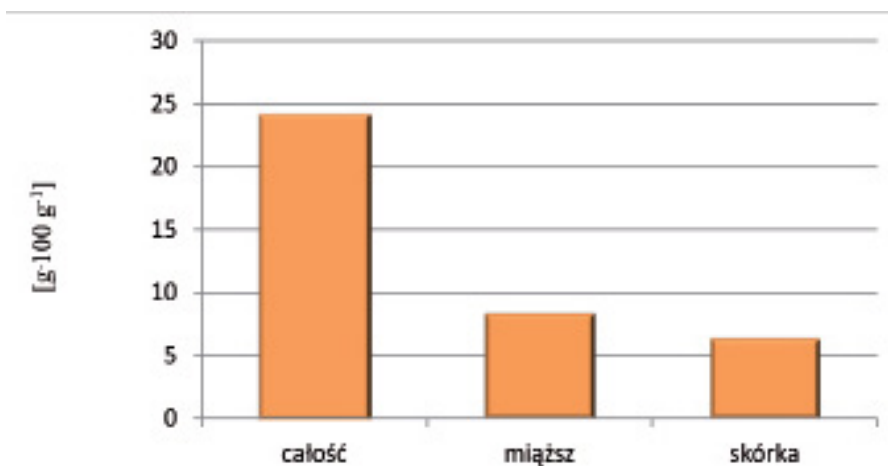
Figure 4. Protein content in various parts of aloe leaves [g·100 g⁻¹].

Źródło: badania własne.

Source: own research.

Badania Cieślik i Turczy [28] wykazały, że zawartość białka w całości liści aloesu jest na poziomie $6,86 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Wartość ta jest dużo niższa od uzyskanej w badaniach własnych, co może świadczyć o innym wieku rośliny, jak również o odmiennych warunkach klimatyczno-glebowych jej uprawy. W badaniach opublikowanych przez Sierra-García i wsp. [33] zawartość białka w mięszu aloesu wynosiła średnio $7,3 \text{ g}\cdot 100^{-1}$, zaś w skórce $6,3 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$. W opinii Achama i wsp. [34] różnica w zawartości białka w liściach aloesu może wynikać z odmiennych cech środowiska, w którym roślina była uprawiana.

Średnia zawartość błonnika pokarmowego w badaniach własnych była zróżnicowana i kształtowała się na poziomie: w całych liściach aloesu $24,1 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$, w mięszu $8,4 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}$ oraz w skórce $6,4 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Rysunek 5).



Rysunek 5. Zawartość błonnika pokarmowego w różnych częściach liści aloesu [g·100 g⁻¹].

Figure 5. Fiber content in various parts of aloe leaves [g·100 g⁻¹].

Źródło: badania własne.

Source: own research.

Uzyskane w badaniach własnych wyniki zawartości błonnika pokarmowego były znacznie niższe niż wykazane w badaniach opublikowanych przez Cieślik i Turczę [25], w których zawartość błonnika pokarmowego w liściach oznaczono na poziomie 73,35%. Podobnie wysokie wartości błonnika pokarmowego w liściach aloesu oznaczono w badaniach przeprowadzonych przez Matejczyk i wsp. [11]. Różnice w zawartości błonnika pokarmowego mogą wynikać z różnic odmianowych materiału roślinnego, a także wskazywać na bardzo duży wpływ wieku fizjologicznego rośliny na zawartość błonnika. Podobne zdanie na ten temat mają Liu i wsp. [29], w opinii których skład chemiczny liści aloesu zależy od wieku rośliny.

Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że zawartość składników odżywczych w różnych częściach liści *Aloe vera* była zróżnicowana. Największą suchą masą charakteryzowała się skórka liści aloesu, a najmniejszą miąższ. Odwrotnie było w przypadku wody – najwięcej zanotowano jej w miąższu aloesu, najmniej zaś w skórce liści. Zawartość popiołu w liściach aloesu zależała od części liścia: najwięcej popiołu stwierdzono w skórce, zaś najmniej w miąższu. Zawartość białka w badanych częściach liścia wynosiła (od wartości największej do najmniejszej): w całych liściach > w miąższu > skórce. Podobny udział w poszczególnych częściach liścia aloesu zwyczajnego odnotowano również w przypadku zawartości błonnika pokarmowego. Podsumowując uzyskane wyniki, można stwierdzić, że całe liście aloesu stanowią dobre źródło błonnika pokarmowego oraz białka. Zawartość błonnika pokarmowego w badanych próbkach aloesu zwyczajnego predysponuje go do tego, aby był wykorzystywany w przemyśle spożywczym jako surowiec do produkcji produktów zawierających włókno pokarmowe. Aloes jest rośliną o wielopłaszczyznowym działaniu, co sprawia, iż jest szeroko wykorzystywany w medycynie oraz kosmologii. Skutecznie wspomaga pracę układu pokarmowego, układu odpornościowego, reguluje poziom cukru i cholesterolu. Wzbogaca składy produktów pielęgnacyjnych do twarzy, włosów i ciała. Bazując na badaniach innych autorów, należy stwierdzić, że mimo wszechstronnego działania nie wszyscy mogą stosować aloes, a jednym z najważniejszych przeciwwskazań jest ciąża i okres laktacji.

Literatura

- [1] Zamiara K., Aloes – jego tajemnicza moc, *Historia Farmacji*, 2010, 7, s. 495–497.
- [2] Czerwonka W., Aloes w kosmologii i dermatologii, *Kosmetologia Estetyczna*, 2016, 5, s. 263–266.
- [3] Kaźmierska A., Bolesławska I., Przysławski J., Wpływ diety oraz fitoterapii w leczeniu trądziku pospolitego, *Terapia i Leki*, 2020, 76(7), s. 373–380.
- [4] Kukułowicz A., Steinka I., Aloes – możliwość wykorzystania jako suplementu diety, *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2010, 91(4), s. 632–636.
- [5] Lamer-Zarawska E., Chwała C., Gwardys A., *Rośliny w kosmetyce i kosmologii przeciwstarzeniowej*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2012.
- [6] Kukułowicz A., Wiedza konsumentów o aloesie i produktach aloesowych, *Przemysł Spożywczy*, 2018, 72, s. 38–42.
- [7] Jambor J., Horoszkiewicz-Hassan M., Krawczyk A., Znaczenie aloesu w dermatologii i kosmetyce, *Postępy Fitoterapii*, 2020, 3, s. 50–52.
- [8] Hęś M., Dziedzic K., Górecka D., Jędrusek-Golińska A., Gujska E., *Aloe vera* (L.) Webb., *Natural Sources of Antioxidants – A Review*, 2019, 74(3), s. 255–265.

- [9] Raiser U., ALOE VERA. Proprietà e impiego terapeutico, Edizioni del Baldo, 2013, s. 20–22.
- [10] Gupta V., Malhotra S., Pharmacological attribute of *Aloe vera*: Revalidation through experimental and clinical studiem, An International Quarterly Journal of Research in Ayurveda, 2012, 33(2), s. 193–196.
- [11] Matejczyk M., Golonko A., Chilmon E., *Aloe vera* – wybrane właściwości biologiczne, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, 2017, 8, s. 191–195.
- [12] Stankiewicz J., Steinka I., Grajewska M., Wpływ dodatków pochodzenia roślinnego na wybraną cechę sensoryczną serków twarogowych, Nauka Przyroda Technologie, 2009, 3, s. 1–11.
- [13] Vinson J., Kharrat H Al., Andreoli L., Effect of *Aloe vera* preparations on the human bioavailability of vitamins C and E, Phytomedicine, 2005, 12(10), s. 760–765.
- [14] Różański H., Naturalne metody podnoszenia odporności na infekcje. Immunozywienie, Herbalism, 2021, 1(7), s. 153–174.
- [15] Wierzbička I., Aloes – sukulent o leczniczych właściwościach, Food Forum, 2016, 4(14), s. 97–102.
- [16] Wyszowska-Kolatkó M., Koczurkiewicz P., Wójscik K., Pękala E., Rośliny lecznicze w terapii chorób skóry, Postępy Fitoterapii, 2015, 3, s. 184–192.
- [17] Szalek E., Zapalenie błony śluzowej jamy ustnej – istotny problem terapeutyczny w onkologii, Farmacja Współczesna, 2018, 11, s. 8–14.
- [18] Dąbrowska D., Zawadzka P., Zavyalova O., Rola substancji łagodzących w preparatach przeznaczonych do pielęgnacji skóry w trakcie oraz po zakończeniu radioterapii, [w:] Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce: choroby, red. J. Leśny, J. Nyćkowiak, Wydawnictwo Młodzi Naukowcy, Poznań 2017, s. 73–78.
- [19] Reynolds T., Dweck A.C., *Aloe vera* leaf gel: a review update, Journal of Ethnopharmacology, 1999, 68, s. 3–37.
- [20] Habeeb F., Shakir E., Bradbury F., Cameron P., Taravati M., Drummond A., Gray A., Ferro V., Screening methods used to determine the anti-microbial properties of *Aloe vera* inner gel, Methods, 2007, 42, s. 315–320.
- [21] Alves D., Perez-Fons L., Estepa A., Micol V., Membrane – related effects underlying the biological activity of the anthraquinones emodin and barbaloin, Biochemical Pharmacology, 2004, 68, s. 549–561.
- [22] Eick van Elke., Aloes dla zdrowia i urody, Wydawnictwo RM, Warszawa 2010.
- [23] Rogowska M., Giermaziak W., Wpływ roślin leczniczych na farmakokinetykę i metabolizm leków syntetycznych, Postępy Fitoterapii, 2018, 19(4), s. 274–282.
- [24] Polska Norma PN-EN ISO 712:2012. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe – Oznaczenie wilgotności – Metoda odwoławcza.
- [25] Procedura Badawcza PB-19 „Oznaczenie zawartości popiołu całkowitego w żywności metodą wagową”, wyd. I z dnia 22.08.2003 r.
- [26] AOAC. 1995. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 16th ed. AOAC, Arlington, method 990.03 (Dumas).

- [27] AOAC-Official Methods of Analysis 18 th Ed. 2005; Met. 985.29.
- [28] Cieślak E., Turcza K., Właściwości prozdrowotne aloesu zwyczajnego *Aloe vera* (L.) Webb. (*Aloe barbadensis* Mill.), Postępy Fitoterapii, 2015, 16(2), s. 117–124.
- [29] Liu Ch., Wang CH., Xu Z., Wang Y., Isolation, chemical characterization and anti-oxidant activities of two polysaccharides from the gel and the skin of *Aloe barbadensis* Miller irrigated with sea water, Process Biochemistry, 2007, 42(6), s. 961–970.
- [30] Di Scala K., Vega-Galvez A., Ah-Hen K., Nunez-Mancilla Y., Tabilo-Munizaga G., Perez-Won M., Giovagnoli C., Chemical and physical properties of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) gel stored after high hydrostatic pressure processing, Food Science and Technology, 2013, 1(33), s. 52–59.
- [31] Radha M.H., Laxmipriya N.P., Evaluation of biological properties and clinical effectiveness of *Aloe vera*: A systematic review, Journal of Traditional and Complementary Medicine, 2014, 5(1), s. 21–26.
- [32] Kamble S.D., Gatade A.A., Sharma A.K., Sahoo A.K., Physico-chemical composition and mineral content of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) gel, International Journal of Multidisciplinary Educational Research, 2022, 11(5), s. 73–79.
- [33] Sierra-García G.D., Castro-Ríos R., González-Horta A., Acemannan, an extracted polysaccharide from *Aloe vera*: A literature review, Natural Product Communications, 2014, 9(8), s. 1217–1221.
- [34] Ahmad N., Sarfraz M., Akhtar N., Hussain K., Ahmad W., Sadique A.B., Effect of seasonal variation on the recovery and composition of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis*) gel, Journal Agriculture Research, 2020, 58(4), s. 253–259.

Zawartość wybranych metali w owocnikach bocznika ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*)

Content of selected metals in the fruiting bodies of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*)

Elżbieta Kondratowicz-Pietruszka¹, Barbara Krochmal-Marczak²,
Tomasz Cebulak³, Katarzyna Piądlowska⁴, Viola Vambol⁵, Izabela Betlej⁶

¹ Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Katedra Chemii Ogólnej, ul. Sienkiewicza 5, 30-033 Kraków

² Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie, Rynek 1, 38-400 Krosno

³ Uniwersytet Rzeszowski, Instytut Technologii Żywności i Żywienia Człowieka, ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

⁴ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Architektury Krajobrazu, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, ul. Akademicka 13, 20-950, Lublin

⁵ Uniwersytet Narodowy Jurija Kondratiuka, Politechnika Połtawska, Wydział Ekologii Stosowanej i Zarządzania Przyrodą, просп. Perszotrawnewy 24, Połtawa, Ukraina

⁶ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Katedra Nauk o Drewnie i Ochrony Drewna, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

Słowa kluczowe: *Pleurotus ostreatus*, owocniki, kapelusz, trzon, metale

Keywords: *Pleurotus ostreatus*, fruiting bodies, stem, cap, metals

Streszczenie

Przedmiotem badań były owocniki bocznika ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*), pochodzące z uprawy własnej zlokalizowanej na terenie województwa podkarpackiego (50°82' N 23°54' E). Gotowe podłoże do uprawy grzyba zakupiono w wyspecjalizowanym sklepie detalicznym. Pierwsze owocniki zebrano po 10 dniach od zakupu podłoża. W zebranych owocnikach bocznika ostrygowatego badano zawartość Cd, Pb, Fe, Mn, Zn i Cu. Do analizy metali wykorzystano atomową spektrometrię absorpcyjną (ASA) w wersji metody płomieniowej oraz kuwetowej. Uzyskane wyniki wskazują na niskie zawartości Fe, Mn, Zn i Cu w bocznikach z uprawy własnej. Przeprowadzone badania wykazały, że stężenie wybranych metali w analizowanych grzybach maleje następująco: Fe > Zn > Mn > Cu > Cd > Pb. W grzybach *Pleurotus ostreatus* z własnej uprawy nie stwierdzono nadmiernej kumulacji badanych metali: Fe, Zn, Mn i Cu. Średnie stężenie Cd było na granicy zalecanego limitu 0,05 mg·kg⁻¹. Natomiast zawartość Pb była niska, zarówno w kapeluszu, jak i w trzonie grzyba, poniżej wartości dopuszczalnej 0,30 mg·kg⁻¹.

Summary

The subjects of the study were fruiting bodies of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*), originating from home cultivation located in the Subcarpathian province (50°82' N 23°54' E). Prepared substrate for the cultivation of oyster mushroom was purchased from a specialized retail store. The first fruiting bodies were harvested 10 days after purchasing the substrate. The content of Cd, Pb, Fe, Mn, Zn, Cu was examined in the collected fruiting bodies of oyster mushroom. Atomic absorption spectrometry (ASA) versions of the flame and cuvette methods were used for metal analysis. The results indicate low contents of Fe, Mn, Zn and Cu in home-grown oyster mushrooms. The study showed that the concentration of selected metals in the analyzed mushrooms decreases as follows: Fe > Zn > Mn > Cu > Cd > Pb. In *Pleurotus ostreatus* mushrooms, from own cultivation, there was no excessive accumulation of the tested metals: Fe, Zn, Mn, Cu. The concentration of Cd, on average, was at the limit of the recommended limit of 0.05 mg·kg⁻¹. In contrast, the content of Pb was low, both in the cap and in the stem of the mushroom, below the limit of 0.30 mg·kg⁻¹.

Wstęp

Grzyby, w tym boczniki, *Pleurotus ostreatus* czy też *Pleurotus eryngii*, są popularnym i cennym surowcem spożywczym. Charakteryzują się pożądanymi walorami smakowymi i dużą odpornością na zmiany warunków przechowywania. Są one również chętnie skupowane i przetwarzane. W handlu najczęściej są dostępne w postaci świeżej. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 3 listopada 2022 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie grzybów dopuszczonych do obrotu lub produkcji przetworów grzybowych, środków spożywczych zawierających grzyby oraz uprawnień klasyfikatora grzybów i grzyboznawcy [1] zawiera wykaz grzybów, który w zakresie dotyczącym boczników wyróżnia: bocznika cytrynowego – *Pleurotus citrinopileatus* (Singer), bocznika florydzkiego – *Pleurotus florida* (Singer), bocznika łyżkowatego – *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél., bocznika mikołajkowego – *Pleurotus eryngii* (DC.) Quél., pochodzącego wyłącznie z uprawy lub spoza terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, bocznika ostrygowatego – *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., bocznika różowego – *Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn.

Boczniki uprawiane są w różnych strefach klimatycznych, przez indywidualnych producentów na potrzeby własne lub na skalę przemysłową na różnych podłożach, w tym na takich, które znajdują się na terenach kopalnianych. Z botanicznego punktu widzenia boczniki są klasyfikowane jako *Basidiomycetes*. Naturalnym środowiskiem *Pleurotus* spp. są lasy tropikalne i subtropikalne. W warunkach środkowoeuropejskich gatunek ten występuje na martwych pniach, kłodach i pniakach drzew liściastych. Może być również uprawiany na różnych podłożach wykonanych

z odpadów lignocelulozowych [2, 3]. Od wielu lat propaguje się uprawę grzybów na odpadach rolniczych ze względu na rosnącą populację i ubywanie gruntów rolnych. Przede wszystkim pozwoliłoby to wyeliminować lub zmniejszyć ilość odpadów środowiskowych, a w drugiej kolejności zapewniałoby produkcję żywności [4]. Owocniki boczniaka ostrygowatego często występują w grupach składających się z kilku większych i mniejszych okazów, które wyrastają ze wspólnej podstawy lub są ułożone w kafelkowy wzór jeden nad drugim. Owocniki są źródłem łatwo przyswajalnego białka, kwasu foliowego, aminokwasów, witamin z grupy B i soli mineralnych. Stwierdzono, że zawierają lowastatynę, która obniża poziom cholesterolu we krwi. W ich składzie znajduje się również pleuran, substancja o działaniu immunostymulującym i przeciwnowotworowym [3, 5–7]. Według Singha i wsp. [6] skład mineralny boczniaka jest niezwykle cenny ze względu na liczne makroelementy, np. magnez, wapń, potas, sód, fosfor. Obok nich występują również mikroelementy, m.in.: żelazo (Fe), miedź (Cu), cynk (Zn) czy mangan (Mn). Substancje mineralne występują w grzybach w różnych ilościach, więcej ich wykryto w kapeluszu niż w trzonie. Ilość ich zależy również od średnicy kapelusza, wieku grzyba, gatunku i podłoża. Badania Sithole i wsp. [8] wskazują, że metale ciężkie mogą być magazynowane w trzonach grzybów po asymilacji z gleby przed przemieszczaniem się w górę do kapelusza. Stwierdzono, że boczniaki *Pleurotus ostreatus* gromadzą wysokie stężenie metalu w kapeluszach w porównaniu z trzonami grzybów. Pierwiastki te mają ogromne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania organizmu. Mikro- i makroelementy wpływają pozytywnie na organizm człowieka tylko wtedy, gdy dostarczane są w optymalnych stężeniach [9, 10]. Większość grzybów kapeluszowych ma zdolność gromadzenia w owocniku różnych metali ciężkich. Badania naukowe dowodzą, że grzyby jadalne mogą magazynować także znaczne ilości związków toksycznych. Toksyczność metali ciężkich wynika m.in. z roli biochemicznej, jaką pełnią w procesach metabolicznych, oraz z dużego stopnia wchłaniania i małego wydalania ich przez organizmy żywe. Niebezpieczeństwo polega głównie na trwałym wchodzeniu metali ciężkich do łańcucha pokarmowego i jest uzależnione od naturalnych barier biologicznych [2]. Szczególnie niebezpiecznymi metalami ciężkimi dla organizmów żywych są ołów (Pb) i kadm (Cd), który uważany jest za najbardziej toksyczny z metali. Konsekwencje wyższego stężenia Cd niż zalecany limit i możliwość gromadzenia się tego metalu w organizmie mogą mieć wpływ na nerki i wątrobę. Maksymalna dopuszczalna ilość tych pierwiastków w surowcach i produktach spożywczych jest uregulowana aktami prawnymi. Sanglimsuwan i wsp. [11] zaobserwowali, że spośród wielu badanych grzybów bocznik ostrygowaty był najbardziej odporny na wysokie stężenia kadmu (Cd), miedzi (Cu) czy cynku (Zn) w podłożu. Widoczne kliniczne objawy chorobowe przy niskich poziomach narażenia na kadm i ołów nie występują od razu, skutki ich działania można obserwować

jedynie na poziomie fizjologicznym lub biochemicznym. Komisja Kodeksu Żywnościowego FAO/WHO określiła, że dzienna dawka dla dorosłego człowieka nie może przekraczać $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ m.c.}$ [12] dla ołowiu, przy najniższych dawkach wyznaczających: BDML_{01} dla dzieci (działanie neurotoksyczne) $0,50 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ m.c.}$ na dzień, BDML_{10} dla dorosłych $0,63 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ m.c.}$ na dzień (działanie nefrotoksyczne) oraz BDML_{01} $1,50 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ m.c.}$ na dzień (działanie powodujące zaburzenia sercowo-naczyniowe) [2]. Rozporządzenie Unii Europejskiej w sprawie zanieczyszczeń (UE) 1881/2006 uregulowało m.in. najwyższe dopuszczalne poziomy metali ciężkich [13]. Rozporządzenie to zostało obecnie zmienione przez Rozporządzenie Komisji (UE) 2021/1323 z dnia 10 sierpnia 2021 r. [14]. W przypadku grzybów uprawnych najwyższy dopuszczalny poziom kadmu (według Rozporządzenia 2021/1323) obniżono do $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$, a dla ołowiu do $0,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$ Doniesienia z literatury wskazują, iż zawartość metali w grzybach jest pochodną wielu czynników, np. zależy ona od rodzaju grzybów czy też podłoża [15]. Dlatego też celem pracy była ocena zawartości wybranych metali w owocnikach bocznika ostrygowatego pochodzącego z uprawy własnej.

Materiał i metody

Przedmiotem badań były boczniki ostrygowate (*Pleurotus ostreatus*), pochodzące z uprawy własnej zlokalizowanej na terenie województwa podkarpackiego ($50^{\circ}82' \text{ N } 23^{\circ}54' \text{ E}$). Gotowe podłoże do uprawy bocznika ostrygowatego zakupiono w wyspecjalizowanym sklepie detalicznym. Przerośnięty grzybnią balot ustawiono w pomieszczeniu o temp. 16°C i wilgotności 85%. W początkowej fazie uprawy wzrost grzybni odbywał się w całkowitej ciemności, następnie po pojawieniu się w otworach balotu pierwszych zawiązków grzybów zapewniono im dostęp do światła przez 12 h na dobę. Pierwsze owocniki zebrano po 10 dniach od zakupu podłoża. Do badań laboratoryjnych pobrano 3 próby, w każdej znajdowało się 10 owocników. Badania przeprowadzono w 2023 r. w Laboratorium Absorpcyjnej Spektroskopii Atomowej w Instytucie Nauk o Jakości i Zarządzania Produktem w Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie.

Grzyby po zbiorze oczyszczono i podzielono na fragmenty: kapelusz i trzon. Kapelusze i trzony suszono w temp. około 21°C w przewiewnym miejscu, a następnie dosuszano w elektrycznej suszarce (w temp. 40°C) do uzyskania stałej masy. Następnie zmielono je w młynku ścinającym Retsch SM 100 (Retsch, Haan, Niemcy) i przechowywano do momentu użycia. W celu oznaczenia metali kapelusze oraz trzony bocznika ostrygowatego zmineralizowano zgodnie z metodą mineralizacji „na sucho” – według normy PN-EN 14082:2004 [16].

Odważono, a następnie przesypano do tygli porcelanowych po 1 g zhomogenizowanych próbek grzybów. Zawartość spopielono w piecu muflowym w temp. 450°C. Następnie popiół w tyglu zalano 5 cm³ roztworu HCl (1:1). Nadmiar kwasu chlorowodorowego odparowano na łaźni piaskowej do sucha. Zawartość tygla powtórnie zalano roztworem HCl (10%) i uzyskany roztwór przesączono przez twardy sączek w celu oddzielenia krzemionki, przelewając go do kolb miarowych: do oznaczenia ołowiu i kadmu użyto kolb o pojemności 10 cm³, natomiast do oznaczenia żelaza, manganu, cynku i miedzi – kolb o pojemności 25 cm³. Materiał, który pozostał na sączku, trzykrotnie przemyto rozcieńczonym roztworem HCl, a zawartość kolb uzupełniono do kreski, uzyskując klarowne, bezbarwne roztwory. Mineralizację próbek przeprowadzono w dwóch powtórzeniach. Do analizy wybranych metali wykorzystano atomową spektrometrię absorpcyjną (ASA) w wersji metody płomieniowej oraz kuwetowej.

Wyniki badań poddano analizie statystycznej, stosując jednoczynnikową analizę wariancji oraz testy post-hoc Duncana na poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$. Obliczenia wykonano w programie Statistica 9.

Wyniki i dyskusja

Składniki mineralne odgrywają ważną rolę w metabolizmie, ponieważ są potrzebne do różnych reakcji metabolicznych, tworzenia sztywnych kości, regulacji wody, równowagi soli, stymulacji sensorycznej i innych funkcji [17, 18]. Według Singh i Singh [6] skład mineralny boczników ostrygowatych jest bardzo cenny ze względu na zawartość licznych mikroelementów. W badaniach własnych w próbkach kapeluszy i trzonów *Pleurotus ostreatus* oznaczono zawartość kadmu (Cu), ołowiu (Pb), wapnia (Ca), miedzi (Cu), żelaza (Fe), manganu (Mn) i cynku (Zn).

W Tabeli 1 zestawiono wyniki badań własnych oraz dla porównania wyniki badań innych autorów, zaś na Rysunku 1 przedstawiono graficzne porównanie zawartości metali w trzonie i kapeluszach bocznika ostrygowatego.

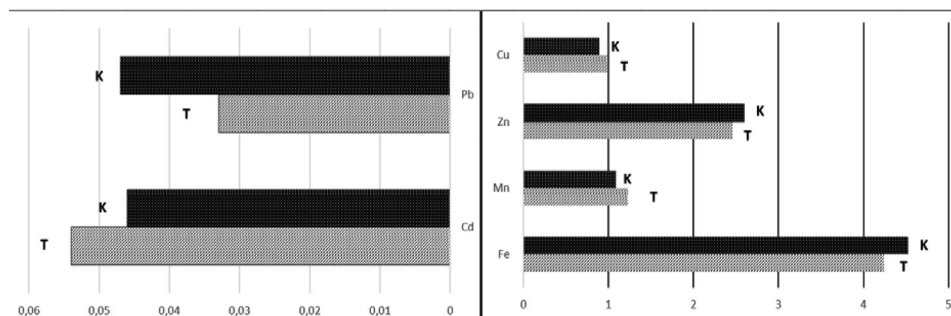
Tabela 1. Zawartość wybranych metali w *Pleurotus ostreatus*.**Table 1.** The content of selected metals in *Pleurotus ostreatus*.

Metal mg·kg ⁻¹ s.m.	A Uprawa własna				B Uprawa na różnych podłożach		C Ze sklepu	D Ze sklepu	E Z terenów kopalni	
	kapelusz	trzon	SD	średnia	kapelusz	trzon	średnia	średnia	kapelusz	trzon
Cd	0,054 ^a	0,046 ^b	0,004	0,05	NB	NB	NB	NB	NB	NB
Pb	0,033 ^a	0,047 ^b	0,008	0,04	NB	NB	NB	NB	NB	NB
Fe	4,238 ^a	4,526 ^b	0,158	4,764	56,0	40,0	84,30	166,00	NB	NB
Mn	1,227 ^a	1,090 ^b	0,075	1,158	6,9	2,8	NB	1,83	8,32	15,59
Zn	2,456 ^{ab}	2,599 ^{ba}	0,039	2,527	81,0	41,0	4,39	25,70	65,83	29,28
Cu	0,987 ^{ab}	0,891 ^{ba}	0,050	0,939	6,2	5,3	2,70	8,72	17,33	29,52

Źródło: A – badania własne, B – Golian i wsp. [18], C – Florczak i wsp. [3], D – Kuziemska i wsp. [20], E – Sithole i wsp. [8].

Source: A – own research, B – Golian et al. [18], C – Florczak et al. [3], D – Kuziemska et al. [20], E – Sithole et al. [8].
NB – nie badano, SD – odchylenie standardowe

Różnice statystycznie istotne zaznaczono w układzie wierszy dla zmiennych A, przy poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$ na podstawie analizy ANOVA, z wykorzystaniem testu post-hoc Ducana.

**Rysunek 1.** Zawartość wybranych metali w trzonie i kapeluszu w *Pleurotus ostreatus* w mg·kg⁻¹ s.m.

T – trzon, K – kapelusz

Figure 1. Content of selected metals in the stem and cap in *Pleurotus ostreatus* in mg·kg⁻¹ s.m.

T – stem, K – cap

Źródło: badania własne.

Source: own research.

Badania przeprowadzone przez wielu badaczy wykazały decydujący wpływ rodzaju podłoża na skład chemiczny grzybów [3, 19]. Podkreśla się, że zawartość substancji mineralnych w grzybach zależy od typu podłoża, na którym rosną, odczynu gleby, liczby i rodzaju pierwiastków znajdujących się w podłożu, biodostępności

tych składników oraz warunków środowiskowych. Stwierdzono, że wchłanianie metali z podłoża jest cechą gatunkową, a stopień kumulacji poszczególnych mikroelementów uwarunkowany jest genetycznie [19]. Zdarza się, że są to wartości przekraczające stężenie występujące w podłożu, na którym grzyby wyrosły. Potwierdza to porównanie wyników analiz własnych z danymi przytaczanymi przez Golian i wsp. [18], Florczak i wsp. [3], Kuziemską i wsp. [20] oraz Sithole i wsp. [8].

W badaniach przeprowadzonych przez Kaczyńską i wsp. [21] rośliny uprawiane na glebie zawierającej duże ilości kadmu wykazywały objawy chlorozy, zahamowania wzrostu, brązowienia wierzchołków korzeni i obumierania. Podobnie jak u roślin, kadm u ludzi indukuje powstawanie reaktywnych form tlenu, np. rodnika wodorotlenowego, rodnika ponadtlenkowego i nadtlenu wodoru. Na skutek tego dochodzi do nasilenia stresu oksydacyjnego, który oddziałuje toksycznie na wiele tkanek i narządów [21]. W opinii Góralczyk i wsp. [12] kadm uważany jest za najbardziej toksyczny z metali. Głównym jego źródłem dla organizmu człowieka jest żywność, 75% kadmu w codziennej diecie pochodzi z produktów pochodzenia roślinnego. Największą destrukcję kadm wyrządza w tych narządach, w których dosyć łatwo się kumuluje, tj. w nerkach, wątrobie, jądrach i kościach, a także może on wpływać na osłabienie pracy układu odpornościowego.

Średnie stężenie Cd w boczniku z uprawy własnej A było na granicy zalecanego limitu $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w żywności, ustalonego przez Światową Organizację Zdrowia (World Health Organization – WHO). Natomiast zawartość Pb, zarówno w kapeluszu, jak i w trzonie grzyba, była niska – poniżej wartości dopuszczalnej $0,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Tabela 1). Prace innych autorów nie potwierdzają wartości otrzymanych w badaniach własnych [3, 8, 18, 20]. Według Golian i wsp. [18] wartości dla Cd i Pb są niższe od wartości dopuszczalnych, natomiast Sithole i wsp. [8] otrzymali dla boczników wartości zawartości Cd i Pb o wiele wyższe, przekraczające dopuszczalne wartości graniczne dla tych pierwiastków. Potwierdza to wpływ dużego zanieczyszczenia podłoża na kumulację Cd i Pb w bocznikach.

Żelazo (Fe) jest jednym z mikroelementów niezbędnych zarówno roślinom, jak i zwierzętom [21, 22]. Według Ramana i wsp. [23] około 90% biodostępności Fe w grzybach jadalnych jest łatwo przyswajalne. Badania tych autorów wykazały, że u gatunku *Pleurotus* zawartość Fe mieści się w przedziale $5,5\text{--}13,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Badania własne nie potwierdzają tego, otrzymane w nich wartości są niższe i zawierają się w przedziale $4,24\text{--}4,53 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Mangan (Mn) jest substancją naturalnie występującą w przyrodzie [18]. Jest metalem niezbędnym w układzie biologicznym, wykorzystywanym w kilku procesach chemicznych w organizmie, lecz jego nadmiar może prowadzić do zaburzeń psychicznych w wyniku deformacji komórek nerwowych [18]. Średnie stężenie Mn

w bocznikach w badaniach własnych mieściło się w granicach 1,09–1,23 mg·kg⁻¹ (Tabela 1). Wartości te zostały potwierdzone przez Golian i wsp. [18], którzy na podstawie uprawy własnej określili zawartość Mn w przedziale 0,39–4,8 mg·kg⁻¹ dla trzonów i nieco większą, bo wynoszącą 2,8–11,0 mg·kg⁻¹ dla kapeluszy boczników. Dla porównania poziom Mn w bocznikach uprawianych na terenach kopalni jest o wiele wyższy i wynosił 9,50–40,12 mg·kg⁻¹ [18].

Cynk pełni istotną rolę w ludzkim organizmie, gdyż jest obecny w wielu enzymach, np. polimerazy DNA i RNA, wpływa na syntezę białek, hormonów i krwinek czerwonych, prawidłowe działanie układu odpornościowego i funkcjonowanie skóry oraz błon śluzowych [24, 25]. W nadmiarze jednak może powodować m.in. opóźnienie rozwoju u małych dzieci i prowadzić do zatrucia [5].

W badaniach własnych stężenie Zn bocznika ostrygowatego nie przekraczało zalecanego przez WHO limitu dla Zn w żywności, wynoszącego 60 mg·kg⁻¹ [18]. Niska zawartość Zn, wynosząca 2,53 mg·kg⁻¹, wyraźnie odbiega od wartości podawanych przez innych autorów: 4,22–7,70 mg·kg⁻¹ [23], 17–48 mg·kg⁻¹ [25], 25,70 mg·kg⁻¹ [20], 61 mg·kg⁻¹ [18], 99–94,61 mg·kg⁻¹ [8].

Miedź odgrywa istotną rolę w syntezie hemoglobiny, poprawia pracę mózgu, zwiększa odporność, reguluje metabolizm tłuszczów, potrzebna jest przy asymilacji CO₂ i w syntezie ATP. Zbyt duże stężenie tego pierwiastka w organizmie powoduje zaburzenia prowadzące do gromadzenia go w kluczowych organach wewnętrznych, takich jak wątroba, mózg czy rogówka oka. WHO ustaliła bezpieczny limit stężenia Cu jako 40 mg·kg⁻¹. W badaniach własnych A bocznik zawierał średnio 0,94 mg·kg⁻¹. W badaniach innych autorów zawartość miedzi w bocznikach była znacznie wyższa (Tabela 1). Według Singh i wsp. [6] trzon badanych grzybów *Pleurotus ostreatus* zawierał 1,7–12,0 mg·kg⁻¹ miedzi. W kapeluszach znajdowała się podobna ilość Cu 3,0 – 12,0 mg·kg⁻¹. Autorzy Sanglimsuwan i wsp. [11], Wan Mahari i wsp. [26] oraz Zawadzka i wsp. [9] zaobserwowali, że spośród analizowanych próbek wielu grzybów *Pleurotus ostreatus* był najbardziej odporny na wysokie stężenia miedzi, kadmu, cynku, niklu, kobaltu i rtęci w podłożu. Badania własne wykazały, że bocznik ostrygowaty posiada zdolność bioakumulacji metali ciężkich z podłoża, na którym rośnie, i że może gromadzić metale zarówno w kapeluszach, jak i trzonach. Dane przedstawione w Tabeli 1 wskazują na brak istotnych różnic pod względem zawartości żelaza, manganu, cynku i miedzi pomiędzy trzonem a kapeluszem badanego gatunku grzyba. Wykazano natomiast statystycznie istotne różnice zawartości kadmu i ołowiu pomiędzy kapeluszem a trzonem bocznika ostrygowatego.

Pomimo bardzo dużej dostępności informacji na temat skażenia grzybów w naukowych bazach danych niewiele jest publikacji na temat tego, w których częściach owocnika dominują poszczególne metale.

Podsumowanie

Uzyskane wyniki wskazują na niskie zawartości Fe, Mn, Zn i Cu w bocznikach z uprawy własnej w porównaniu do wyników analiz zawartości metali w bocznikach uprawianych na różnych podłożach, w tym na terenach kopalni.

Przeprowadzone badania wykazały, że stężenie wybranych metali w analizowanych grzybach maleje następująco: Fe > Zn > Mn > Cu > Cd > Pb.

W grzybach *Pleurotus ostreatus* z własnej uprawy nie stwierdzono nadmiernej kumulacji badanych metali: Fe, Zn, Mn i Cu. Średnie stężenie Cd było na granicy zalecanego limitu 0,05 mg·kg⁻¹. Natomiast zawartość Pb była niska, zarówno w kapeluszu, jak i w trzonie grzyba, poniżej wartości dopuszczalnej 0,30 mg·kg⁻¹.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 3 listopada 2022 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie grzybów dopuszczonych do obrotu lub produkcji przetworów grzybowych, środków spożywczych zawierających grzyby oraz uprawnień klasyfikatora grzybów i grzyboznawcy (Dz.U. z 2022 r. poz. 2365).
- [2] Adamiak E.A., Kalembasa S., Kuziemska B., Zawartość metali ciężkich w wybranych gatunkach grzybów jadalnych, *Acta Agrophysica*, 2013, 20(1), s. 7–16.
- [3] Florczak J., Chudy J., Barasińska M., Karwowski B., Wybrane składniki odżywcze grzybów dziko rosnących: uszaka bżowego (*Hirneola auricula judae*), bocznika ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*) i zimówki aksamitnotrzonowej (*Flammulina velutipes*), *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2014, XLVII, 4, s. 876–882.
- [4] Villas-Bôas S.G., Esposito E., Mitchell D.A., Microbial Conversion of Lignocellulosic Residues for Production of Animal Feeds, *Animal Feed Science Technology*, 2002, 98, s. 1–12.
- [5] Szcześniak M., Grimling B., Meler J., Cynk – pierwiastek zdrowia, *Farmacja Polska*, 2014, 70(7), s. 363–366.
- [6] Singh A., Research P.D., Singh I.S., Pradesh U., Singh S., Nutritional and Health Importance of Fresh and Dehydrated Oyster Mushroom (*Pleurotus florida*), *Current Research in Food Science*, 2021, 2, s. 10–14.
- [7] Krakowska A., Zięba P., Włodarczyk A., Kała K., Sułkowska-Ziaja K., Bernaś E., Sękara A., Ostachowicz B., Muszyńska B., Selected edible medicinal mushrooms from *Pleurotus* genus as an answer for human civilization diseases, *Food Chemistry*, 2020, 327, 127084.
- [8] Sithole S.C., Agboola O.O., Mugivhisa L.L., Amoo S.O., Olowoyo J.O., Elemental concentration of heavy metals in oyster mushrooms grown on mine polluted soils in Pretoria, South Africa, *Journal of King Saud University – Science*, 2022, 34, s. 1–6.

- [9] Zawadzka A., Janczewska A., Kobus-Cisowska J., Dziedziński M., Siwulski M., Czarniecka-Skubina E., Stuper-Szablewska K., The effect of light conditions on the content of selected active ingredients in anatomical parts of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.), PLoS ONE, 2022, 17(1), e0262279.
- [10] Gapiński M., Woźniak W., Mikroelementy w uprawnych grzybach wielkoowocnikowych, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 1996, 434, s. 641–646.
- [11] Sanglimsuwan S., Yoshida N., Morinaga T., Murooka Y., Resistance to and uptake of heavy metals in mushrooms, Journal of Fermentation and Bioengineering, 1993, 75, s. 112–114.
- [12] Góralczyk K., Dziubak A., Krężlewicz A., Levels of Metals Harmful to Health in Various Types of Food, Levels of Metals Harmful to Health in Various Types of Food, Studia Ecologiae Bioethicae, 2021, 19(1), s. 115–122.
- [13] Rozporządzenie Komisji (WE) NR 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych.
- [14] Rozporządzenie Komisji (UE) 2021/1323 z dnia 10 sierpnia 2021 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów kadmu w niektórych środkach spożywczych.
- [15] Gogavekar S.S., Rokade S.A., Ranveer R.C., Ghosh J.S., Kalyani D.C., Sahoo A.K., Important Nutritional Constituents, Flavour Components, Antioxidant and Antibacterial Properties of *Pleurotus Sajor-Caju*, Journal Food Science Technology, 2014, 51, s. 1483–1491.
- [16] PN-EN 14082:2004. Artykuły żywnościowe. Oznaczanie pierwiastków śladowych. Oznaczanie zawartości ołowiu, kadmu, cynku, miedzi, żelaza i chromu metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (AAS) po mineralizacji suchej.
- [17] Srikrum A., Supapvanich S., Proximate Compositions and Bioactive Compounds of Edible Wild and Cultivated Mushrooms from Northeast Thailand, Agriculture and Natural Resources, 2016, 50, s. 432–436.
- [18] Golian M., Hegedúsová A., Mezeyová I., Chlebova Z., Hegedus O., Urmińska D., Vollmannová A., Chlebo P., Accumulation of Selected Metal Elements in Fruiting Bodies of Oyster Mushroom, Foods, 2021, 11(1), s. 76.
- [19] Świsłowski P., Rajfur R., Biokumulacja pierwiastków w grzybach wielkoowocnikowych – przegląd wybranej literatury, Proceedings of ECOpole, 2017, 11(2), s. 591–599.
- [20] Kuziemska B., Wysokiński A., Jaremko D., Popek M., Kożuchowska M., Content of selected heavy metals in edible mushrooms, Ecological Engineering & Environmental Technology, 2018, 19(1), s. 66–70.

- [21] Kaczyńska A., Zajączkowski M., Grzybiak M., Toksyczny wpływ kadmu na rośliny i człowieka, *Annales Academiae Medicae Gedanensis*, 2015, 45, s. 65–70.
- [22] Riaz N., Guerinot M., All Together Now: Regulation of the response to iron deficiency, *Journal of Experimental Botany*, 2021, 72, s. 2045–2055.
- [23] Raman J., Jang K.Y., Och Y.L., Och M., Im J.H., Lakshmanan H., Sabaratnam V., Cultivation and nutritional value of outstanding *Pleurotus* spp.: A review, *Mycobiology*, 2021, s. 49, 1–14.
- [24] Keskin F., Sarikurkcü C., Akata I., Tepe B., Metal concentrations in wild mushroom species collected from the Belgrade forest (Istanbul, Turkey) along with health risk assessment, *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, 28, s. 36193–36204.
- [25] Zakil F.A., Xuan L.H., Zaman N., Alan N.I., Salahutheen N.A.A., Sueb M.S.M., Isha R., Growth Performance and Mineral Analysis of *Pleurotus ostreatus* from Various Agricultural Wastes Mixed with Rubber Tree Sawdust in Malaysia, *Bioresource Technology Reports*, 2022, 17, 100873.
- [26] Wan Mahari W.A., Peng W., Nam W.L., Yang H., Lee X.Y., Lee Y.K., Liew R.K., Ma N.L., Mohammad A., Sonne C., Van Le Q., Show P.L., Chen W.H., Lam S.S., A review on valorization of oyster mushroom and waste generated in the mushroom cultivation industry, *Journal of Hazardous Materials*, 2020, 400, 123156.

Wpływ marynowania mięsa wieprzowego z wykorzystaniem fermentowanych niepasteryzowanych octów na jego właściwości reologiczne

Effect of marinating with fermented unpasteurized vinegars on the rheological properties of pork meat

Magdalena Dykiel, Angelika Uram-Dudek, Iwona Wajs

Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie, Rynek 1, 38-400 Krosno, e-mail: magdalena.dykiel@pans.krosno.pl

Słowa kluczowe: marynowanie, mięso wieprzowe, tekstura, niepasteryzowany ocet owocowy
Keywords: marinating, pork, texture, unpasteurised fruit vinegar

Streszczenie

Konsumenci domagają się mięsa i produktów mięsnych z naturalnymi składnikami, które gwarantują wysoką jakość żywności, a im samym zapewnią zdrowie. Celem podjętych badań było określenie wpływu marynaty z wykorzystaniem niepasteryzowanych octów i octu spirytusowego na właściwości reologiczne mięsa wieprzowego. Surowcem do badań było mięso wieprzowe – karkówka. Karkówkę podzielono na pięć porcji, z czego jedna stanowiła próbę kontrolną (bez octu), a pozostałe cztery marynowano octem: I – spirytusowym (pH 2,83), niepasteryzowanym octem: II – jabłkowym (pH 3,24), III – gruszkowym (pH 3,72), IV – malinowym (pH 3,01). Próbkę oceniono pod kątem właściwości reologicznych. Wyniki niniejszego badania pokazują, że stosowanie octu w marynowaniu karkówki wieprzowej wpływa na cechy reologiczne mięsa, przy czym wpływ ten zależy od rodzaju użytego octu. Wykazano, że marynowanie z wykorzystaniem fermentowanych niepasteryzowanych octów miało znaczący ($p < 0,05$) wpływ na adhezyjność, odbojność i żylastość, ale nie na ich twardość, sprężystość, żuźność oraz gumowatość ($p > 0,05$), co pokazało porównanie z próbkami kontrolnymi. Proces marynowania mięsa wieprzowego octem malinowym wpłynął istotnie na zwiększenie takich cech mięsa jak twardość, gumowatość i adhezyjność, co pokazało porównanie z próbkami kontrolnymi. Marynowanie octem gruszkowym wpłynęło na zmniejszenie odbojności, zaś zabieg marynowania octem jabłkowym miał istotny wpływ na adhezyjność, odbojność i żylastość, co pokazało porównanie z próbkami kontrolnymi. Proces marynowania przy użyciu octu spirytusowego, jabłkowego, gruszkowego oraz malinowego wpłynął na zmniejszenie odbojności mięsa, co pokazało porównanie z próbkami z grupy

kontrolnej. Konieczne jest stałe analizowanie i badanie tekstury żywności, gdyż jest to ważna cecha, która wpływa na to, czy dany produkt spożywczy jest akceptowany, czy odrzucany przez konsumenta.

Summary

Consumers demand meat and meat products with natural ingredients that guarantee health and good food quality. The aim of the study was to determine the effect of marinade using unpasteurised vinegars and spirit vinegar, on the rheological properties of pork meat. The raw material for the study was pork – neck of pork. The pork neck was divided into five portions, one of which was a control sample (without vinegar) and the other four were marinated with vinegar, i.e. – spirit vinegar (pH 2.83), unpasteurised vinegar: II – apple (pH 3.24), III – pear (pH 3.72), IV – raspberry (pH 3.01). The samples were evaluated for rheological properties. The results of the present study show that the use of vinegar in marinating pork neck affects the rheological characteristics depending on the type of vinegar used. It was shown that marinating with fermented unpasteurised vinegars had a significant ($P < 0.05$) effect on the values of adhesiveness, bounce and stringiness, but not on their hardness, resilience, chewiness and gumminess ($P > 0.05$) compared to control samples. Marinating pork with raspberry vinegar will significantly increase the values of hardness, gumminess and adhesiveness compared to control samples. Marinating with pear vinegar had a reduction in the bounce value while the apple cider vinegar marinating treatment had a significant effect on adhesiveness, bounce and stringiness values compared to control samples. The marinating process using spirit vinegar, apple cider vinegar, pear vinegar and raspberry vinegar will decrease the bounce value compared to the control group samples. Food texture requires continuous analysis and research, as it is an important characteristic that influences whether a product is accepted or rejected by the consumer.

Wstęp

Mięso jest pokarmem o wysokiej wartości odżywczej ze względu na zawartość białka, tłuszczu, witamin i minerałów, które są istotne dla dobrego odżywiania. Wraz z rosnącą świadomością żywieniową konsumentów coraz większe znaczenie ma jakość mięsa i produktów mięsnych, a także innych produktów spożywczych [1].

Wieprzowina jest podstawowym pożywieniem w wielu kuchniach narodowych [2]. Jest bogatym źródłem składników odżywczych w diecie człowieka, takich jak białko, tłuszcz, witaminy (tiamina, ryboflawina i niacyna) oraz minerały (żelazo, wapń i magnez) [3]. Miofibryle (miozyna i aktyna) w wieprzowinie są głównymi

składnikami około 65–70% włókien mięśniowych, decydujących o teksturze i delikatności mięśni wieprzowych. Zmiany w strukturze miofibryli mają znaczący wpływ na teksturę produktów wieprzowych [4].

Marynowanie jest metodą konserwacji stosowaną od lat. Polega na dodawaniu do produktów mięsnych płynów zawierających aromaty, przyprawy i do datki funkcjonalne [5, 6]. Wykorzystanie marynat nie tylko wydłuża okres przydatności mięsa do spożycia, ale także poprawia jego właściwości sensoryczne, takie jak konsystencja, smak i soczystość [7]. Jedną z funkcji marynowania jest podnoszenie zdolności zatrzymywania wody w włóknkach mięśniowych miofibrylarnych w celu uzyskania większej soczystości i lepszej tekstury mięsa [8]. Marynaty mogą zwiększyć akceptację sensoryczną produktów mięsnych poprzez poprawę smaku [9]. Przeprowadzone przez różnych autorów badania [10–12] wykazały również, iż kwaśne marynaty (tj. kwasy organiczne) zmiękczejają wołowinę i mięso drobiowe.

Do marynowania mięs stosuje się trzy podstawowe metody, a mianowicie zanurzenie, wstrzykiwanie i masowanie (bęnowanie) [7]. Pierwsza z nich polega na zanurzeniu mięsa w marynacie w niskiej temperaturze przez określony czas. Wstrzyknięcie polega na użyciu igieł w celu wywarcia nacisku i wprowadzenia określonej ilości płynu marynaty do mięsa. Bęnowanie polega na obracaniu mięsa w odchylonym od poziomu bębnie, podczas gdy dodawany jest płyn marynacyjny. Najprostszą i najczęściej stosowaną metodą jest zanurzenie [13].

Ocet to jeden z niewielu współczesnych produktów, który od wieków gości w kuchni, a zarazem go składnikiem o czystej etykietce. Składniki octu często odbierane są przez kubki smakowe jako kwaśne, od dawna doceniane są przez przetwórców mięsa, gdyż mają udział w zmiękczeniu, konserwowaniu, wzmacnianiu smaku, a także wpływają na barwę mięsa. Ocet zawiera wiele witamin i innych związków nieodłącznie związanych z materiałem podłoża. Niektóre z nich nadają mu charakterystyczną barwę i niepowtarzalny smak. Niektóre octy dodatkowo rozwijają kolor i smak w wyniku fermentacji lub starzenia w drewnianych beczkach [14]. Istnieje wiele odmian octu handlowego, które są często stosowane w marynatach do mięsa [15, 16].

Konsumenci domagają się mięsa i produktów mięsnych ze składnikami naturalnymi, które gwarantują wysoką jakość żywności, a im samym zapewnią zdrowie. Stosowanie naturalnych dodatków stało się bardziej atrakcyjną opcją w porównaniu z tradycyjnymi konserwantami i składnikami syntetycznymi [17]. Jako marynatę do mięsa wołowego, wieprzowego i drobiowego wykorzystuje się soki z owoców, takich jak winogrona [18], mango, ananas [19], wiśnia i śliwka [20], oraz warzyw, jak cebula, czosnek [21], imbir [22] i buraki [23]. Użycie soków owocowych w procesie marynowania poprawia właściwości teksturalne mięsa [24]. Ponadto dodanie do marynaty soku z owoców może poprawić aromat, smak, soczystość i delikatność

mięsa [7]. Marynowanie wpływa na zdolność zatrzymywania wody przez mięso, co może zwiększyć soczystość gotowego produktu. Należy jednak zauważyć, że jakość marynowanych produktów zależy od metody marynowania, rodzaju marynaty i warunków marynowania [7].

Dodawanie octu owocowego do produktów mięsnych jest praktykowane od dawna. Umieszczenie mięsa na kilka lub kilkanaście dni w marynacie z wykorzystaniem octu, soli, cukru, oleju i przypraw pozwala na poprawę cech świadczących o jakości produktu mięsnego [17, 25]. Zauważono liczne korzyści ze stosowania octu, takie jak pozytywny wpływ na cechy sensoryczne mięsa, jego barwę, smakowitość, kruchość i bezpieczeństwo mikrobiologiczne oraz poprawę trwałości produktu [1, 26–28]. Kwaśne marynowanie jest powszechnie stosowane w obróbce twardych mięs w celu poprawy ich kruchości [29]. Marynowanie w kwaśnym środowisku obniża pH mięsa, co prowadzi do poprawy jego kruchości dzięki rozpuszczalności kolagenu i miofibryli oraz pęcznieniu białek mięsnych [29].

Tekstura jest jedną z najważniejszych cech świadczących o jakości mięsa i jego produktów, wpływającą na akceptację mięsa przez konsumentów. Tekstura produktów żywnościowych zależy od ich budowy chemicznej, struktury i właściwości reologicznych. Zazwyczaj konsument oczekuje, że produkty żywnościowe będą miały odpowiednią teksturę. Gdy jest inaczej, odbierane jest to jako nieprzyjemne doznanie w ustach, co powoduje percepcję na poziomie pełnej świadomości [30]. Negatywna reakcja konsumenta na pożywienie bardzo często wyrażana jest przez słowa „nie smakuje” lub „nie jest dobre”. Badania prowadzone w latach 60. i 70. XX w. dowiodły, że konsument ma bardzo ograniczony zasób słów opisujących teksturę, bowiem wyrażenie „nie smakuje” lub „nie jest dobre” odnosi się do właściwości teksturometrycznych, a nie do smaku [31]. Tekstura żywności jest zatem ważna dla percepcji konsumentów w kontekście oceny jakości spożywanych produktów. Na odbiór tekstury składają się sensoryczne i funkcjonalne wyróżniki strukturalne i mechaniczne, które są odbierane przez zmysły konsumentów, tj. zmysł wzroku, słuchu, dotyku i kinestezji, czyli ruchu szczęk oraz języka, które tylko człowiek jest w stanie postrzegać, opisywać i oceniać [32].

Firmy działające w przemyśle spożywczym powinny poszerzać swoją wiedzę w celu zbadania atrybutów tekstury żywności. Istnieje potrzeba oceny tekstury różnych produktów spożywczych, która może dostarczyć informacji dotyczących tekstury pokarmu w ustach podczas żucia – od pierwszego kęsa do ostatecznego połknięcia [33].

Celem podjętych badań było określenie wpływu marynowania mięsa wieprzowego z wykorzystaniem fermentowanych niepasteryzowanych octów i octu spirytusowego na jego właściwości reologiczne.

Materiał i metody badań

Surowcem do badań było mięso wieprzowe, a konkretnie karkówka, kupiona w handlu detalicznym. W celu wyeliminowania ewentualnych różnic spowodowanych parametrami surowca zadbano, aby mięso to pochodziło z jednej partii produkcyjnej. Karkówkę podzielono na pięć porcji. Każdą porcję podzielono na plastry o grubości 3,0 cm. Wykrojono 40 próbek mięsa, które podzielono na 5 grup po 8 próbek. Grupę kontrolną stanowiło 8 próbek niepoddanych żadnym zabiegom. Pozostałe 32 próbki poddano działaniu octów: I – spirytusowego (pH 2,83) oraz octów niepasteryzowanych: II – jabłkowego (pH 3,24), III – gruszkowego (pH 3,72), IV – malinowego (pH 3,01).

Octy owocowe użyte do doświadczenia sporządzono z 30 g owoców, 4 g cukru oraz 100 g wody. Cukier rozpuszczono w przegotowanej wodzie, którą po schłodzeniu zalano surowiec. Nastaw był przechowywany przez 3 tygodnie w temperaturze pokojowej w przykrytych naczyniach szklanych z dostępem powietrza. Mieszano go dwa razy dziennie. Kiedy fermentacja octowa dobiegła końca, ocet zlanano z osadu i wykorzystano do badań. Do sporządzenia octów użyto świeżych owoców, pochodzących z przydomowych upraw z terenu województwa podkarpackiego, które nie były poddane żadnym zabiegom chemicznym.

Próbki marynowano w occie z wykorzystaniem metody zanurzenia. Przechowywano je przez 12 godzin w temp. 4°C w szczelnych plastikowych pojemnikach. Po zakończeniu procesu marynowania marynata stanowiła 10% masy produktu. Następnie próbki upieczono w rękawie do pieczenia w temp. 180°C do osiągnięcia wewnętrznej temp. $75 \pm 5^\circ\text{C}$. Temperatura podczas pieczenia była kontrolowana czujnikiem elektronicznym (Deiss PRO).

W ocenie próbek poddanych obróbce termicznej uwzględniono analizę profilu tekstury, którą przeprowadzono przy użyciu analizatora tekstury TexVol TVT-300XP/XPB, wyprodukowanego przez szwedzką firmę Perten Instruments. Próbki przeznaczone do testu TPA (Texture Profile Analysis) miały kształt sześcianów o boku 20 mm, które zostały wycięte ze środkowej części plastra próbki. Przed analizą pozostawiono je do wystygnięcia w temperaturze pokojowej. Materiał badawczy umieszczono na podstawie teksturometru w taki sposób, aby włókna mięśniowe ułożone były wzdłużnie do kierunku ściskania. Tłok znajdujący się nad badanymi produktami mięsnymi poruszał się ze stałą prędkością 2,0 mm/s, przyczyniając się do ściśnięcia badanej próbki, tak aby jej wysokość stanowiła 70% pierwotnej wysokości. Test TPA pozwolił zarejestrować następujące atrybuty: twardość, sprężystość, żujność, gumowatość, adhezyjność, odbojność, żyłastość. Analizę profilu tekstury dla każdej grupy wykonano dla 6 powtórzeń pomiaru siły ścinającej, po czym na podstawie zarejestrowanej krzywej wyznaczono i obliczono parametry tekstury.

Uzyskane wyniki poddano weryfikacji statystycznej za pomocą programu Statistica TIBC, wersja 13.3 (StatSoft) [34]. Różnice przyjęto jako statystycznie istotne przy poziomie istotności $p < 0,05$. Istotność różnic między średnimi wartościami badanych cech oszacowano za pomocą testu Duncana.

Wyniki i dyskusja

Tekstura jest jedną z najważniejszych miar jakości mięsa i produktów mięsnych dla konsumentów. Liczba białek miofibrylarnych, kolagenu, tłuszczu i błonnika w produktach poddanych obróbce cieplnej zmienia się w zależności od warunków ich przygotowania [35]. Tabela 1 przedstawia wyniki analizy profilu tekstury badanych próbek.

Proces marynowania różnymi rodzajami octu miał znaczący ($p < 0,05$) wpływ na wartość adhezyjności, odbojności i żylastości, ale nie na ich twardość, sprężystość, żujność oraz gumowatość ($p > 0,05$), co pokazało porównanie z próbkami kontrolnymi.

Twardość to siła konieczna do uzyskania określonej deformacji produktu lub dokonania penetracji w głąb. Badania własne wykazały, że najwyższą twardość (I, II oraz dwóch cykli ściskania) mierzoną siłą cięcia miały próbki marynowane w occie malinowym ($p < 0,05$). Natomiast próbki mięsa niepoddane marynowaniu oraz te marnowane w occie spirytusowym, jabłkowym i gruszkowym charakteryzowały się podobną twardością (Tabela 1).

W badaniach Fencioğlu i wsp. [1] dotyczących wpływu marynowania różnymi rodzajami octu (balsamicznym, z granatów, jabłkowym i winogronowym) nie zaobserwowano istotnych różnic między marynowanymi i gotowanymi stekami wołowymi pod względem twardości. Autorzy [1] stwierdzili, że proces marynowania przy użyciu różnych rodzajów octu nie miał znaczącego wpływu na twardość steków. Efekt kwaśnych marynat polegający na zmiękczeniu mięsa jest spowodowany dwoma odrębnymi mechanizmami. Pierwszy z nich, którym jest obrzęk włókien mięśniowych i tkanki łącznej, pozwala na rozcieńczenie ilości materiału odpornego na obciążenia, dzięki czemu kruchość i obrzęk osiągają maksimum w tych samych warunkach. Według Burke i Monahan [36] inny mechanizm można przypisać katepsynom. Optymalne pH dla katepsyn wynosi od 3,5 do 5,0, a obniżenie pH mięsa w kwaśnej marynacie może znacznie zwiększyć efekt proteolityczny katepsyn [36]. Zauważono jednak, że gdy mięso jest zanurzone w roztworach kwasowych, produkt może być twardszy z powodu usunięcia bulionu [37]. W badaniach własnych zaobserwowano wzrost twardości próbek marynowanych w occie malinowym.

Tänavots i wsp. [38] stwierdzili, że próbki marynowane w roztworze o podwyższonej kwasowości po ugotowaniu okazały się twardsze. Siła ścinająca próbki poddane działaniu octu jabłkowego i marynat z octu białego wina wzrastała aż do

trzeciego dnia dojrzewania. Autorzy [38] zauważyli, że efekt hartowania był największy w przypadku próbek marynowanych w occie jabłkowym. Natomiast próbki marynowane w occie winnym osiągnęły ten sam poziom w siódmym dniu dojrzewania. W odróżnieniu od marynat o niskim pH, zarówno marynaty kefirowe, jak i musztardowo-miodowe spowodowały, że próbki mięsa po siedmiu dniach dojrzewania stały się nieco bardziej miękkie.

Tabela 1. Wpływ marynowania z wykorzystaniem fermentowanych niepasteryzowanych octów na właściwości reologiczne mięsa wieprzowego.

Table 1. Effect of marinating with fermented unpasteurized vinegars on the rheological properties of pork meat.

Parametry/ Parameter		Grupa/ Group					Wpływ/ Effect
		K	I	II	III	IV	
Twardość (N) Hardness	I	58,31 ± 25,23a	66,92 ± 8,58	77,12 ± 6,75	66,26 ± 18,53	84,64 ± 22,71b	NS
	II	68,12 ± 26,61a	74,94 ± 7,27a	86,00 ± 7,76	75,54 ± 21,30a	95,41 ± 22,74b	NS
	I-II	63,22 ± 26,61a	70,93 ± 7,56	81,56 ± 7,22	70,90 ± 19,89	90,02 ± 22,72b	NS
Sprężystość (-) Springiness		0,87 ± 0,06	0,93 ± 0,05a	0,88 ± 0,08	0,96 ± 0,08a	0,79 ± 0,13b	*
Żujność (N) Chewiness		32,64 ± 19,04	36,17 ± 4,80	37,56 ± 5,39	34,97 ± 12,03	39,39 ± 11,05	NS
Gumowatość (N) Gumminess		36,71 ± 19,79a	39,27 ± 4,89	42,64 ± 5,07	36,20 ± 10,74a	51,07 ± 16,17b	NS
Adhezyjność (mJ) Adhesiveness		0,02 ± 0,05a	0,21 ± 0,17	0,42 ± 0,58b	0,00 ± 0,00a	0,52 ± 0,35b	*
Odbojność (-) Resilience		0,46 ± 0,38a	0,20 ± 0,05b	0,16 ± 0,02b	0,17 ± 0,04b	0,17 ± 0,05b	*
Żylastość (-) Stringiness		0,35 ± 0,55a	1,60 ± 1,04ab	2,33 ± 2,44bc	0,07 ± 0,00a	3,66 ± 2,38c	*

Grupa: K (kontrolna) – niemarynowana, I – marynowana w occie spirytusowym, II – marynowana w occie jabłkowym, III – marynowana w occie gruszkowym, IV – marynowana w occie malinowym

Objaśnienie: (średnia ± SD) wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$; * wpływ statystycznie istotny danego parametru ($p < 0,05$); NS – brak istotności statystycznej ($p > 0,05$)

Group: K (control) – unmarinated, I – marinated in spirit vinegar, II – marinated in apple cider vinegar, III – marinated in pear vinegar, IV – marinated in raspberry vinegar

Explanation: (mean ± SD) mean values marked with different letters in rows are statistically significantly different at $P < 0.05$; * statistically significant effect of a given parameter ($P < 0.05$); NS – no statistical significance ($P > 0.05$)

Źródło: badania własne.

Source: own research.

W niektórych badaniach opisanych w literaturze [36, 39] odnotowano, że mięso zanurzone w kwaśnych marynatach (a zatem o pH poniżej 5,0) wchłania wodę, ma mniejsze straty podczas gotowania i jest mniej jędrne niż mięso z grupy kontrolnej. Uwzględniając warunki marynowania (rodzaj i długość marynowania itp.) przy użyciu różnych rodzajów octu oraz wysoką wartość pH, wynikającą z gotowania przeprowadzonego po zakończeniu procesu marynowania, zakłada się, że nie ma znaczącej różnicy w twardości próbek [1]. Ponadto stwierdzono, że jednym z ważnych czynników wpływających na twardość próbek mięsa jest zawartość wody w próbkach i jej utrata [40].

W badaniach Sengun i wsp. [41], których celem było określenie wpływu organicznych octów owocowych (jeżynowego, z granatu, różanego i winogronowego) na wołowinę, proces marynowania octami skutecznie zmniejszał twardość próbek mięsa. Sharedeh i wsp. [42] oraz Gault [43] stwierdzili, że mięso marynowane przez zanurzenie w kwaśnych marynatach miało pH poniżej 5,0 i było mniej twarde niż mięso z próby kontrolnej. Żochowska-Kujawska i wsp. [44] stwierdzili, że marynowanie w winie, soku z cytryny, kefirze lub soku ananasowym wpływa na zmniejszenie twardości dziczyzny. Nie stwierdzono jednak istotnego wpływu rodzaju marynaty na twardość steków po ich obróbce w temp. 80°C. Badania przeprowadzone przez Kumara i wsp. [45] wykazały, że spadek pH w wyniku zastosowania kwaśnych marynat pozytywnie wpływa na teksturę, zwiększając wchłanianie wody przez mięso drobiowe. Augustyńska-Prejsnar i wsp. [46] nie stwierdzili wpływu marynowania sokiem z cytryny na twardość mierzoną siłą cięcia na mięso z indyka zarówno w próbkach surowych, jak i pieczonych.

Sprężystość to szybkość, z jaką materiał zdeformowany powraca do swojej pierwotnej postaci po czynności usunięcia obciążenia deformującego. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono istotny wpływ rodzaju użytego octu na sprężystość karkówki pieczonej ($p < 0,05$) (Tabela 1). Podobną sprężystością charakteryzowały się próbki marynowane w occie spirytusowym i gruszkowym i były to wartości istotnie różne od próbek marynowanych octem malinowym.

Fencioglu i wsp. [1], którzy przeprowadzili badania dotyczące wpływu marynowania mięsa przy użyciu różnego rodzaju octu (balsamicznego, z granatów, jabłkowego i winogronowego), stwierdzili, że rodzaj octu miał znaczący wpływ tylko na sprężystość próbek, ale nie na ich twardość, spoistość lub żuwalność. Autorzy [1] zanotowali, że najniższe wartości sprężystości miały steki marynowane w occie balsamicznym i winogronowym; najwyższe wartości sprężystości miały steki z grupy kontrolnej i steki marynowane w occie z granatów.

Przeżuwalność to energia niezbędna do rozdrobnienia produktu celem przełknięcia go. Żujność jest opisywana przez iloczyn trzech parametrów, takich jak: twardość, sprężystość, spoistość. Jest zatem oczywiste, że żujność będzie silnie skorelowana z twardością.

Najniższą wartością parametru reologicznego – żujność ($32,64 \pm 19,04$ N) charakteryzowały się próbki kontrolne, natomiast próbki marynowane octem miały wyższe wartości tej cechy, jednak nie stwierdzono wpływu rodzaju zastosowanego octu na przeżuwalność karkówki pieczonej ($p > 0,05$) (Tabela 1). Podobne wyniki uzyskali Fencioğlu i wsp. [1] w badaniach dotyczących wpływu marynowania różnymi rodzajami octu (balsamicznym, z granatów, jabłkowym i winogronowym), którzy zanołowali, że próbki pod względem żujności nie różniły się istotnie statystycznie. Dilek i wsp. [47], którzy badali wpływ marynowania różnymi octami (aroniowym, winogronowym i glogowym) na właściwości teksturalne mięsa kurcząt, odnotowali, że twardość i żujność była najniższa w próbkach marynowanych octem winogronowym.

Termin „gumowatość” określa energię niezbędną do doprowadzenia produktu półstałego do stanu zdatnego do połknięcia. Pod względem gumowatości najwyższy wynik odnotowano dla próbki macerowanej octem malinowym ($51,07 \pm 16,17$ N), zaś najmniejszą gumowatość stwierdzono dla próbek, które macerowano octem gruszkowym ($36,20 \pm 10,74$ N) i były to wartości istotnie różne ($p < 0,05$) (Tabela 1).

Onopiuk i wsp. [48] wykazali, że gumowatość próbek mięsa wynosiła od 20,14 do 28,32 w porównaniu z naszymi wynikami, przy czym różnice w wartości tego parametru mogą wynikać z rodzaju składników marynaty oraz metody przygotowania mięsa (grillowanie).

W badaniach Augustyńskiej-Prejsnar i wsp. [49] dotyczących marynowania mięsa drobiowego (brojlerów) dowiedziono, że wartości parametrów tekstury, tj. twardości, gumowatości i przeżuwalności (z wyłączeniem sprężystości), uległy obniżeniu w wyniku marynowania w kwaśnych marynatach. Wykazano [49], że marynowanie w serwatce korzystnie wpływa na zmniejszenie twardości zarówno surowych, jak i grillowanych mięśni piersiowych, co pokazało porównanie do mięsa drobiowego marynowanego w soku cytrynowym. Zastosowanie soku z cytryny spowodowało, że żujność (zarówno produktu surowego, jak i po obróbce cieplnej) oraz gumowatość (produktu grillowanego) istotnie zmniejszyła się w porównaniu do tych parametrów mięsa drobiowego marynowanego w serwatce. Badania własne nie potwierdzają obniżenia takich parametrów jak twardość, gumowatość i przeżuwalność w wyniku marynowania w kwaśnych marynatach.

Adhezyjność to siła konieczna do oderwania danej substancji od podłoża lub rozprowadzenia jej po danym podłożu. Wyższe wartości adhezyjności świadczą o większej zdolności przylegania produktu, jak to jest w przypadku próbek II oraz IV, które różnią się istotnie wobec próbki kontrolnej oraz próbki III (Tabela 1).

Kolejnym mechanicznym parametrem oceny tekstury była odbojność, czyli zdolność ciała do powrotu do wyjściowej formy po uprzednim ściśnięciu. Najwyższą wartością tego parametru charakteryzowała się próbka kontrolna ($0,46 \pm 0,38$) i była to wartość statystycznie różna od pozostałych badanych próbek (Tabela 1).

Unal i wsp. [50] nie zaobserwowali wpływu marynowania octem aroniowym, winogronowym i głogowym na poprawę jakości tekstury mięsa wołowego, pochodzącego od 9-letniego bydła rasy holsztyńskiej. Wartości parametrów mięsa, tj.: sprężystości, spoistości, odbojności i przeżuwalności, nie uległy zmianie przy użyciu tych marynat. Ci sami autorzy wykazali wpływ marynowania przy użyciu różnego rodzaju octu na parametry próbek wołowych. Wołowina marynowana w occie winogronowym i głogowym odznaczała się mniejszą twardością w porównaniu z grupą kontrolną i wołowiną marynowaną w occie aroniowym. Autorzy [50] twierdzą, że jest to prawdopodobnie spowodowane kwasowością octu.

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono wpływ rodzaju zastosowanych octów na żylastość karkówki pieczonej. Najwyższą wartością tego parametru charakteryzowały się próbki macerowane octem malinowym ($3,66 \pm 2,38$) i była to wartość statystycznie różna od próbki kontrolnej oraz próbek I i III (Tabela 1).

Uważa się, że różnice między badaniami dotyczącymi właściwości reologicznych wynikają z różnic w gatunku zwierząt, rodzaju mięsa, warunków marynowania (rodzaj marynaty, rodzaj marynowania, temperatura, rozmiar itp.) oraz warunków gotowania (metoda, temperatura, czas gotowania itp.) [1].

Podsumowanie

Wyniki niniejszego badania pokazują, że stosowanie octu w marynowaniu karkówki wieprzowej wpływa na cechy reologiczne mięsa w zależności od rodzaju użytego octu. Proces marynowania przy użyciu różnych rodzajów octu miał znaczący ($p < 0,05$) wpływ na adhezyjność, odbojność i żylastość, ale nie na ich twardość, sprężystość, żujność oraz gumowatość ($p > 0,05$), co pokazało porównanie z próbkami kontrolnymi. Użycie octu malinowego w procesie marynowania spowodowało wzrost twardości i gumowatości oraz zmniejszenie wartości odbojności w porównaniu do próbek z grupy kontrolnej. Proces marynowania przy użyciu octu spirytusowego, jabłkowego, gruszkowego oraz malinowego wpłynął na zmniejszenie odbojności w porównaniu do próbek z grupy kontrolnej. Tekstura żywności wymaga ciągłej analizy oraz badań, ponieważ jest to ważna cecha, która wpływa na to, czy dany produkt jest akceptowany, czy odrzucany przez konsumenta.

Artykuł powstał w ramach dofinansowania z Funduszu Stypendialnego im. Stanisława Pigonia Państwowej Akademii Nauk Stosowanych w Krośnie (PANS.SP.47.2023).

Literatura

- [1] Fencioglu H., Oz E., Turhan S., Proestos C., Oz, F., The Effects of the Marination Process with Different Vinegar Varieties on Various Quality Criteria and Heterocyclic Aromatic Amine Formation in Beef Steak, *Foods*, 2022, 11, s. 3251.
- [2] Murphy M.M., Spungen J.H., Bi X., Barraj L.M., Fresh and fresh lean pork are substantial sources of key nutrients when these products are consumed by adults in the United States, *Nutrition Research*, 2011, 31(10), s. 776–783.
- [3] Li Y.X., Cabling M.M., Kang H.S., Kim T.S., Yeom S.C., Sohn Y.G., Kim S.H., Nam K.C., Seo K.S., Comparison and correlation analysis of different swine breeds meat quality, *Asian-Australas Journal of Animal Science*, 2013, 26, s. 905–910.
- [4] Saengsuk N., Laohakunjit N., Sanporkha P., Kaisangsri N., Selamassakul O., Ratana-khanokchai K., Uthairatanakij A., Physicochemical characteristics and textural parameters of restructured pork steaks hydrolysed with bromelain, *Food Chemistry*, 2021, 361, 130079.
- [5] Demir H., Çelik S., Çelebi Sezer Y., Effect of ultrasonication and vacuum impregnation pretreatments on the quality of beef marinated in onion juice a natural meat tenderizer, *Food Science and Technology International*, 2022, 28(4), s. 340–352.
- [6] Mozurienne E., Bartkiene E., Krungleviciute V., Zadeike D., Juodeikiene G., Damasius J., Baltusnikiene A., Effect of natural marinade based on lactic acid bacteria on pork meat quality parameters and biogenic amine contents, *LWT – Food Science and Technology*, 2016, 69, s. 319–326.
- [7] Alvarado C., McKee S., Marination to Improve Functional Properties and Safety of Poultry Meat, *Journal of Applied Poultry Research*, 2007, 16(1), s. 113–120.
- [8] Xargayó M., Lagares J.E., Fernández D., Borrell D., Junca G., Solution for Improving meat texture. Influence of spray injection on the organoleptica and sensory characteristics, *Fleis-Chwirtschaft International*, 2004, 2, s. 68–74.
- [9] Augustyńska-Prejsnar A., Sokołowicz Z., Wpływ marynowania na jakość mięśni piersiowych kurcząt brojlerów po obróbce termicznej, *Postęp Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2016, 1, s. 22–26.
- [10] Aktaş N., Aksu M., Kaya M., The effect of organic acid marination on tenderness, cooking loss and bound water content of beef, *Journal of Muscle Foods*, 2003, 14, s. 181–194.
- [11] Birk T., Grønlund A.C., Christensen B.B., Knøchel S., Lohse K., Rosenquist H., Effect of organic acids and marination ingredients on the survival of *Campylobacter jejuni* on meat, *Journal of Food Protection*, 2010, 73, s. 258–265.
- [12] Bowker B., Callahan J., Solomon M., Effects of hydrodynamic pressure processing on the marination and meat quality of turkey breasts, *Poultry Science*, 2010, 89, s. 1744–1749.
- [13] Beltran-Cotta L.A., Trevisan Passos R.S.F., Costa N.P., Barreto B.G., Veloso A.C., Costa M., da Silva A., da Costa M.P., Cavalheiro C.P., Use of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) in marination: Effect on quality properties of Boston butt pork during refrigerated storage, *Meat Science*, 2023, 24, 109257.

- [14] Park N.Y., Hong S.H., Yoon K.S., Effects of commercial marinade seasoning and a natural blend of cultured sugar and vinegar on *Campylobacter jejuni* and *Salmonella typhimurium* and the texture of chicken breasts, *Poultry Science*, 2014, 93, s. 719–727.
- [15] Karam L., Chehab R., Osaili T.M., Savvaidis I.N., Antimicrobial effect of thymol and carvacrol added to a vinegar-based marinade for controlling spoilage of marinated beef (Shawarma) stored in air or vacuum packaging, *International Journal of Food Microbiology*, 2020, 332, 108769.
- [16] Crist C.A., Williams J.B., Osaili T.M., Schilling M.W., Hood A.F., Impact of sodium lactate and vinegar derivatives on the quality of fresh Italian pork sausage links, *Meat Science*, 2014, 96, s. 1509–1516.
- [17] Gómez I., Janardhanan R., Ibañez F.C., Beriain M.J., The effects of processing and preservation technologies on meat quality: Sensory and nutritional aspects, *Foods*, 2020, 9, 1416.
- [18] Sengun I.Y., Goztepe E., Ozturk B., Efficiency of marination liquids prepared with koruk (*Vitis vinifera* L.) on safety and some quality attributes of poultry meat, *LWT – Food Science and Technology*, 2019, 113, 108317.
- [19] Rupasinghe R.A., Alahakoon A.U., Alakolanga A.W., Jayasena D.D., Jo C., Oxidative Stability of Vacuum-Packed Chicken Wings Marinated with Fruit Juices during Frozen Storage, *Food Science of Animal Resources*, 2022, 42(1), s. 61–72.
- [20] Nour V., Effect of Sour Cherry or Plum Juice Marinades on Quality Characteristics and Oxidative Stability of Pork Loin, *Foods*, 2022, 11(8), 1088.
- [21] Kim Y., Jin S., Park W., Kim B., Joo S., Yang H., The effect of garlic or onion marinade on the lipid oxidation and meat quality of pork during cold storage, *Journal of Food Quality*, 2010, 33, s. 171–185.
- [22] Kaewthong P., Wattanachant C., Wattanachant S., Improving the quality of barbecued culled-dairy-goat meat by marination with plant juices and sodium bicarbonate, *Journal Food Science of Technology*, 2021, 58(1), s. 333–342.
- [23] Singh P.K., Neeraj S., Ojha B.K., Enzymes in the meat industry, *Enzymes in Food Biotechnology*, 2019, s. 111–128.
- [24] Mohd Azmi S.I., Kumar P., Sharma N., Sazili A.Q., Lee S.J., Ismail-Fitry M.R., Application of Plant Proteases in Meat Tenderization: Recent Trends and Future Prospects, *Foods*, 2023, 2(6), 1336.
- [25] Gök V., Bor Y., Effect of marination with fruit and vegetable juice on some quality characteristics of turkey breast meat, *Brazilian Journal of Poultry Science*, 2016, 18, s. 481–488.
- [26] Gargi A., Sengun I.Y., Marination liquids enriched with probiotics and their inactivation effects against food-borne pathogens inoculated on meat, *Meat Science*, 2021, 182, 108624.
- [27] Ozturk B., Sengun I.Y., Inactivation effect of marination liquids prepared with koruk juice and dried koruk pomace on *Salmonella Typhimurium*, *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* inoculated on meat, *International Journal Food Microbiology*, 2019, 304, s. 32–38.

- [28] Lopes S.M., da Silva D.C., Tondo E.C., Bactericidal effect of marinades on meats against different pathogens: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2022, 62, s. 7650–7658.
- [29] Kim H.W., Hwang K.E., Song D.H., Kim Y.J., Lim Y.B., Choi J.H., Kim C.J., Effects of soy sauce on physicochemical and textural properties of tumbled chicken breast, *Poultry Science*, 2014, 93(3), s. 680–686.
- [30] Mazur J., *Tekstura żywności, Przemysł Spożywczy*, 2007, 61(5), s. 6–10.
- [31] Szcześniak A.S., Classification of textural characteristics, *Journal of food Science*, 1963, 28(4), s. 385–389.
- [32] Surmacka-Szcześniak A., Texture is a sensory property, *Food Quality and Preference*, 2002, 13(3), s. 215–225.
- [33] Rustagi S., Food Texture and Its Perception, Acceptance and Evaluation, *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 2020, 17(03), s. 651–658.
- [34] Program Statistica TIBC, wersja 13.3 (StatSoft).
- [35] Oztürk T., Potential Use of Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) Seed Flour as Fat Replacer and Functional Ingredient in the Meatball Production, Master's Thesis, Ondokuz Mayıs University, Atakum, Samsun, Turkey, 2019.
- [36] Burke R., Monahan F., The tenderisation of shin beef using a citrus juice marinade, *Meat Science*, 2003, 63, s. 161–168.
- [37] Aguilera J.M., Stanley D.W., *Microstructural Principles of Food Processing and Engineering*, Springer Science & Business Media, Berlin/Heidelberg 1999.
- [38] Tänavots A., Pöldvere A., Kerner K., Veri K., Kaart T., Torp J., Effects of mustard-honey, apple vinegar, white wine vinegar and kefir acidic marinades on the properties of pork, *Veterinary Ir Zootechnika*, 2018, 76, s. 98.
- [39] Onenç A., Serdaroglu M., Abdraimov K., Effect of various additives to marinating baths on some properties of cattle meat, *European Food Research Technology*, 2004, 218, s. 114–117.
- [40] Zhang Y., Zhang D., Huang Y., Chen L., Bao P., Fang H., Xu B., Zhou C., Effects of basic amino acid on the tenderness, water binding capacity and texture of cooked marinated chicken breast, *LWT – Food Science and Technology*, 2020, 129, 109524.
- [41] Sengun I.Y., Yildiz Turp G., Cicek S.N., Avci T., Ozturk B., Kilic G., Assessment of the effect of marination with organic fruit vinegars on safety and quality of beef, *International Journal of Food Microbiology*, 2021, 336, 108904.
- [42] Sharedeh D., Gatellier P., Astruc T., Daudin J.D., Effects of pH and NaCl levels in a beef marinade on physicochemical states of lipids and proteins and on tissue microstructure, *Meat Science*, 2015, 110, s. 24–31.
- [43] Gault N.F.S., The relationship between water-holding capacity and cooked meat tenderness in some beef muscles as influenced by acidic conditions below the ultimate pH, *Meat Science*, 1985, 15, s. 15–30.
- [44] Żochowska-Kujawska J., Lachowicz K., Sobczak M., Effects of fibre type and sensory properties of wildboar and deer longissimus muscle, *Meat Science*, 2012, 92, s. 675–680.

- [45] Kumar Y., Singh P., Pandey A., Kumar Tanwar V., Kumor R.R., Augmentation of meat quality attributes of spent hen breast muscle (*Pectoralis Major*) by marination with lemon juice visavis ginger extract, *Journal Animal Research*, 2017, 7(3), s. 523–529.
- [46] Augustyńska-Prejsnar A., Hanus P., Sokołowicz Z., Kačániová M., Assessment of technological characteristics and microbiological quality of marinated turkey meat with the use of dairy products and lemon juice, *Animal Bioscience*, 2021, 34(12), s. 2003–2011.
- [47] Dilek N.M., Babaoğlu A.S., Unal K., Ozbek C., Pırlak L., Karakaya M., Marination with aronia, grape and hawthorn vinegars affects the technological, textural, microstructural and sensory properties of spent chicken meat, *British Poultry Science*, 2023, 64(3), s. 357–363.
- [48] Onopiuk A., Kołodziejczak K., Marcinkowska-Lesiak M., Wojtasik-Kalinowska I., Szpicer A., Stelmasiak A., Poltorak A., Influence of Plant Extract Addition to Marinades on Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Formation in Grilled Pork Meat, *Molecules*, 2022, 27, s. 175.
- [49] Augustyńska-Prejsnar A., Ormian M., Sokołowicz Z., Rogowska A., Effect of Marinating Broiler Chicken Meat with Acid Whey on Product Quality and Consumer Acceptance, *Żywność – Nauka – Technologia – Jakość*, 2019, 26, 1(118), s. 125–136.
- [50] Unal K., Babaoğlu A.S., Karakaya M., Improving the textural and microstructural quality of cow meat by black chokeberry, grape, and hawthorn vinegar-based marination, *Food Science & Nutrition*, 2023, 11, s. 6260–6270.

The influence of nitrogen fertilizer treated with low-temperature, low-pressure glow plasma on the growth and quality of selected species

Wpływ nawozów azotowych traktowanych niskotemperaturową, niskociśnieniową plazmą jarzeniową na wzrost i jakość wybranych gatunków

Wojciech Ciesielski¹, Tomasz Girek¹, Wiktor Oszczęda²,
Zdzisław Oszczęda², Elżbieta Pisulewska³, Piotr Tomasiak²

¹ Institute of Chemistry, Jan Długosz University, 13/15 Armii Krajowej Ave., 42-200 Częstochowa, Poland

² Nantes Nanotechnological Systems, 21, Dolne Młyny Street, 59-700 Bolesławiec, Poland

³ State University of Applied Sciences in Krosno, Rynek 1, 38-400 Krosno, Poland, e-mail: elzbieta.pisulewska@gmail.com

Keywords: ammonia, dill Moravan, grass universal, low-temperature, low pressure glow plasma, strawberry Senga Sengana

Słowa kluczowe: amoniak, koperek odm. Moravan, niskotemperaturowa niskociśnieniowa plazma jarzeniowa, mieszanka traw Uniwersal, truskawka odm. Senga Sengana

Summary

Water treated with low-pressure glow plasma of low frequency takes unique properties which might be utilized as a novel, beneficial nitrogen fertilizer. That assumption is tested in this report. Thus, plantations of dill (*Anethum graveolens*) var. Moravan, grass Universal (5% westerwold ryegrass (*Lolium multiflorum*), 20% tall fescue (*Festuca arundinacea*), 40% perennial ryegrass (*Lolium perenne*), 35% red fescue (*Festuca rubra*) and strawberry (*Fragaria*) var. Senga Sengana were watered with that nitrogen fertilizer (LPGPAm) prepared of 1% ammonia solution in tap water treated for 30 min with plasma generated at 38°C at 5×10^{-3} mbar, 800 V, 50 mA and 10 kHz frequency. Watering lasted from August 1th (sowing) till September 30th (harvesting) 2023 in a greenhouse. The effect of the use of watering plants with LPGPAm was checked involving the following parameters: plant height, mass of stems, total mass of crops, content of fat, proteins, carotenoids, ascorbic acid, sulphur content chlorophyll, content of dry mass, and ash and bioaccumulation of cations and anions.

Streszczenie

Woda traktowana niskociśnieniową plazmą jarzeniową o niskiej częstotliwości przybiera unikalne właściwości, które sprawiają, iż mogłyby być stosowana jako nowy, wartościowy nawóz azotowy. Niniejsza praca służy sprawdzeniu tego założenia. Uprawy kopru ogrodowego (*Anethum graveolens*) odm. Moravan, mieszanki traw Uniwersal (skład: 5% życica westerwoldzka (*Lolium multiflorum*), 20% kostrzewa trzcinowa (*Festuca arundinacea*), 40% życica trwała (*Lolium perenne*), 35% kostrzewa czerwona (*Festuca rubra*)) i truskawki (*Fragaria*), odm. Senga Sengana, podlewano nawozem azotowym (LGPAm), sporządzonym z 1% roztworu amoniaku w wodzie kranowej, traktowanego przez 30 min plazmą generowaną w 38°C przy 5×10^{-3} mbar, 800 V, 50 mA and częstotliwości 10 kHz. Podlewanie trwało od 1 sierpnia (zasianie) do 30 września (zbiór) 2023 r. w inspektach. Badano wpływ podlewania roślin za pomocą LGPAm, sprawdzając następujące parametry: wysokość roślin, masę łodyg, całkowitą masę plonów, zawartość tłuszczu, białek, karotenoidów, kwasu askorbinowego, siarki, chlorofilu, zawartość suchej masy i popiołu oraz bioakumulację kationów i anionów.

Introduction

Our former paper [1] demonstrates application of water treated under ammonia with low-temperature, low pressure glow plasma (LPGP) [2,3] in successful removal of temporary and permanent water hardness. In contact with such water (LGPAm) even scale developed from hard water on various surfaces could be removed. These effects involved formation of smaller clathrates from LPGP treated water in which ammonia was arrested as the guest molecules. It was postulated that ammonia guest molecules could form with water NH_4^+ cations. Additionally, the effect of the electromagnetic field generated by the source of LPGP could rise the guest molecules to their excited states. Therefore, the application of LGPAm as nitrogen fertilizer was also suggested. It is known that the macrostructure of LPGP treated water and, hence, its functional properties strongly depend on the treatment time. In this study LGPAm was prepared by 30 min exposure of the solution to LPGP. It is the most stable product containing the highest level of water molecules vibrating symmetrically [4]. There are several nitrogen fertilizers in use [5]. Unfortunately, their production and application is not always environmentally benign. It is accompanied with evolution of solid and/or volatile waste. In case of fossil fertilizers interaction with environment should be taken into account. In this paper suggestion of a suitability of LGPAm as an ecologically benign nitrogen fertilizer is proven. Dill, grass and strawberries were taken as model plants. Selection of those plants for test objects in this paper results from the author's current large

scale cultivation of those plants for practical purposes. They are also cultivate in backyard gardens. Garden dill (*Anethum graveolens*) belongs to the celery family (*Apiaceae*). Moravan variety is cultivated as a herb. That variety growths fast and can be sowed several times in the period from March till the middle of September. It propagates well and its single stems reach up to 1m. Its leafs are appreciated for its productivity and nutritional value. For its intensive, pleasant aroma, the plant itself as well an oil extracted from it is widely used as a spice [6].

Composition of commercially available universal grass called also the lown grass varies depending on properties of support and its destination. For instance, Universal grass Centnas used to be applied for sowing on all kinds of support. It can be utilized for arranging lawn grass, sowing on roadsides and other production of rolled lawn [7]. Various blends of grasses are very useful in so-called intelligent cities [8,9]. Usually, such blends contain three varieties of darnel (perennial ryegrass ~10%, multiflora ryegrass wester Estanzuela 284 ~ 15% and multiflora ryegrass Turtetra ~45%) as well as two varieties of fescue (tall fescue Starlet ~15% and red fescue Maxima ~15%). Such mixtrue well tollerates pruning [7]. Strawberry (*Fragaria x ananassa*) belongs to family Rosacea. For its fertility experiments were performed with the medium late variety Senga Sengana. Resistance of its root system to diseases, nematodes and to drought were also essential factor in favour that variety [10].

Materials and Methods

Materials

Plants – dill (*Anethum graveolens*) var. Moravan: Seeds were obtained from W. Legutko Breeding And Seed Company, Jutrosin, Poland, BK 1007-08302-MON, 2022 were used.

Strawberry (*Fragaria*) var. Senga Sengana: The seedlings were used exclusively for hobby gardening, produced by the Szkołka Sadzonek Truskawek Niewczas, 2022.

Grass mixture Universal: 5% westerwold ryegrass (*Lolium multiflorum*), 20% tall fescue (*Festuca arundinacea*), 40% perennial ryegrass (*Lolium perenne*), 35% red festuce (*Festuca rubra*): seeds only for hobby gardening manufactured by Centnas Poland, 2022 were used.

Water – Tap water from Częstochowa municipal supply system had pH 7,6, EMF= 351,8±0,3 mV and conductivity g=0,444±0,004 mS, It contained totally 672,28 mg minerals/L (193,27 mg Ca²⁺/L, 46,21 mg Mg²⁺/L, 23,18 mg Na⁺/L, 5,27 mg K⁺/L, 351,90 mg HCO₃⁼/L, 51,20 mg SO₄⁼/L, 6,52 mg Cl⁻/L, 40µg Fe/L).

Gases – Ammonia solution from Merck (EC No.: 231-635-3) was used

Substrate – was composed of medium size turf fraction Florabalt® Pot Medium-Coarse (Floragard, Oldenburg, Federal Republic of Germany). The medium of pH 5.6, contained 1,2 g/L total salts including 210 mg N/L, 120 mg P₂O₅/L, 260 mg K₂O/L and 0,258% S. It was supplemented with multicomponent PG-Mix 18-10-20 fertilizer (1,20 kg/m³) (Yara, Oslo, Norway).

Methods

Cultivation

The monofactorial experiment was carried out from August 1th (sowing) till September 30th (harvesting) 2023 in a greenhouse. Temperature in the greenhouse was set for 22 and 18°C during the day and night, respectively. The day time took 16 h since the sunup. The passing from the day into the night regime was controlled with computer. The automatic additional 16 h illumination with sodium lamps was used when natural light intensity decreased below 100 W/m². The experiment involved three sets of trays with 24 pots each. Ten seeds of the plant were sown into every pot. In one series of experiments 2 multiplates hosted 300 plants. In order to eliminate parietal effect 60 plants on the edge of trays were left apart and, therefore, only 240 plants were harvested. Since the experiments were run in triplicates maximum 720 plants were collected for a given series.

The watering was adjusted according to tensiometer readings (Irrrometer model SR 150 mm) when soil water tension was < -40 kPa. The plants were watered by hand to avoid the accidental contact of water with leaves. Initially, plants consumed totally 3L water, that is 1L per each replication in the 5 day period until March 24th. In the subsequent 1 month period the watering was intensified and the same amount of water was administered to the plants in 3 day periods. In the final period of breeding plants were watered daily consuming the same amount of water. In such manner the watering consumed totally 40 mL each kind water daily. The experiment terminated on September 30th when the plants were collected. The plants were then dried at 105°C for 4 hours to determine dry mass of the crops.

Saturation of water with ammonia

Ammonia solution was added to tap water to provide the 1% solution.

Treating water with low-temperature, low-pressure glow plasma (LPGP)

Water (200 mL) saturated with ammonia was placed in 250 mL glass bottles. The whole was placed in the chamber of the reactor and exposed to GP for 30 min. Plasma of 38°C was generated at 5×10^{-3} mbar, 800 V, 50 mA and 10 kHz frequency. The produced water was stored at ambient temperature in 100 mL closed teflon containers served as a standard.

Estimation of crop yield

Weights of samples were measured with Analytical laboratory scale RADWAG AS 220.R2 (Radom, Poland) with precision of $\pm 0,0001\text{g}$.

Estimation of dry mass

Samples were 24 h dried at 100-105°C. Weights of samples were measured with Analytical laboratory scale RADWAG AS 220.R2 (Radom, Poland) with precision of $\pm 0,0001\text{g}$.

Estimation of ash

In a vessel weighed with the 0,0002 g precision a substance was weighed with the same precision and the whole was inserted for 10 min into a front of an oven heated to 815°C. Subsequently, the vessel with the sample was shifted (2 cm/min) into the central region of the chamber. After returning the temperature of the oven to 815°C the analysed sample was maintained inside the chamber for further 25 min. After that time the sample was left in the open for cooling to room temperature than weighed with the 0,0002 g precision.

Fat content

A sample thoroughly disintegrated in a mortar was weighed ($5\text{ g} \pm 1\text{ mg}$) then blended with anh. Na_2SO_4 (5 g) and transferred into extracting casing filling it in no more in $3/4^{\text{th}}$ its height. The filled casing was closed with a fat-free cotton wool. The 3 h extraction with n-hexane (200 mL) was carried out in an Soxhlet apparatus equipped in a flask for collecting extract weighed with the $\pm 1\text{ mg}$ precision. After that time, acetone (2 mL) was added to the flask with the extract cooled to room temperature. On blowing a stream of nitrogen the whole was slowly heated to remove acetone and n-hexane. The flask with extract was heated for 10 min in a drying box at 103°C then left in a desiccator for cooling to room temperature followed by weighing. The fat content (H) [g/100g or %] was estimated using Eq. (1)

$$H = [(m_2 - m_1)/m_0] \cdot 100 \quad (1)$$

where

m_0 – mass of the sample,

m_1 – mass of empty extracting flask and

m_2 – mass of extracting flask with extract.

Protein content

The Kjeldahl method [11] was applied for the estimations.

Carbohydrate content

Mass of carbohydrates (M) was determined from Eq. (2)

$$M = 100 \text{ g} - \text{mass of fat} - \text{mass of proteins} \quad (2)$$

Chlorophyll content

Leaves of cress (200 mg) were homogenized for 2 min in a cooled mortar then homogenized for further an additional 2 min with the acetone/ammonia (0.05 mol/dm³) 8/2 blend (5 cm³) cooled to 0-5°C. The extraction was continued for 2 more min. by addition of a subsequent 5 cm³ of extracting acetone/ammonia blend. The resulting suspension of well disintegrated sample was transferred into 25 cm³ measuring cylinder, the mortar was washed with extracting blend (10 cm³) and the wash was combined with the extract. The extract was then centrifuged for 10 min at 5000 rpm, and decanted. The volume of the extract was increased to 25 cm³ by adding the extracting blend. The experiments were run in triplicates.

The absorbance (A) of resulting extract was taken at 470, 647 and 664 nm. The content of chlorophylls a and b in mg/g was estimated from the Eqs. (3) and (4), respectively.

$$\text{chl.a} = 25a/m \quad (3)$$

where:

$a = 11,78 A_{664} - 2,29 A_{647}$ and m denotes the weight (mg) of the fresh plant material.

$$\text{chl.b} = 25b/m \quad (4)$$

where:

$b = 20,05 A_{647} - 4,77 A_{664}$ and m denotes the weight (mg) of the fresh plant material.

Carotenoids content

The content of carotenoids (β -carotene and xanthophyll) was calculated from Eq. (5).

$$\text{car} = 25c/229 m \quad (5)$$

where:

$c = 1000 A_{470} - 3,27a - 104b$ and m denotes the weight (mg) of the fresh plant material.

Determination of ascorbic acid

Sample of the dried plant (1g) was disintegrated in a mortar 50 cm³ distilled water and 5 cm³ of 0.1M aqueous solution of potato starch added. This solution was titrated with a iodine solution following paper by Al Majidi and Al Qubury [12]. The estimations were triplicated.

Analyses for cations

Samples were mineralized in a microwave oven (MarsXpress CEM Company, Matthews, NC USA). Samples (0.5 g) were digested with nitric acid 65% analytical grade (10 cm³). Determination of metals content was performed with atomic absorption spectrometry with electrothermal device (AA Varian 240 instrument). A palladium standard solution (1000 mg/dm³) was used as a modifier.

Anion analyses with ion chromatography

A DX500 micropore (2 mm) ion chromatograph with a CD20 conductivity detector and GP40 gradient pump (Dionex, California) was used for ion separation and detection. Commercially available Ionpac CG12A guard and CS12A analytical columns (Dionex, California, USA) with carboxylic-phosphonic acid functional groups were used for cation analysis. Ionpac AG14 guard and AS14 analytical columns (Dionex, California) with quaternary ammonium functional groups were used for anion separation. Eluents were stored in vessels pressurized at 8 p.s.i. using high purity argon (BOC gases), and flow-rates were maintained at 0.45 ml/min for anions and 0.40 cm³/min for cations using a GP40 gradient pump (Dionex, California, USA). Samples were loaded from an AS40 automated sampler (Dionex, California, USA).

Estimation of total sulphur

The sulfur content was determined using a CHNS/O FlashSmart Thermo Scientific analyser (Waltham, MA USA).

Results and Discussion

Watering dill with LPGPAm appeared beneficial in terms of the crop yield (*Photography 1*, Table 1).



Fotografia 1. Dill watered with tap, non-treated treated with LPGP without ammonia (left) and LPGPAm (right)

Photography 1. Koper ogrodowy podlewany nieplazmowaną wodą kranową (po lewej) i LPGPAm (po prawej)

The number of plants decreased but the total mass of plant remained constant. Observed effect results from an increase in mass of stems (Table 1).

Table 1. Quantitative characteristics of the dill crops watered with non-treated tap water and with LPGPAm

Tabela 1. Ilościowa charakterystyka plonu koperku po podlewaniu nieplazmowaną wodą kranową i LPGPAm

Estimations	Non-treated water	LPGPAm
Number of plants	12,44±0,23a	11,02±0,16b
Height of plants/1 pot [cm]	11,3±2,40a	15,40±2,10b
Total mass of plant [g]	11,52±0,43a	12,27±0,57a
Mass of stems [g]	2,53±0,13a	3,19±0,11b

^aAverage number of plants collected from triplicated experiments involving 3 × 24 trays. Each tray contained 10 seeds. Presented data were recalculated for the number of plants in one tray. Differences in numerical values for particular estimations in verses carrying the same letter are statistically unessential.

Except height of plants and number of leaves, watering with LPGPAm is definitely beneficial in case of strawberries (Photography 2 and Table 2). The period of monitored cultivation of these plants was too short for developing fruits. Therefore the effect of watering upon them was left apart.



Photography 2. Strawberries watered with tap water (left) and with LPGPAm (right)

Fotografia 2. Truskawki podlewane wodą kranową (po lewej) i LPGPAm (po prawej)

Table 2. Quantitative characteristics of the strawberry watered with LPGP-treated kinds of watera

Tabela 2. Ilościowa charakterystyka plonu truskawek po podlewaniu nieplazmowaną wodą kranową i LPGPAm

Estimations	Non-treated water	LPGPAm
Height of plants/1 pot [cm]	18,1±4,0a	22,4±2,1a
Total mass of plant [g]	59,52±0,51a	64,27±0,77b
Total number of leaves	12,2±1,1a	13,2±1,4a
Mass of stems [g]	13,53±0,13a	14,29±0,19b
Total mass of foliage [g]	16,93±0,39a	19,99±0,64b
Mass of one leaf [g]	3,559±0,012a	4,137±0,013b

^aAverage number of plants collected from triplicated experiments involving 3 × 24 trays. Each tray contained 10 seeds. Presented data were recalculated for the number of plants in one tray. Differences in numerical values for particular estimations in verses carrying the same letter are statistically unessential.

Watering grass with LPGPAm appears beneficial solely in terms of total mass of plants (Photography 3 and Table 3). Watering with LPGPAm has practically no effect upon number of plants, height of plants and mass of stems.



Fotografia 3. Grass watered with LPGPAm (left) and with non-treated tap water (right)

Photography 3. Trawa podlewana LPGPAm (po lewej) i wodą kranową (po prawej)

Table 3. Quantitative characteristics of the grass watered with LPGP-treated kinds of watera
Tabela 3. Ilościowa charakterystyka plonu trawy po podlewaniu nieplazmowaną wodą kranową i LPGPAm

Estimations	Non-treatedwater	LPGPN
Number of plants	14,84±0,15a	15,02±0,16a
Height of plants/1 pot [cm]	18,1±4,0a	22,4±2,1a
Total mass of plant [g]	12,52±0,51a	24,27±0,77b
Mass of stems [g]	1,53±0,13a	1,89±0,19a

aAverage number of plants collected from triplicated experiments involving 3 × 24 trays. Each tray contained 10 seeds. Presented data were recalculated for the number of plants in one tray. Differences in numerical values for particular estimations in verses carrying the same letter are statistically unessential.

Watering dill with LPGPAm had no effect on the content of fat, proteins, carotenoids, ascorbic acid and sulphur containing compounds. Solely chlorophyll content increased. In case of strawberries watering with LPGPAm resulted in an decrease in fat content and sulphur containing compounds and an increase in the content of chlorophyll and carotenoids. No effect could be noted on the content of proteins and carbohydrates. Watering of grass with LPGPAm resulted in an increase in the content of proteins and chlorophyll whereas the level of fat, carbohydrates, carotenoids ascorbic acid and sulphur containing content remained unchanged (Table 4).

In case of all three tested plants watering with LPGPAm increased dry mass and ash content of the crops (Table 5). That effect was caused by bioaccumulation of cations and anions in the plants. In dill the watering with LPGPAm did not influence bioaccumulation of cations and an increase in the bioaccumulation of Cl⁻ and NO₃⁻ anions. Such watering of strawberries favoured bioaccumulation of Ca²⁺ cations and Cl⁻ and NO₃⁻ anions. Increased bioaccumulation of the K⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺ cations and simultaneously bioaccumulation of Cl⁻, NO₃⁻ and SO₄²⁻ anions (Tables 6 and 7) was noted in case of grass.

Table 4. Fat, protein, carbohydrate, chlorophylls, carotenoids, ascorbic acid and sulphur containing compounds content in plants watered with tap water and LPGPAm

Tabela 4. Zawartość tłuszczu, węglowodanów, chlorofilu karotenoidów, kwasu askorbino-
wego i związków siarki w plonach roślin podlewanych wodą kranową i LPGPAm.

Plant	Content [g/100g]					
	Fat		Proteins		Carbohydrates	
	Non-treated	LPGPAm	Non-treated	LPGPAm	Non-treated	LPGPAm
Dill	0,45±0,02a	0,42±0,02a	3,22±0,02a	3,27±0,02a	96,33±0,01a	96,31±0,01a
Strawberry	0,51±0,01a	0,46±0,01b	2,81±0,02a	2,86±0,02a	96,68±0,02a	96,68±0,02a
Grass	0,43±0,02a	0,41±0,01a	2,91±0,01a	2,96±0,01b	96,66±0,01a	96,68±0,01a

Plant	Chlorophyll [mg/g]					
	A		B		Total	
	Non-treated	LPGPAm	Non-treated	LPGPAm	Non-treated	LPGPAm
Dill	1,212±0,016a	1,294±0,014b	0,238±0,016a	0,318±0,013b	1,982±0,031a	2,282±0,021b
Strawberry	1,343±0,012a	1,436±0,016b	0,349±0,011a	0,429±0,017b	2,441±0,012a	2,731±0,015b
Grass	1,332±0,013a	1,469±0,009b	0,342±0,009a	0,402±0,004b	2,335±0,011a	2,634±0,017b

Plant	Carotenoids [mg/g]		Ascorbic acid [mg/g]		Sulphur compounds [%]	
	Non-treated	LPGPAm	Non-treated	LPGPAm	Non-treated	LPGPAm
Dill	0,323±0,016a	0,345±0,014a	0,282±0,013a	0,284±0,006a	0,04±0,02a	0,05±0,02a
Strawberry	0,331±0,013b	0,363±0,013b	0,529±0,010a	0,542±0,010a	0,09±0,01a	0,06±0,01b
Grass	0,328±0,008a	0,338±0,009a	0,233±0,012a	0,245±0,013a	0,03±0,01a	0,05±0,01a

^aDifferences in numerical values for particular estimations in verses carrying the same letter are statistically unessential.

Table 5. Content of dry mass and ash from crops watered with particular kinds of water^a

Tabela 5. Zawartość suchej masy i popiołu z plonów podlewanych poszczególnymi rodzajami wody

Plant	Dry mass [g]		Ash [%]	
	Non-treated	LPGPAm	Non-treated	LPGPAm
Dill	12,9±0,1a	13,4±0,1b	1,73±0,02a	1,82±0,02b
Strawberry	9,3±0,2a	9,9±0,2b	3,52±0,02a	3,72±0,01b
Grass	5,6±0,1a	6,8±0,1b	1,13±0,01a	1,19±0,01b

^aDifferences in numerical values for particular estimations in verses carrying the same letter are statistically unessential

Table 6. Bioaccumulation of cations in plants watered with particular kinds of water^a

Tabela 6. Bioakumulacja kationów w roślinach podlewanych poszczególnymi rodzajami wody

Plant	Content [mg/100g]											
	Na ⁺		K ⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Mn ²⁺		Fe ³⁺	
	Non-treated	LPG-PAm	Non-treated	LPG-PAm	Non-treated	LPG-PAm	Non-treated	LPG-PAm	Non-treated	LPG-PAm	Non-treated	LPG-PAm
Dill	21±1a	21±1a	369±3a	372±3a	156±2a	158±2a	47±1a	49±1a	0,3±0,1a	0,3±0,1a	1,5±0,2a	1,6±0,2a
Strawberry	25±1a	26±1a	377±2a	381±2a	161±1a	164±1b	46±1a	48±1a	0,4±0,1a	0,3±0,1a	1,6±0,1a	1,7±0,1a
Grass	26±1a	27±1a	376±2a	381±2b	163±1a	166±1b	46±1a	49±1b	0,3±0,1a	0,2±0,1a	1,8±0,1a	2,0±0,1a

^aDifferences in numerical values for particular estimations in verses carrying the same letter are statistically unessential

Table 7. Bioaccumulation of anions in plants watered with particular kinds of water^a

Tabela 7. Bioakumulacja anionów w roślinach podlewanych poszczególnymi rodzajami wody

Plant	Content [mg/100g]									
	Cl ⁻		NO ₂ ⁻		NO ₃ ⁻		SO ₄ ²⁻		PO ₄ ³⁻	
	Non-treated	LPG-PAm	Non-treated	LPG-PAm	Non-treated	LPG-PAm	Non-treated	LPG-PAm	Non-treated	LPG-PAm
Dill	118,13±0,01a	128,15±0,01b	0,00±0,00a	0,00±0,00a	11,23±0,01a	11,28±0,01b	9,23±0,02a	9,27±0,02a	6,16±0,02a	6,16±0,02a
Strawberry	119,31±0,02a	126,43±0,02b	0,00±0,00a	0,00±0,00a	21,83±0,01a	21,99±0,01b	11,32±0,01a	11,31±0,01a	5,07±0,02a	5,07±0,02a
Grass	141,14±0,02a	146,23±0,02b	0,01±0,01a	0,00±0,00a	16,23±0,01a	17,03±0,01b	12,22±0,01a	12,43±0,01b	7,56±0,02a	7,56±0,02a

^aDifferences in numerical values for particular estimations in verses carrying the same letter are statistically unessential.

Presented results document that preparation of nitrogen fertilizer involving treatment of aqueous ammonia with low-temperature, low-pressure glow plasma is fully safe as on its generation and application no harmful products are formed. Measured parameters characterizing crops growth and properties showed that application of that fertilizer for watering tested plants was always beneficial.

Conclusions

Preparation of nitrogen fertilizer involving treatment of aqueous ammonia with low temperature, low pressure glow plasma is fully ecological safe as on its generation and application no harmful products are formed. Measured parameters characterizing crops growth and properties showed that application of that fertilizer for watering tested plants was always beneficial.

References

- [1] Ciesielska A., Ciesielski W., Kołoczek H., Kulawik D., Kończyk J., Oszczyda Z., Tomasik P., Structure and some physicochemical and functional properties of water treated under ammonia with low-temperature-low-pressure glow plasma of low frequency, *Open Chemistry*, 2020, 18, p. 1195–1206.
- [2] Oszczyda Z., Elkin I., Stręk W., Equipment for treatment of water with plasma, Polish Patent PL 216025 B1, 28 February 2014.
- [3] Reszke E., Yelkin I., Oszczyda Z., Plasming lamp with power supply, Polish Patent PL 227530 B1, 2017.
- [3] Białopiotrowicz T., Ciesielski W., Domański J., Doskocz M., Fiedorowicz M., Grąż K., Kołoczek H., Kozak A., Oszczyda Z., Tomasik P., Structure and physicochemical properties of water treated with low-temperature low-frequency plasma, *Current Physical Chemistry*, 2016, 6, p. 312–320.

- [5] Finch H.J.S., Samuel A.M., Lane G.P.F., Fertilisers and manures, [in:] Lockhart and Wiseman's Crop Husbandry Including Grassland (Tenth Edition), Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2023, p. 81–114.
- [6] Karklelienė R., Dambrauskienė E., Juškevičienė D., Radzevičius A., Rubinskienė M., Viškelis P., Productivity and nutritional value of dill and parsley, Horticulture Science, 2014, 41, p. 131–137.
- [7] Charakterystyka odmian, http://www.trawnik.com/?aktyw_kat=4 (accessed on 10 January 2020).
- [8] Komninos N., Intelligent Cities and Globalisation of Innovation Networks, Taylor and Francis Group, London, UK, New York, NY, USA, 2008.
- [9] Mitchell W.J., Intelligent cities, e-Journal Knowledge Society, 2007, 5. Available online: <http://www.uoc.edu/uocpapers/5/dt/eng/Mitchell/pdf> (accessed on 10 March 2020).
- [10] Fecka I., Bednarska K., Włodarczyk M., *Fragaria* × *ananassa* cv. Senga Sengana Leaf: An Agricultural Waste with Antiglycation Potential and High Content of Ellagitannins, Flavonols, and 2-Pyrone-4,6-dicarboxylic Acid, Molecules, 2022, 27(16), p. 5293.
- [11] Polish Standards, 1975, PN-75/A-04018; Polish Committee for Standardization: Warsaw, Poland.
- [12] Al Majidi H.M.I., Al Qubury H.Y., Determination of vitamin C (ascorbic acid) contents in various fruit and vegetable by UV-spectrophotometry and titration methods, Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences, 2016, 9, p. 2972–2974.

Jagoda kamczacka (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica* Sevast.) – nowe (?) źródło cennych substancji

Haskap berry (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica* Sevast.) – a new (?) source of valuable substances

Anna Sokół-Łętowska, Alicja Z. Kucharska

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Nutraceutyków Roślinnych, ul. Chełmońskiego 37, 51-630 Wrocław, e-mail: anna.sokol-letowska@upwr.edu.pl

Słowa kluczowe: jagoda kamczacka, *Lonicera caerulea*, działanie prozdrowotne

Keywords: honeysuckle, haskap berry, *Lonicera caerulea*, health-promoting properties

Streszczenie

Zainteresowanie społeczeństwa zdrowym odżywianiem powoduje, że producenci owoców i przetworów owocowych poszukują nowych, bogatych w składniki bioaktywne surowców. Jedną z takich roślin jest jagoda kamczacka, która, chociaż znana jest od wielu lat, dopiero niedawno została dopuszczona do obrotu handlowego w Polsce. Dzięki wczesnemu terminowi dojrzewania jest ona pożądanym owocem, zdatnym do bezpośredniej konsumpcji, a dzięki wysokiej zawartości antocyjanów stanowi atrakcyjny surowiec dla przemysłu przetwórczego. Charakteryzuje się ona również wysoką zawartością związków fenolowych oraz rzadko występujących w owocach irydoidów, co przekłada się na jej szerokie działanie prozdrowotne.

Summary

Society's interest in healthy eating causes producers of fruit and fruit products to look for new raw materials rich in bioactive ingredients. One of such plants is the haskap berry, which, although known for many years, has only recently been admitted to commercial circulation in Poland. Thanks to its early ripening time, it is a desirable fruit, suitable for direct consumption, and its high anthocyanin content makes it an attractive raw material for the processing industry. It is also characterized by a high content of phenolic compounds and, rare in fruits, iridoids, which translates into its broad health-promoting effects.

Wstęp

Jagoda kamczacka (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica* Sevast.) jest rośliną znaną od dawna na terenach Półwyspu Kamczackiego, Wysp Kurylskich i północno-wschodnich Chin. Owoce pozyskiwane ze stanu naturalnego wykorzystywano do celów kulinarnych, natomiast kwiaty, korę, liście i gałęzie – do celów leczniczych [1, 2]. Obszar geograficzny, na którym występują różne odmiany tego wiciokrzewu, obejmuje obszar od Karpat, przez południowo-wschodnią Europę, Kirgistan, Kazachstan, Syberię aż po Daleki Wschód [3, 4]. Jako źródło pochodzenia pierwotnych gatunków *Lonicera* uznaje się także Kanadę. Pierwsze próby udomowienia tej rośliny podjęto w Rosji na początku XX w. Od wczesnych lat 50. w kraju tym skupiono się na hodowli nowych, bardziej plennych odmian o większych i słodszych owocach, które mogą być zbierane mechanicznie. Programy hodowlane w Europie i Kanadzie koncentrowały się na opracowaniu odmian pozbawionych charakterystycznej goryczki. W Rosji jako rośliny hodowlane stosuje się te należące do *Lonicera caerulea* var. *edulis* oraz *L. caerulea* var. *kamtschatica*, natomiast w Japonii, na wyspie Hokkaido, odmiany *L. kamtschatica* var. *emphyllocalyx*. W Kanadzie uprawiane są odmiany *L. kamtschatica* var. *villosa* [1]. Jagoda kamczacka uprawiana jest od dawna w Chinach, Japonii, Korei, Rosji i Ameryce Północnej. Obecnie jej uprawa rozszerzyła się na inne części świata, w tym Polskę, Słowację, Czechy, Kanadę, USA, Finlandię, Białoruś, Litwę i Słowenię [5].

W Polsce jagoda kamczacka jest mało znana. Występuje również pod nazwami: wiciokrzew siny, suchodrzew błękitny, suchodrzew jadalny, suchodrzew siny, borówka kamczacka, lonicera, kamczatka czy haskap. Z roku na rok popularność jagody kamczackiej rośnie. Pomimo że była uprawiana amatorsko od niemal 40 lat, dopiero w 2018 r. [6] zezwolono na legalne wprowadzanie jagody kamczackiej do obrotu na terenie Unii Europejskiej. Dzisiaj Polska jest jednym z największych producentów jagody kamczackiej, a areał upraw tej rośliny przekracza 2 tys. ha [2, 4–6, 8].

Opis rośliny

Lonicera caerulea L. należy do rodziny przewiertniowatych (*Caprifoliaceae*), jest jednym ze 180 gatunków należących do rodzaju *Lonicera*. Jagoda kamczacka jest długowiecznym krzewem dorastającym do 2,0–2,5 m wysokości. Ogromną jego zaletą jest duża odporność na niskie temperatury; krzew może przetrwać temperaturę do -40°C , a kwiaty – do -7°C . Kwitnie od końca marca do początku kwietnia. Kwiaty, niepozorne, żółtawobiałe, lejkowate, są owadopylne i wymagają zapylenia krzyżowego, dlatego na plantacjach sadi się odmiany kwitnące w podobnym czasie. Jagody, które dojrzewają już od drugiej połowy maja, mają wydłużony, eliptyczny lub cylindryczny kształt, ciemnofioletową barwę, a na ich powierzchni można za-

obserwować woskowy nalot. Ich waga waha się od 0,3 do 2,0 g. Mogą osiągać około 3 cm długości i 1 cm szerokości. Zawierają maksymalnie 20 małych, prawie niedostrzegalnych nasion. Smak, który można scharakteryzować jako od gorzkiego po kwaśno-słodki, jest różny w zależności od odmiany. Wpływ na rozmiary owoców ma nie tylko odmiana, ale także lokalizacja upraw oraz warunki atmosferyczne [4, 9–11].

Właściwości

Owoce jagody kamczackiej mogą być bardzo dobrym składnikiem produktów leczniczych lub suplementów diety, ze względu na ich cenne bioskładniki. Właściwości prozdrowotne rośliny zostały zauważone i docenione przez dawnych zbieraczy, którzy określali jagodę kamczacką jako „eliksir życia” czy też „owoc wiecznej młodości”. Jej owoce zawierają liczne związki bioaktywne, takie jak witaminy, minerały, polifenole i irydoidy, które korzystnie wpływają na organizm człowieka. Badania *in vitro* i *in vivo* wykazały, że spożywanie jagód może wiązać się z wieloma korzyściami zdrowotnymi. Wśród wartościowych właściwości jagody kamczackiej najczęściej wymienia się działanie antyoksydacyjne, przeciwzapalne, przeciwolesterolowe, przeciwnowotworowe i antyhepatotoksyczne [2, 8, 12]. Ponadto udowodniono działanie antyseptyczne, antywirusowe, przeciwdrobnoustrojowe, a także przeciwcukrzycowe, jak również poprawę funkcji neurokognitywnych [2, 8, 13, 14]. Wybrane korzyści zdrowotne związane z jagodami kamczackimi określone w badaniach *in vitro* i *in vivo* przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Działanie jagody kamczackiej określone *in vitro* i w testach na modelach zwierzęcych.

Table 1. The effect of haskap berries determined *in vitro* and in tests on animal models.

Działanie	Źródło
1	2
Właściwości przeciwdrobnoustrojowe, hamowanie tworzenia biofilmu i adhezji. Określano MIC, standardowe referencyjne szczepy bakterii (<i>S. aureus</i> CCM 3953 i CCM 4223, <i>P. aeruginosa</i> CCM 3955, <i>E. coli</i> CCM 4225 i CCM 3954) z Czeskiej Kolekcji Mikroorganizmów (CCM) oraz promień strefy hamowania dla <i>B. subtilis</i> , <i>K. rhizophila</i> (ATCC 9341), <i>L. acidophilus</i> (ATCC 4356), <i>B. bifidum</i> (Bb12), <i>L. monocytogenes</i> (ATCC 19115), <i>E. coli</i> (NCCB 100282) i <i>C. jejuni</i> (ATCC 33291)	[14, 15]
Hamowanie peroksydacji mikrosomów wątroby i opóźnienie utleniania LDL, hamowanie melanogenezy. Żywotność komórek i uszkodzenia oksydacyjne w lipoproteinach o małej gęstości (oxLDL), w mikrosomach szczurów oraz w pierwotnych hodowlach hepatocytów szczura i ludzkich komórek śródbłonna żyły pępowinowej (HUVEC), <i>in vitro</i>	[12]
Minimalizuje negatywny wpływ promieniowania UVA i UVB na błony komórkowe, DNA i keratynocyty. Wykorzystano keratynocyty HaCaT, UV (295–3000 nm), kolorymetryczny test immunologiczny w badaniu <i>in vitro</i>	[16, 17]

1	2
Łagodzi stan zapalny oka w indukowanym zapaleniu błony naczyniowej oka. <i>In vivo</i> , szczury Lewis	[18]
Wywiera pozytywny wpływ na niezbilansowaną dietę wysokofruktozową. <i>In vivo</i> , szczury Wistar	[19]
Prowadzi do zmniejszenia objętości guzów. <i>In vivo</i> , szczury Wistar	[20]
Poprawia funkcje fizjologiczne i poznawcze. Osoby w wieku 62–81 lat spożywające ekstrakt z jagody kamczackiej	[13]
Minimalizuje niealkoholową tłuszczeniową chorobę wątroby (NAFLD) i równowagę dysbiozę mikroflory jelitowej. Myszy C57BL/6N, <i>in vivo</i>	[21]
Działa przeciwzapalnie. Linia komórkowa ludzkich monocytów białaczki THP-1 (ATCC® TIB202™), <i>in vitro</i>	[22]
Wspiera redukcję masy ciała. Badano działanie hamujące <i>in vitro</i> na enzymy istotne dla otyłości (lipaza trzustkowa) i cukrzycy typu 2 (α -glukozydaza i α -amylaza) oraz <i>in vivo</i> – myszy, C57BL/6	[23, 24]

Źródło: [12–24].

Source: [12–24].

Wymienione cechy są efektem m.in. zawartych w jagodzie aktywnych związków fenolowych, do których należą antocyjany, kwas chlorogenowy, kwercetyna, a także związków irydoidowych [8, 25– 27].

Obecnie znanych jest około 200 kanadyjskich, rosyjskich, polskich, czeskich i innych odmian jagody kamczackiej, różniących się terminem dojrzewania, kształtem owoców, a przede wszystkim smakiem i bogactwem składem związków prozdrowotnych.

Skład

Owoce nie są bardzo słodkie, zawierają 10–16% ekstraktu, czyli rozpuszczalnych substancji stałych, w składzie których jest niewiele cukrów – 3–7%, głównie fruktozy (54–62%), glukozy (41–43%) i sacharozy (1–3%). Kwasowość waha się w dość szerokich granicach i wynosi 1,6–3,9%, przy czym pochodzi głównie od kwasów: cytrynowego (58–68%), jabłkowego (24–30%), chinowego (8–12%), a także winowego, szczawiowego i szikimowego. Zawartość kwasu askorbinowego waha się od 13 mg/100 g do nawet 186 mg/100 g [2, 28]. W niewielkich ilościach oznaczano witaminy: A, B1, B2, B6, B12 i K, a także, niacynę, kwas pantotenowy, foliowy i tokoferole [3, 10, 14, 29]. Badania naukowe wykazały, że wartość odżywcza i skład chemiczny jagody kamczackiej są różne w zależności od odmiany, genotypu, i dojrzłości rośliny. Skład owoców jagody kamczackiej przedstawiono w Tabeli 2.

Tabela 2. Skład chemiczny owoców jagody kamczackiej.

Table 2. Chemical composition of haskap berries.

Składnik	Ilość [%]
Woda	79,7–87,6
Węglowodany ogółem	10,1–15,6
Błonnik	8,3
Tłuszcz	0,01–4,8
Białko	2,1–8,4
Popiół	0,45

Źródło: [30].

Source: [30].

Jak wspomniano wcześniej, o prozdrowotnych właściwościach jagody kamczackiej decyduje obecność polifenoli i irydoidów. Do tej pory oznaczono w owocach tej rośliny ponad 150 związków fenolowych i irydoidowych [3, 31, 32]. Zawartość polifenoli ogółem owocach ustalono w zakresie 140–1140 mg GAE (ekwiwalent kwasu galusowego) w 100 g, co pozwala zaklasyfikować je do grupy najbogatszych w te związki owoców. W analizach HPLC składu owoców jagody kamczackiej główne klasy związków to antocyjany, kwasy fenolowe, flawonole i flawanole. Drugą grupą związków, które często nadają owocom gorzkawy lub wręcz gorzki smak, są irydoidy, które rzadko oznacza się w owocach, a których stężenie w owocach jagody kamczackiej mieści się w zakresie 0,3–260 mg/100 g. Poniżej w Tabeli 3 podano nazwy związków, które zostały zidentyfikowane w owocach jagody kamczackiej.

Tabela 3. Charakterystyka najczęściej identyfikowanych związków w owocach jagody kamczackiej [mg/100 g świeżej masy].

Table 3. Characteristics of the most frequently identified compounds in haskap berries [mg/100 g of fresh weight]

Związek	Zawartość	Źródło
Antocyjany (153,3–1751,4 mg/100 g)		[32, 33]
3,5-diglucozyd cyjanidyny	3,5–96,89	[8, 32, 33]
3-glucozyd cyjanidyny	131,74–1488,38	[8, 32, 33]
3-galaktozyd cyjanidyny	i	[8]
3-rutynozyd cyjanidyny	4,08–81,97	[8, 5, 32]
3-ksylozyd cyjanidyny	i	[8]
3-glucozyd delfinidyny	0,75–4,19	[8, 33]
3-rutynozyd delfinidyny	0–27,37	[8, 33]

1	2	3
Antocyjany (153,3–1751,4 mg/100 g)		
3-arabinozyd-heksozyd delfinidyny	i	[8]
3-glukozyd pelargonidyny	0–10,61	[8, 32, 33]
3,5-diglukozyd pelargonidyny	i	[8]
3-rutynozyd pelargonidyny	i	[8]
3-glukozyd peonidyny	2,44–37,46	[8, 32, 33]
3-rutynozyd peonidyny	0,1–7,56	[8, 32, 33]
3,5-diglukozyd peonidyny	0–17,57	[8, 33]
3-glukozyd petunidyny	i	[8]
Kwasy fenolowe (27,1–115,5 2 mg/100 g)		[32]
Kwas 3-O-kawoilochinowy	0,4–12,6	[32]
Kwas 5-O-kawoilochinowy	0–267,19	[28, 32]
Kwas kawoilochinowy	0–9,0	[32]
Kwas dikawoilochinowy 1	4,1–33,9	[8, 32]
Kwas dikawoilochinowy 2	0–3,2	[32]
Kwas dikawoilochinowy 3	0–3,2	[32]
Kwas galusowy	15,0–39,5	[28]
Kwas kawowy	i	[22]
Kwas ferulowy	i	[22]
Flawonole, flawanonole, flawanony (15,6–48,3 mg/100 g)		[32]
7-O-diheksozyd taksyfoliny	i	[32]
7-O-heksozyd taksyfoliny	2,8–13,8	[32]
3-glukozyd kwercetyny	0–12,6	[8, 28, 32]
3-rutynozyd kwercetyny (rutyna)	15,2–87,9	[8, 28, 32]
3-ramnozyd kwercetyny	i	[8]
3-galaktozyd kwercetyny	i	[8]
7-glukozyd luteoliny	i	[8, 32]
7-rutynozyd luteoliny	i	[8]
Triheksozyd luteoliny	0–1,1	[32]
O-diheksozyd kwercetyny	i	[32]
Vicianozyd kwercetyny	0,8–10,4	[32]
Ramnozyd-heksozyd kwercetyny	2,4–24,2	[32]
Kwercetyna	0–15,8	[28]

Jagoda kamczacka (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica* Sevast.)...

1	2	3
Flawanole (4,6–55,4 mg/100 g)		[32]
(+)katechina	2,0–31,2	[8, 32]
(-)epikatechina	0,7–7,1	[8, 32]
Dimer procyanidyn 1	1,6–14,9	[32]
Dimer procyanidyn 2	0–21,8	[32]
Procyanidyna B2	i	[8]
Irydoidy (120,0–276,4 mg/100 g)		[32]
Kwas 8- <i>epi</i> -loganowy	i	[32]
Kwas loganowy	35,2–161,4	[32]
Kwas 7- <i>epi</i> loganowy	1,8–45,1	[32]
7-O-pentozyd kwasu loganowego	9,4–71,1	[32]
7-O-pentozyd kwasu <i>epi</i> -loganowego	2,9–20,4	[32]
Pentozyd loganiny	i	[32]
Swerozyd	1,9–71,7	[32]
Loganina		[32]
Pentozyd swerozydu	i	[32]
7-O-pentozyd loganiny	5,9–83,9	[32]
7- <i>epi</i> loganina	i	[32]
Sekoksyloganina	i	[32]
Sekologanina	0–13,3	[32]
7-O-pentozyd <i>epi</i> -loganiny	0–9,1	[32]

i – zidentyfikowano, nie określono zawartości

Źródło: [5, 8, 22, 28, 32, 33].

Source: [5, 8, 22, 28, 32, 33].

Palikova i wsp. [14] podają, że w czeskich odmianach jagody oznaczono 16 aminokwasów: alaninę (47,52 mg/100 g), kwas asparaginowy (86,26 mg/100 g), argininę (136,08 mg/100 g), cysteinę (14,40 mg/100 g), glicynę (55,44 mg/100 g), kwas glutaminowy (161,21 mg/100 g), histydynę (51,12 mg/100 g), izoleucynę (49,68 mg/100 g), lizynę (52,92 mg/100 g), leucynę (79,92 mg/100 g), metioninę (19,87 mg/100 g), fenylalaninę (55,73 mg/100 g), serynę (38,09 mg/100 g), tyrozynę (29,66 mg/100 g), treoninę (< 35,86 mg/100 g) i walinę (52,20 mg/100 g).

Nowe i dostępne produkty

Owoce jagody kamczackiej dojrzewają wcześniej, bo już w połowie maja, dlatego są atrakcyjnym owocem, który może być spożywany w stanie świeżym. Bardzo dobrze nadają się również na przetwory – samodzielnie albo jako dodatek wzbogacający

produkt w związku bioaktywne i nadający mu intensywną czerwoną barwę. Ze względu na krótki okres zbiorów owoców jagody kamczackiej nie są one dostępne dla konsumentów przez cały rok. Z tego powodu korzystne jest ich utrwalanie i wytwarzanie produktów, które pozwolą na korzystanie z właściwości prozdrowotnych rośliny przez dłuższy czas. Na rynku polskim obserwuje się coraz więcej produktów z jagody kamczackiej. Spowodowane jest to w dużej mierze rosnącą świadomością konsumentów i ich zainteresowaniem zdrowym żywieniem oraz produktami funkcjonalnymi.

Dzięki właściwościom prozdrowotnym jagody kamczackiej producenci znaleźli jej zastosowanie przy produkcji suplementów diety. Zazwyczaj są to kapsułki z wysuszonym ekstraktem z owoców lub sproszkowane suszone owoce z ewentualnymi dodatkami innych owoców lub substancji. Suplementy diety są bardzo popularne w Polsce, a ich właściwości bioaktywne doceniane są przez konsumentów. Jest to wygodna forma dostarczania ważnych składników do organizmu, gdy brakuje czasu na zadbanie o prawidłową dietę. Dzięki temu tego typu produkty szybko zyskują na popularności. Przyjmowane są w celu uzupełnienia składników ważnych dla zdrowia organizmu, prewencji chorób, głównie schorzeń układu krążenia, cukrzycy oraz aby wspomóc układ odpornościowy w walce z patogenami. Obecnie w handlu detalicznym i w sklepach internetowych można kupić produkty z jagody kamczackiej, takie jak soki, wina, syropy, musy, dżemy, konfitury, owoce w syropie, owoce liofilizowane i suszone tradycyjnie, proszki, przetwory z dodatkiem owoców jagody kamczackiej, a także wiele suplementów diety, których producenci podkreślają jej właściwości prozdrowotne. Ich jakość jest związana ze sposobem przetwarzania. Podczas procesu produkcji może nastąpić degradacja substancji bioaktywnych zawartych w roślinie lub – jeśli dodawana jest ona do innych produktów żywnościowych – mogą zostać one o te substancje wzbogacone [1, 34–36].

Owoce jagody kamczackiej są coraz bardziej popularnym surowcem, a zatem – ze względu na bogactwo polifenoli i irydoidów o potwierdzonym działaniu prozdrowotnym – można z całą pewnością zaliczyć je do superowoców. Ich regularne spożywanie podnosi stężenia przeciwutleniaczy polifenolowych w organizmie, a stosowane jako dodatek do żywności mogą wzbogacić asortyment żywności funkcjonalnej.

Literatura

- [1] Oszmiański J., Wojdyło A., Lachowicz S., Effect of dried powder preparation process on polyphenolic content and antioxidant activity of blue honeysuckle berries (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica*), *LWT – Food Science and Technology*, 2016, 67, s. 214–222.
- [2] Celli Giovana, B., Ghanem A., Brooks Marianne Su L., Haskap Berries (*Lonicera caerulea* L.) – a Critical Review of Antioxidant Capacity and Health-Related Studies for Potential Value-Added Products, *Food and Bioprocess Technology*, 2014, 7(6), s. 1541–1554.

- [3] Smolik, M., Ochmian, I. and Grajkowski, J., Genetic variability of Polish and Russian accessions of cultivated blue honeysuckle (*Lonicera caerulea*), Russian Journal Genetics, 2010, 46, s. 960–966.
- [4] Bors B., Thomson J., Sawchuk E., Reimer P., Sawatzky R., Sander R., Kaban T., Gerbrandt E., Dawson J., Haskap Breeding and Production, Final Report, Saskatchewan Agriculture: Saskatoon, SK, Canada, 2012.
- [5] Sharma A., Lee H.-J., *Lonicera caerulea*: An updated account of its phytoconstituents and health-promoting activities, Trends in Food Science & Technology, 2021, 107, s. 130–149.
- [6] Commission Implementing Regulation (EU 2018/1991) of 13 December 2018 authorising the placing on the market of berries of *Lonicera caerulea* L. as a traditional food from a third country under Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council and amending Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2470.
- [7] Czasak A., Polski superowoc – jagoda kamczacka, 2012, <https://agronomist.pl/arttykuly/polski-superowoc-jagoda-kamczacka> (dostęp 19.07.2023).
- [8] Raudonė L., Liaudanskas M., Vilkickytė G., Kviklys D., Žvikas V., Viškėlis J., Viškėlis P., Phenolic Profiles, Antioxidant Activity and Phenotypic Characterization of *Lonicera caerulea* L. Berries, Cultivated in Lithuania, Antioxidants, 2021, 10(1), s. 1–15.
- [9] Šenica M., Bavec M., Stampar F., Mikulic-Petkovsek M., Blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* subsp. *edulis* (Turcz. Ex Herder) Hultén.) berries and changes in their ingredients across different locations, Journal of the Science of Food and Agriculture, 2017, 9(98), s. 3333–3342.
- [10] Šenica M., Stampar F., Mikulic-Petkovsek M., Blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L. subs. *edulis*) berry; A rich source of some nutrients and their differences among four different cultivars, Scientia Horticulturae, 2018, 238, s. 215–221.
- [11] Palíková I., Valentová K., Oborná I., Ulrichová J., Protectivity of Blue Honeysuckle Extract against Oxidative Human Endothelial Cells and Rat Hepatocyte Damage, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57(15), s. 6584–6589.
- [12] Bell L., Williams C.M., A pilot dose–response study of the acute effects of haskap berry extract (*Lonicera caerulea* L.) on cognition, mood, and blood pressure in older adults, European Journal of Nutrition, 2019, 58(8), s. 3325–3334.
- [13] Palíková I., Heinrich J., Bednář P., Marhol P., Křen V., Cvak L., Valentová K., Růžička F., Holá V., Kolář M., Šimánek V., Ulrichová J., Constituents and Antimicrobial Properties of Blue Honeysuckle: A Novel Source for Phenolic Antioxidants, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(24), s. 11883–11889.
- [14] Raudsepp P., Anton D., Roasto M., Meremäe K., Pedastsaar P., Mäesaar M., Raal A., Laikoja K., Püssa T., The antioxidative and antimicrobial properties of the blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.), Siberian rhubarb (*Rheum rhaponticum* L.) and some other plants, compared to ascorbic acid and sodium nitrite, Food Control 2013, 31(1), s. 129–135.
- [15] Svobodová A., Zdařilová A., Vostálová J., *Lonicera caerulea* and *Vaccinium myrtillus* fruit polyphenols protect HaCaT keratinocytes against UVB-induced phototoxic stress and DNA damage, Journal of Dermatological Science, 2009, 56(3), s. 196–204.
- [16] Zhao H., Wang Z., Ma F., Yang X., Cheng C., Yao L., Protective Effect of Anthocyanin from *Lonicera Caerulea* var. *Edulis* on Radiation-Induced Damage in Mice, International Journal of Molecular Sciences, 2012, 13(9), s. 11773–11782.

- [17] Jin X.-H., Ohgami K., Shiratori K., Suzuki Y., Koyama Y., Yoshida K., Ilieva I., Tanaka T., Onoe K., Ohno S., Effects of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) extract on lipopolysaccharide-induced inflammation in vitro and in vivo, *Experimental Eye Research*, 2006, 82(5), s. 860–867.
- [18] Jurgoński A., Juśkiewicz J., Zduńczyk Z., An anthocyanin-rich extract from Kamchatka honeysuckle increases enzymatic activity within the gut and ameliorates abnormal lipid and glucose metabolism in rats, *Nutrition*, 2013, 29(6), s. 898–902.
- [19] Gruia M.I., Oprea E., Gruia I., Negoita V. and Farcasanu I.C., The Antioxidant Response Induced by *Lonicera caerulea* Berry Extracts in Animals Bearing Experimental Solid Tumors, *Molecules*, 2008, 13(5), s. 1195–1206.
- [20] Wu S., Hu R., Nakano H., Chen K., Liu M., He X., Zhang H., He J., Hou D.-X., Modulation of Gut Microbiota by *Lonicera caerulea* L. Berry Polyphenols in a Mouse Model of Fatty Liver Induced by High Fat Diet, *Molecules*, 2018, 23(12), s. 3213.
- [21] Rupasinghe H.P.V., Boehm M.M.A., Sekhon-Loodu S., Parmar I., Bors B., Jamieson A.R., Anti-Inflammatory Activity of Haskap Cultivars is Polyphenols-Dependent, *Biomolecules*, 2015, 5(2), s. 1079–1098.
- [22] Podsędek A., Majewska I., Redzyna M., Sosnowska D., Koziolkiewicz, M., *In Vitro* Inhibitory Effect on Digestive Enzymes and Antioxidant Potential of Commonly Consumed Fruits, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2014, 62(20), s. 4610–4617.
- [23] Wu T., Yu Z., Tang Q., Song H., Gao Z., Chen W., Zheng, X., Honeysuckle anthocyanin supplementation prevents diet-induced obesity in C57BL/6 mice, *Food & Function*, 2013, 4(11), s. 1654–1661.
- [24] Gołba M., Sokół-Łętowska A., Kucharska A.Z., Health Properties and Composition of Honeysuckle Berry *Lonicera caerulea* L., *An Update on Recent Studies*, 2020, 25(3), s. 749.
- [25] Ponder A., Najman K., Aninowski M., Leszczyńska J., Głowacka A., Bielarska A.M., Lasinskas M., Hallmann, E., Polyphenols Content, Antioxidant Properties and Allergenic Potency of Organic and Conventional Blue Honeysuckle Berries, *Molecules*, 2022, 27(18), s. 6083.
- [26] Yu J., Wang K., Zhao H., Chen L., Wang X., Bioactive constituents from the leaves of *Lonicera japonica*, *Fitoterapia*, 2022, 162, s. 105277.
- [27] Jurikova T., Sochor J., Rop O., Mlček J., Balla Š., Szekeres L., Žitný R., Zitka O., Adam V., Kizek R., Evaluation of Polyphenolic Profile and Nutritional Value of Non-Traditional Fruit Species in the Czech Republic – A Comparative Study, *Molecules*, 2012, 17(8), s. 8968–8981.
- [28] Orsavová J., Sytařová I., Mlček J., Mišurcová L., Phenolic Compounds, Vitamins C and E and Antioxidant Activity of Edible Honeysuckle Berries (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica* Pojark) in Relation to Their Origin, *Antioxidants*, 2022, 11(2), s. 433.
- [29] Rupasinghe H.P.V., Arumuggam N., Amararathna M., Silva A.B.K.H., The potential health benefits of haskap (*Lonicera caerulea* L.): Role of cyanidin-3-O-glucoside, *Journal of Functional Foods*, 2018, 44, s. 24–39.
- [30] Kucharska A.Z., Fecka I., Identification of Iridoids in Edible Honeysuckle Berries (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica* Sevast.) by UPLC-ESI-qTOF-MS/MS, *Molecules*, 2016, 21(9), s. 1157.

- [31] Kucharska A.Z., Sokół-Łętowska A., Oszmiański J., Piórecki N., Fecka, I., Iridoids, Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Edible Honeysuckle Berries (*Lonicera caerulea* var. *kamtschatica* Sevast.), *Molecules*, 2017, 22(3), s. 405.
- [32] Fan L., Lin L., Zhang Y., Li S., Tang Z., Component characteristics and reactive oxygen species scavenging activity of anthocyanins from fruits of *Lonicera caerulea* L., *Food Chemistry*, 2023, 403, 134391.
- [33] Oszmiański J., Kucharska A.Z., Effect of pre-treatment of blue honeysuckle berries on bioactive iridoid content, *Food Chemistry*, 2018, s. 1087–1091.
- [34] Waszkiewicz M., Sokół-Łętowska A., Pałczyńska A., Kucharska A.Z., Fruit Smoothies Enriched in a Honeysuckle Berry Extract – An Innovative Product with Health-Promoting Properties, *Foods*, 2023, 12(19), s. 3667.
- [35] Grobelna A., Kalisz S., Kieliszek M., The effect of the addition of blue honeysuckle berry juice to apple juice on the selected quality characteristics, anthocyanin stability and antioxidant properties, *Biomolecules*, 2019, 9(11), s. 744.

Mącznica lekarska *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng. - potencjał terapeutyczny oraz zastosowanie w medycynie i kosmetologii

Bearberry *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng. - therapeutic potential and use in medicine and cosmetology

Aleksandra Zoń¹, Barbara Bacler-Żbikowska²

¹ Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Wydział Nauk Farmaceutycznych w Sosnowcu, Zakład Biotechnologii i Inżynierii Genetycznej, ul. Jedności 8, 41-200 Sosnowiec, e-mail: aleksandra.zon@sum.edu.pl

² Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Wydział Nauk Farmaceutycznych w Sosnowcu, Katedra i Zakład Botaniki Farmaceutycznej i Zielarstwa, ul. Ostrogórska 30, 41-200 Sosnowiec

Słowa kluczowe: mącznica lekarska, arbutyna, działanie antyoksydacyjne, działanie przeciwbakteryjne, działanie rozjaśniające

Keywords: bearberry, arbutin, antioxidant activity, antibacterial activity, skin-lightening activity

Streszczenie

Należąca do rodziny wrzosowatych zimozielona krzewinka mącznica lekarska *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng. jest cenną rośliną leczniczą, z której pozyskuje się liść *Uvae ursi folium*. Zawarte w tym surowcu substancje czynne wykazują m.in. działanie przeciwbakteryjne, przeciwutleniające i przeciwzapalne. Dzięki wysokiej zawartości arbutyny, flawonoidów oraz kwasów fenolowych liść mącznicy jest szeroko wykorzystywany w leczeniu m.in. bakteryjnych zakażeń układu moczowo-płciowego, a także trądziku pospolitego. Liczne badania wskazują także na możliwość wykorzystania substancji pozyskiwanych z mącznicy w terapii nowotworów, chorób neurodegeneracyjnych czy też cukrzycy. Dodatkowo, ze względu na zdolność do rozjaśniania skóry przez arbutynę, liść mącznicy lekarskiej używany jest także w kosmetologii, m.in. do produkcji kosmetyków na przebarwienia skóry. Rosnące zapotrzebowanie na surowiec oraz brak możliwości jego pozyskiwania ze źródeł naturalnych doprowadziło do poszukiwania nowych alternatywnych metod jego pozyskiwania. Wśród najważniejszych wymienia się metody mikrobiologiczne oraz biotechnologiczne. W poniższej publikacji przedstawiono najważniejsze informacje dotyczące charakterystyki oraz występowania mącznicy lekarskiej, a także składu chemicznego, właściwości oraz potencjalnego zastosowania terapeutycznego opisywanej rośliny.

Summary

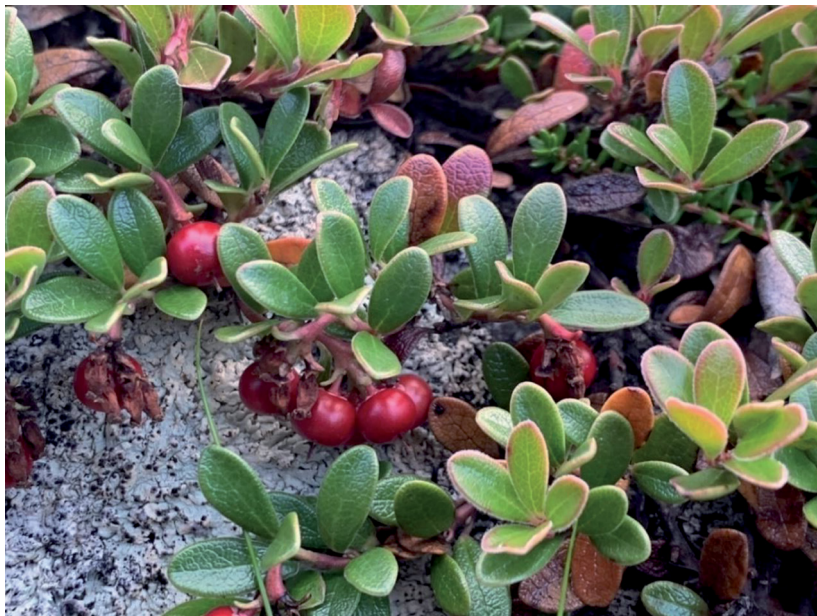
An evergreen shrub, belonging to the Ericaceae family – Bearberry (*Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng.), is a very important medicinal raw material, that shows antibacterial, antioxidant and anti-inflammatory properties. Due to the high content of arbutin, flavonoids and phenolic acids, it is widely used in the treatment of, bacterial infections of the genitourinary system, as well as acne vulgaris. Numerous studies also indicate, that the plant can be used in the treatment of cancer, neurodegenerative diseases and diabetes. Additionally, due to the arbutin's skin brightening ability, bearberry leaf is also used in cosmetology, for example to produce products for skin discolorations. The growing demand for the raw material and the lack of possibility to obtain it from the natural sources, led to the search for new, alternative methods of obtaining it. The most important of them are microbiological and biotechnological methods. The following article presents the most important information on the characteristics and occurrence of bearberry, as well as the chemical composition, properties and potential therapeutic use of the described plant.

Wstęp

Mącznica lekarska *Arctostaphylos uva-ursi* jest jednym z około 50 występujących na świecie gatunków roślin zaliczanych do rodzaju mącznica *Arctostaphylos*, należących do rodziny wrzosowatych *Ericaceae* [1, 2]. Ta niewielka zimotrwała krzewinka nie przekracza nigdy 10 cm wysokości. Jej płozące, rozgałęzione łodygi o maksymalnej długości 100 cm, pokryte są łuszczącą się brązową korą [3–5]. Liście są ciemnozielone, jaśniejsze od spodu. Ich wymiary nie przekraczają 3 cm długości i 1 cm szerokości. Brzegi liści są niepodwinięte, ich szczyt jest nieco zaokrąglony, a nasada klinowata. Nerwacja liścia jest siateczkowata [1, 4, 6]. Okres kwitnienia mącznicy lekarskiej przypada na maj i czerwiec. Drobne dzwoneczkowate kwiaty koloru blad różowego lub białego zebrane są w niewielkie grona na końcu gałązek. Owocami mącznicy są niewielkie okrągłe, czerwone jagody [1, 6].

Ze względu na zasięg występowania gatunku *Arctostaphylos uva-ursi* należy do elementu holarktycznego i do podelementu cyrkumborealnego, co oznacza, że jej główny obszar występowania stanowi pas lasów iglastych na terenie półkuli północnej, obejmujący Amerykę Północną, Europę oraz Azję [7]. W Europie obszar występowania mącznicy lekarskiej obejmuje większą część kontynentu i rozciąga się od południowych krańców Hiszpanii do Półwyspu Skandynawskiego, a na wschodzie aż po Ural [3, 8, 9]. W naszym kraju znajduje się południowa i południowo-zachodnia granica zasięgu mącznicy lekarskiej. Granica ta przebiega od zachodniej części Kotliny Śląskiej do północnej granicy Podola, obejmując również Wyżynę Krakowsko-

-Częstochowską i Kotlinę Sandomierską [8]. Stanowiska tej rośliny znajdują się w głównie w północnej i północno-wschodniej części kraju. W południowej części Polski jej występowanie jest znacząco ograniczone [10].



Rycina 1. Mącznica lekarska *Arctostaphylos uva-ursi* w norweskiej tundrze.
Figure 1. Bearberry *Arctostaphylos uva-ursi* in the Norwegian tundra.

Źródło: fotografia B. Bacler-Żbikowska, region Oppdal, 25.10.2019.

Source: B. Bacler-Żbikowska, Oppdal region, 25.10.2019.

Na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat w całej Europie doszło do znaczącego zubożenia populacji mącznicy lekarskiej, co spowodowane było II wojną światową, intensywną rozbudową ośrodków przemysłowych czy też innymi działaniami ludzkimi, związanymi m.in. z gospodarką leśną oraz turystyką [11, 12]. Najważniejszym powodem znacznego wyćpienia populacji tej rośliny była jednak jej nadmierna eksploatacja w celach leczniczych. Przez lata nie istniały żadne regulacje dotyczące zbioru mącznicy, co powodowało, że była ona zbierana na stanowiskach, gdzie jej rozmieszczenie było rozproszone, przy czym corocznie nie zmieniano terenów zbiorów, w efekcie czego jej zasoby zostały znacznie zubożone, co uniemożliwiało naturalną regenerację populacji [10–12]. Innym czynnikiem ograniczającym rozwój populacji mącznicy lekarskiej jest konieczność występowania w glebie grzybów – zarówno mikoryzowych, jak i niemikoryzowych, umożliwiających prawidłowy rozwój rośliny [8, 10]. Przez wiele lat uważano, że u mącznicy lekarskiej występuje jedynie, charakterystyczna dla rodziny wrzosowatych *Ericaceae*, mikoryza endotroficzna, w której to grzyb występuje wewnątrz i między komórkami skórki korzenia.

Prowadzone przez lata szczegółowe badania korzeni tej rośliny wykazały jednak również obecność mikoryzy ektotroficznej. Ponadto wokół korzeni mącznicy lekarskiej często obserwuje się także obecność strzępek grzybni *Cenococcum graniforme*, tworzącego mikoryzę czarną. Co prawda w populacjach *Arctostaphylos uva-ursi* zaobserwować można okazy bezmikoryzowe, ale i u nich występują liczne infekcje pseudomikoryzowe wywoływane obecnością grzybów z rodzaju *Rhizotonia* [8].

Chociaż *Arctostaphylos uva-ursi* jest rośliną szeroko rozpowszechnioną w Europie Północnej, i na europejskiej czerwonej liście roślin leczniczych ma kategorię LC, czyli najmniejszej troski, to roślina ta jest uważana za zagrożoną w wielu krajach i zachowanie jej populacji wymaga lokalnych, w skali Europy, działań ochronnych [13, 14]. Dlatego m.in. w czterech europejskich krajach – Polsce, Słowacji, Czechach oraz Bułgarii – gatunek ten objęty został ochroną ścisłą, a na Polskiej czerwonej liście paprotników i roślin kwiatowych został umieszczony z kategorią NT, oznaczającą gatunek bliski zagrożenia [15–18].

Surowiec leczniczy oraz sposoby jego pozyskiwania

Surowcem leczniczym, scharakteryzowanym m.in. w Farmakopei Polskiej XII, jest liść mącznicy *Uvae-ursi folium*, zawierający nie mniej niż 7% bezwodnej arbutyny [19, 20]. Surowiec ten jest wyjątkowo ceniony zarówno przez przemysł farmaceutyczny, jak i kosmetyczny. Roczne zapotrzebowanie na liść mącznicy wynosi nawet 50 tys. t suszu [11, 21]. Ze względu na ogromne zniszczenia naturalnych stanowisk rośliny, a także długotrwały proces jej regeneracji mącznica lekarska objęta została ochroną całkowitą, a co za tym idzie – zbiór surowca ze stanowisk naturalnych został zabroniony [15]. Z tego też powodu intensywnie poszukuje się nowych źródeł surowca. Jednym z nich była próba wprowadzenia mącznicy do upraw i półupraw. Niestety ze względu na czasochłonność, pracochłonność i trudność hodowli, a także jej małą opłacalność próby te porzucono [8, 22].

Innym możliwym sposobem pozyskiwania arbutyny – najważniejszego składnika chemicznego liścia mącznicy lekarskiej – jest uzyskiwanie go w wyniku syntezy chemicznej. Proces ten jest jednak skomplikowany, dlatego również nie jest wykorzystywany do produkcji arbutyny na skalę masową [23].

Alternatywnym sposobem produkcji arbutyny jest synteza z wykorzystaniem mikroorganizmów, m.in. *Xanthomonas campestris*. Niestety potencjał enzymatyczny mikroorganizmów ograniczony jest jedynie do syntezy α -arbutyny – izomeru występującej u roślin β -arbutyny, co utrudnia ich wykorzystanie w produkcji [24, 25]. Obecnie uwaga naukowców skupiona jest przede wszystkim na

produkcji arbutyny z wykorzystaniem technik biotechnologii roślin, takich jak: mikorpropagacja w warunkach *in vitro*, transformacja genetyczna czy biotransformacja z wykorzystaniem innych roślin [23, 26–29].

Skład chemiczny surowca a potencjał terapeutyczny

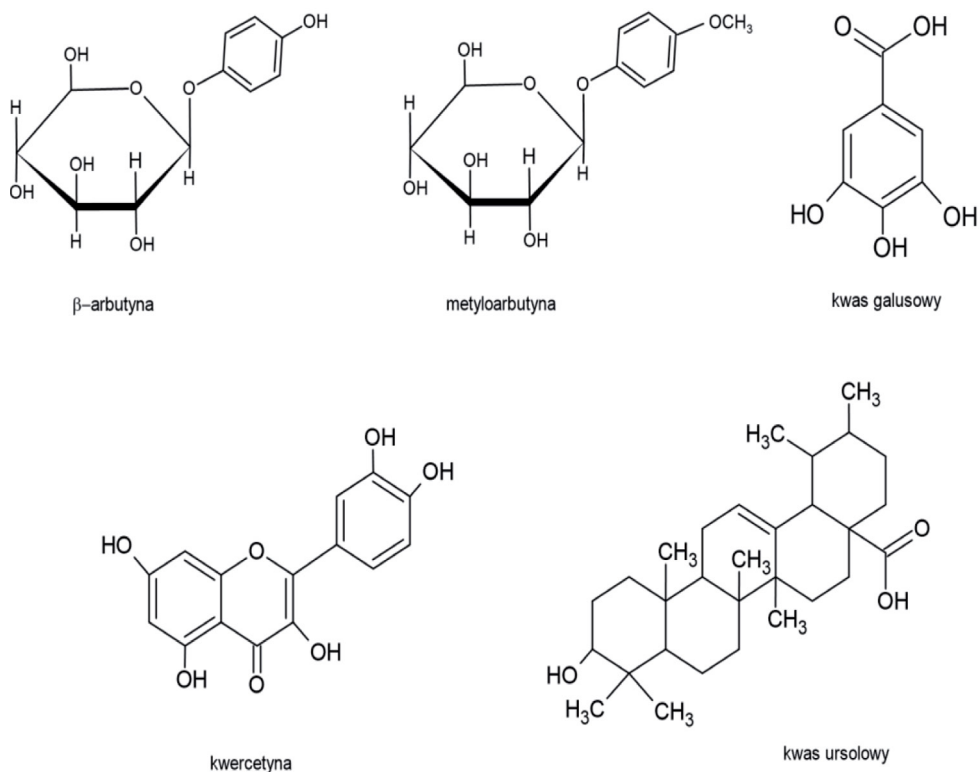
Liść mącznicy lekarskiej jest bogatym źródłem związków należących do grup glikozydów fenolowych, kwasów fenolowych, flawonoidów oraz saponin (schematy wybranych związków należących do tych grup, występujących w liściu mącznicy lekarskiej, przedstawione zostały na Rycinie 2). Jak pokazują badania, w surowcu tym występuje od 40 do nawet 80 różnych metabolitów wtórnych [11, 30–33]. Tak duże różnice w składzie chemicznym rośliny wynikają z różnic genetycznych, morfogenetycznych, ontogenicznych, a także w dużej mierze z różnic w czynnikach środowiskowych. Udowodniono, że na skład chemiczny mącznicy lekarskiej wpływają m.in. lokalizacja geograficzna stanowiska, w tym położenie nad poziomem morza, typ siedliska oraz intensywność nasłonecznienia stanowiska [11, 34, 35].

Glikozydy fenolowe

Najważniejszą grupę substancji czynnych występujących w liściu mącznicy lekarskiej stanowią glikozydy fenolowe, do których zaliczamy przede wszystkim arbutynę (stanowiącą około 5–15% składu surowca) oraz metyloarbutynę (stanowiącą około 4% składu surowca) [32, 36].

Arbutyna jest glikozydem hydrochinonu, zbudowanym z cząsteczki D-glukozy połączonej wiązaniem β -1-4 glikozydowym z hydrochinonem [1].

Po spożyciu mącznicy lekarskiej w przewodzie pokarmowym dochodzi do wchłaniania arbutyny, a następnie pod wpływem enzymu bakteryjnego – β -glukozydazy – do hydrolizy arbutyny do aktywnego farmakologicznie hydrochinonu oraz glukozy. Powstały w ten sposób wolny hydrochinon wiąże się z kwasem glukuronowym lub siarkowym, tworząc wydalane z moczem estry. Gdy pH moczu w drogach moczowych wynosi mniej niż 8, estry ulegają rozkładowi do wolnego hydrochinonu, który wykazuje silne działanie antyseptyczne [36–38]. Powstający w wyniku hydrolizy arbutyny hydrochinon jest także silnym inhibitorem tyrozynazy – enzymu odpowiedzialnego za proces melanogenezy. Związek ten, wiążąc się z centrum aktywnym tyrozynazy, hamuje proces konwersji tyrozyny do L-DOPA i w konsekwencji wytwarzanie melanin [37, 39]. Wykazano również, że arbutyna, dzięki zdolności hamowania szlaków stresu oksydacyjnego, a tym samym hamowania wytwarzania wolnych rodników tlenowych, posiada silne właściwości antyutleniające [11, 40].



Rycina 2. Wzory wybranych związków występujących w liściu mącznicy lekarskiej.

Figure 2. Structures of selected compounds found in bearberry leaf.

Źródło: opracowanie własne.

Source: Author's own work.

Kwasy fenolowe

Do najważniejszych kwasów fenolowych występujących w liściu mącznicy lekarskiej zaliczamy kwas galusowy oraz kwas elagowy, stanowiące nawet 6% składu surowca [31, 41].

Kwas galusowy, dzięki swej zdolności do obniżania poziomu cytokin prozapalnych (m.in. interleukiny 6, czynnika martwicy nowotworów α oraz interleukiny 1 β), wykazuje silne działanie przeciwzapalne, a dzięki zdolności hamowania cyklu komórkowego w fazie S/G2 charakteryzuje go także działanie antyproliferacyjne [42, 43].

Kwas elagowy to dilakton kwasu heksahydroksydifenowego wytwarzany przez rośliny w procesie hydrolizy elagitianin [44]. Kwas ten wykazuje liczne właściwości przeciwzapalne, przeciwutleniające, antyproliferacyjne, jak również przeciwalergiczne oraz przeciwmiażdżycowe [44].

Flawonoidy

Do flawonoidów występujących w liściu mącznicy lekarskiej w największej ilości zaliczamy: hiperozyd oraz katechinę, a także rutynę, kwercetynę, mirycetynę oraz kemferol [32, 41]. Flawonoidy to grupa związków polifenolowych o budowie benzo- γ -pironowej, syntetyzowanych w szlaku fenylopropanoidowym [45]. Związki te charakteryzują się silnymi właściwościami przeciwutleniającymi – dzięki dużej zawartości grup hydroksylowych w swojej strukturze wykazują one zdolność „wychwytywania” wolnych rodników tlenowych, a także chelatowania jonów metali biorących udział w wytwarzaniu tych cząsteczek [45, 46]. Dodatkowo flawonoidy posiadają także silne właściwości bakteriobójcze, przeciwwirusowe oraz przeciwzapalne [45].

Saponiny

W liściach mącznicy lekarskiej występuje aż kilkanaście różnych związków zaliczanych do saponin, m.in.: kwas ursolowy, uvaol, lupeol, kwas oleanowy, erythrodiol czy betulina [41]. Saponiny to cząsteczki składające się z dwóch części: sapogeniny oraz łańcucha oligosacharydowego, połączonych wiązaniem glikozydowym [47]. Saponiny wykazują wiele właściwości prozdrowotnych, do których zaliczamy właściwości antybakteryjne i przeciwgrzybicze, jak również przeciwcukrzycowe oraz kardioprotekcyjne [47].

Właściwości lecznicze i kosmetyczne mącznicy lekarskiej

Przeciwbakteryjne i przeciwzapalne

Hydrochinon powstający w drogach moczowych przy pH niższym niż 8 wykazuje silne działanie przeciwbakteryjne wobec różnych patogenów infekujących drogi moczowe, m.in. *Escherichia coli* oraz *Staphylococcus aureus* [48–51]. Mechanizm przeciwbakteryjnego działania hydrochinonu polega na uszkodzaniu ściany oraz błony komórkowej bakterii, co prowadzi do zwiększenia jej przepuszczalności, wycieku substancji wewnątrzkomórkowej i śmierci bakterii [49]. Jak pokazują badania, dzięki swoim właściwościom antyseptycznym wyciąg z liścia mącznicy lekarskiej może być stosowany (w połączeniu z ibuprofenem) jako alternatywa dla antybiotyków w leczeniu zakażeń dróg moczowych [48].

Dzięki skutecznemu działaniu antybakteryjnemu oraz przeciwzapalnemu mącznica lekarska uważana jest także za obiecujący środek w terapii trądziku pospolitego [52]. Jak wykazują badania przeprowadzone przez Dell'Annunziata i wsp., wyciąg z liści mącznicy lekarskiej przejawia silne działanie cytotoksyczne, cytostatyczne oraz hamujące tworzenie biofilmu przez *Cutibacterium acnes* – bakterię będącą głównym czynnikiem etiologicznym trądziku pospolitego. Jednocześnie stwierdzono

również, że wyciąg ten hamuje uwalnianie cytokin przez *C. acnes*, wykazując w ten sposób silne działanie przeciwzapalne [52]. Stosowane zewnętrznie, na skórę kremy, sera i balsamy zawierające wyciąg z mącznicy lekarskiej mogą zatem znaleźć zastosowanie w leczeniu trądziku, stanowiąc ważną alternatywę dla antybiotyków [52].

Mechanizm przeciwzapalnego działania mącznicy lekarskiej jest wielokierunkowy i polega na hamowaniu wytwarzania przez makrofagi cytokin prozapalnych – m.in. interleukiny-1 β oraz czynnika martwicy nowotworów α , a także na blokowaniu ekspresji genów prozapalnych kodujących interleukinę 6 czy czynnik chemotaktyczny monocytów MCP-1 [53]. Dodatkowo zawarta w roślinie arbutyna wykazuje zdolność hamowania wytwarzania cyklooksygenazy 2 (COX-2) – enzymu odpowiedzialnego za syntezę mediatorów stanu zapalnego, a także syntazy tlenu azotu (iNOS) [53]. Co więcej, wykazano również, że arbutyna, poprzez hamowanie aktywności enzymów: fosfolipazy D, mieloperoksydazy i elastazy, zapobiega uszkodzeniom tkanek powstającym w trakcie procesów zapalnych [54].

Właściwości przeciwzapalne mącznicy lekarskiej mogą być wykorzystane m.in. w leczeniu alergii [55]. Udowodniono, że zastosowanie arbutyny wyizolowanej z liści tej rośliny wraz z prednizolonem lub deksametazonem niwelowało obrzęk oraz zapalenie skóry wywołane reakcją alergiczną typu IV znacznie skuteczniej niż wspomniane leki stosowane w monoterapii [55].

Przeciwcukrzycowe

Zawarta w liściu mącznicy lekarskiej arbutyna wykazuje także właściwości przeciwcukrzycowe, dzięki czemu można stosować ją w terapii tej choroby.

W badaniach *in vitro* przeprowadzonych na komórkach linii HK-2, poddanych ekspozycji na wysokie stężenie glukozy, wykazano, że arbutyna, prawdopodobnie poprzez podwyższenie poziomu ekspresji cząsteczek miR-27, hamuje aktywność szlaków JNK oraz mTOR, co prowadzi do wstrzymania procesów apoptozy i autofagii wywołanych w tych komórkach na skutek działania wysokiego stężenia glukozy, zapobiegając tym samym rozwojowi nefropatii cukrzycowej [56].

Arbutyna wykazuje także zdolność hamowania aktywności α -amylazy i α -glukozydazy – enzymów odpowiedzialnych za rozkład węglowodanów do cukrów prostych. Inhibicja aktywności tych enzymów prowadzi do zmniejszenia wchłaniania monosacharydów w przewodzie pokarmowym, czego efektem jest ograniczenie wzrostu stężenia glukozy we krwi po posiłku [57].

Przeciwnowotworowe

W ostatnich latach coraz większe zainteresowanie wzbudzają potencjalne właściwości przeciwnowotworowe mącznicy lekarskiej [58–60]. Jak podali w swoich badaniach Li oraz Jeong, arbutyna w stężeniu 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ wykazuje silne właściwości

antyproliferacyjne wobec komórek raka pęcherza moczowego linii TCCSUP. Wyniki te sugerują, że poprzez inaktywację kinazy ERK oraz zwiększenie ekspresji białka p21 substancja ta zaburza cykl komórkowy komórek nowotworowych, prowadząc do zahamowania ich proliferacji [58].

Wykazano także, że arbutyna wykazuje działanie proapoptotyczne wobec komórek raka prostaty linii LNCaP, a dzięki jednoczesnemu obniżaniu w tych komórkach poziomu wolnych rodników tlenowych oraz hamowaniu ekspresji genów kodujących cytokiny prozapalne (interleukinę β oraz TNF- α) może stanowić uzupełnienie klasycznej terapii tego nowotworu [59]. Co więcej, jak ustalili w swoich badaniach Jiang oraz Wang, zawarta w mącznicy lekarskiej arbutyna wykazuje działanie proapoptotyczne również w stosunku do komórek czerniaka [60]. Substancja ta, za pośrednictwem szlaku mitochondrialnego (o czym świadczy obniżenie ekspresji antyapoptotycznych białek Bcl-2 oraz Bcl-xL), aktywuje proces apoptozy w mysich komórkach czerniaka linii B16, prowadząc do znaczącego zmniejszenia ich żywotności [60].

Wybielające

Jak wspomniano wcześniej, powstający w procesie hydrolizy arbutyny hydrochinon wykazuje zdolność hamowania syntezy melaniny, co wykorzystane zostało w produkcji preparatów rozjaśniających skórę [11].

Melanina jest kolorowym pigmentem, obecnym w skórze, włosach i tęczówkach, którego produkcja zachodzi w melanosomach – organellach zlokalizowanych w melanocytach naskórka [61]. Najważniejszą funkcją melaniny jest ochrona skóry przed promieniowaniem UV, a także utrzymanie jej homeostazy [62, 63]. Proces syntezy melaniny składa się z kilku etapów – pierwsze z nich, katalizowane przez tyrozynazę, polegają na hydroksylacji tyrozyny do L-DOPY, utlenianiu L-DOPY oraz jej przekształceniu do dopachinonu. W kolejnych reakcjach, obejmujących m.in. cyklizację oraz polimeryzację oksydacyjną, dopachinon ulega przekształceniu do melaniny [64, 65]. Zaburzenia w procesie syntezy melaniny prowadzą do występowania zaburzeń pigmentacji skóry – przede wszystkim do hiperpigmentacji, stanowiącej obecnie ważny problem kosmetyczny [64]. Dzięki hamowaniu katalitycznej aktywności tyrozynazy o około 50%, poprzez wiązanie się z miejscem aktywnym enzymu (inhibicja kompetycyjna), arbutyna zmniejsza produkcję melaniny, prowadząc do redukcji przebarwień i wyrównania kolorytu skóry [66]. Dodatkowo po aplikacji arbutyny na skórę, w wyniku działania promieniowania ultrafioletowego, oraz w obecności mikroorganizmów bytujących na skórze, arbutyna ulega przekształceniu do hydrochinonu, który również wykazuje zdolność hamowania tyrozynazy, a także uszkodzania błon komórkowych melanocytów, prowadząc w ten sposób do ich bezpośredniego uszkodzenia i śmierci [39, 66]. Co więcej, zawarta

w mącznicy lekarskiej arbutyna, dzięki swoim właściwościom antyoksydacyjnym, obniża poziom wolnych rodników tlenowych powstających w procesie melanogenezy, chroniąc w ten sposób skórę przed skutkami ich negatywnego działania [66, 67]. Efektywność arbutyny w terapii hiperpigmentacji skóry została potwierdzona w licznych badaniach [68–70].

Podsumowanie

Na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat w medycynie nastąpił zauważalny zwrot, polegający na odejściu od leków syntetycznych w kierunku leków bazujących na substancjach naturalnych, spowodowany m.in. ich mniejszą toksycznością, dostępnością, a także korzystną ceną [71]. Dostępne obecnie nowoczesne techniki badawcze pozwalają na odkrywanie nowych związków leczniczych, a także poznanie kolejnych zastosowań dla już znanych surowców roślinnych [71].

Przykładem rośliny, w odniesieniu do której w ostatnich latach zaobserwowano znaczący wzrost zainteresowania, jest opisywana mącznica lekarska *Arctostaphylos uva-ursi*. Roślina ta od lat uważana była za doskonały środek leczniczy przede wszystkim w terapii infekcji układu moczowego, ale również w leczeniu przebarwień skóry [11]. Najnowsze badania wskazują jednak że może stanowić ona alternatywę lub uzupełnienie terapii nowotworów, cukrzycy czy też chorób zapalnych [56, 72].

Wzrostowi zainteresowania mącznicą lekarską towarzyszy także wzrost zapotrzebowania na ten surowiec roślinny. Niestety ze względu na znaczące zubożenie populacji mącznicy lekarskiej spowodowane nadmierną eksploatacją oraz brakiem regulacji zbiorów tej rośliny obecnie jej pozyskiwanie ze stanowisk naturalnych jest prawnie zabronione [10, 15, 20]. Z tego właśnie powodu trwają wzmożone poszukiwania wydajnych metod uprawy mącznicy lekarskiej czy też pozyskiwania metodami chemicznymi, mikrobiologicznymi i biotechnologicznymi jej najważniejszego metabolitu – arbutyny [22, 23, 27]. Niestety do dziś nie udało się opracować metody, która pozwalałaby na szybkie, mało pracochłonne i wydajne pozyskiwanie surowca, stąd konieczność dalszych badań w tym zakresie.

Niezbędne są również dalsze badania w celu poznania kolejnych właściwości leczniczych mącznicy lekarskiej, jak bowiem pokazują najnowsze wyniki badań, roślina ta może okazać się przydatna w terapii chorób coraz częściej dotykających dzisiejsze społeczeństwo, takich jak choroba Alzheimera, stwardnienie rozsiane czy choroba Parkinsona [73–75].

Literatura

- [1] Ștefănescu B.E., Szabo K., Mocan A., Crișan G., Phenolic Compounds from Five Ericaceae Species Leaves and Their Related Bioavailability and Health Benefits, *Molecules*, 2019, 24(11), s. 2046.
- [2] Bone K., Mills S., Principles and Practice of Phytotherapy: Modern Herbal Medicine 2nd Edition, Elsevier Books, London 2013.
- [3] Bacler B., Zasoby gatunkowe cennych roślin leczniczych powiatu włoszczowskiego. Część 1 – mącznica lekarska *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng., *Annales Academiae Medicae Silesiensis*, 2009, 63(3), s. 33–37.
- [4] Remphrey W.R., Neal B.R., The morphology and growth of *Arctostaphylos uva-ursi* (bearberry): an architectural analysis, *Canadian Journal of Botany*, 1983, 61(9), s. 2451–2458.
- [5] Strzelecka H., Kowalski J., Encyklopedia zielarstwa i ziołolecznictwa, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 2000.
- [6] van Wyk B., Wink M., Rośliny lecznicze świata, MedPharm Polska, Wrocław 2008.
- [7] Szafer W., Zarzycki K., Szata roślinna Polski. Tom 1, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1977.
- [8] Gawłowska J., Mącznica lekarska – *Arctostaphylos uva-ursi* L. w Polsce, jej zasoby i ochrona, *Ochrona Przyrody*, 1964, 30, s. 23–50.
- [9] Naczek M., Pegg R., Amarowicz R., Protein-precipitating capacity of bearberry-leaf (*Arctostaphylos uva-ursi* L. Sprengel) polyphenolics, *Food Chemistry*, 2011, 124, s. 1507–1513.
- [10] Stebel A., Bacler-Żbikowska B., Występowanie *Arctostaphylos uva-ursi* (*Ericaceae*) w województwie śląskim, *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*, 2019, 26(1), s. 3–13.
- [11] Sugier P., Sęczyk Ł., Sugier D., Krawczyk R., Wójcik M., Czarnecka J., Okoń S., Plak A., Chemical Characteristics and Antioxidant Activity of *Arctostaphylos uva-ursi* L. Spreng. at the Southern Border of the Geographical Range of the Species in Europe, *Molecules*, 2021, 26(24), s. 7692.
- [12] Kravchenko G., Krasilnikova O., Raal A., Mazen M., Chaika N., Kireyev I., Grytsyk A., Koshovyi O., *Arctostaphylos uva-ursi* L. leaves extract and its modified cysteine preparation for the management of insulin resistance: chemical analysis and bioactivity, *Journal of Natural Products*, 2022, 12, s. 30–44.
- [13] Maxted N., Bilz M., Lansdown R., European Red List of Vascular Plants, Publications Office of the European Union, Luxembourg 2011.
- [14] Allen D., Bilz M., Leaman D.J., Miller R.M., Timoshyna A., Window J., European Red List of Medicinal Plants, Publications Office of the European Union, Luxembourg 2014.
- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 września 2001 r. w sprawie określenia listy gatunków roślin rodzimych dziko występujących objętych ochroną gatunkową ścisłą i częściową oraz zakazów właściwych dla tych gatunków i odstępstw od tych zakazów (Dz.U. z 2001 r. nr 106, poz. 1176).
- [16] Proházková F., Černý a červený seznam cévnatých rostlin České republiky (stav v roce 2000), *Příroda*, 2001, 18, s. 1–166.
- [17] Petrova A., Vladimirov V., Red List of Bulgarian vascular plants, *Phytologia Balcanica*, 2009, 15, s. 63–94.

- [18] Kaźmierczakowa R., Bloch-Orłowska J., Celka Z., Cwener A., Dajdok Z., Michalska-Hejduk D., Pawlikowski P., Szczeńniak E., Ziarnik K., Polska czerwona lista paprotników i roślin kwiatowych, Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk, Kraków 2016.
- [19] Farmakopea Polska XII, Urząd Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych, Warszawa 2023.
- [20] Bacler-Żbikowska B., Stebel A., Katalog roślin leczniczych aktualnie dopuszczonych do stosowania w medycynie konwencjonalnej w Polsce: różnorodność gatunkowa, pochodzenie, zastosowanie, problemy zrównoważonego pozyskiwania i ochrona, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Katowice 2024.
- [21] Forycka A., Buchwald W., Badania zasobów naturalnych roślin leczniczych objętych w Polsce ochroną prawną, *Herba Polonica*, 2008, 54(3), s. 96–99.
- [22] Gawłowska J., Badania nad morfologią i biologią mącznicy lekarskiej *Arctostaphylos uva-ursi* L. oraz sposobami jej ochrony, *Ochrona Przyrody*, 1965, 31, s. 7–51.
- [23] Ekiert H., Kwiecień I., Szopa A., Muszyńska B., Possibilities of arbutin production using plant biotechnology methods, *Polish Journal of Cosmetology*, 2012, 15(3), s. 151–162.
- [24] Seo D.H., Jung J.H., Lee J.E., Jeon E.J., Kim W., Park C.S., Biotechnological production of arbutins (α - and β -arbutins), skin-lightening agents, and their derivatives, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2012, 95(6), s. 1417–1425.
- [25] Kurosu J., Sato T., Yoshida K., Tsugane T., Shimura S., Kirimura K., Kino K., Usami S., Enzymatic synthesis of alpha-arbutin by alpha-anomer-selective glucosylation of hydroquinone using lyophilized cells of *Xanthomonas campestris* WU-9701, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 2002, 93(3), s. 328–330.
- [26] Jahodář L., Vondrová I., Leifertová I., Kolb I., Tissue culture of *Arctostaphylos uva-ursi*, examination of phenolic glycosides and isolation of oleanolic acid, *Pharmazie* 1982, 37, s. 509–511.
- [27] Kada J., Dorion N., Bigot C., In vitro micropropagation of *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Sprengel.: Comparison between two methodologies, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 1991, 24, s. 217–222.
- [28] Szopa A., Ekiert H., Kwiecień I., Biotransformation of hydroquinone and 4-hydroxybenzoic acid in *schisandrachinensis* (Chinese magnolia vine) in vitro cultures, *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 2017, 16(6), s. 57–66.
- [29] Kwiecień I., Szopa A., Madej K., Ekiert H., Arbutin production via biotransformation of hydroquinone in in vitro cultures of *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott, *Acta Biochimica Polonica*, 2013, 60(4), s. 865–870.
- [30] Olennikov D.N., Chekhirova G.V., 6-Galloylpicein and other phenolic compounds from *Arctostaphylos uva-ursi*, *Chemistry of Natural Compounds*, 2013, 49, s. 1–7.
- [31] Song X.C., Canellas E., Dreolin N., Nerin C., Goshawk J., Discovery and Characterization of Phenolic Compounds in Bearberry (*Arctostaphylos uva-ursi*) Leaves Using Liquid Chromatography-Ion Mobility-High-Resolution Mass Spectrometry, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2021, 69(37), s. 10856.
- [32] Panusa A., Petrucci R., Marrosu G., Multari G., Gallo F.R., UHPLC-PDA-ESI-TOF/MS metabolic profiling of *Arctostaphylos pungens* and *Arctostaphylos uva-ursi*. A comparative study of phenolic compounds from leaf methanolic extracts, *Phytochemistry*, 2015, 115, s. 79–88.

- [33] Wrona M., Blasco S., Becerril R., Nerin C., Sales E., Asensio E., Antioxidant and antimicrobial markers by UPLC * – ESI-Q-TOF-MSE of a new multilayer active packaging based on *Arctostaphylos uva-ursi*, *Talanta*, 2019, 196, s. 498–509.
- [34] Parejo I., Viladomat F., Bastida J., Codina C., Variation of the arbutin content in different wild populations of *Arctostaphylos uva-ursi* in Catalonia, Spain, *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 2002, 9, s. 329–333.
- [35] Asensio E., Vitales D., Pérez I., Peralba L., Viruel J., Montaner C., Vallès J., Garnatje T., Sales E., Phenolic compounds content and genetic diversity at population level across the natural distribution range of Bearberry (*Arctostaphylos uva-ursi*, *Ericaceae*) in the Iberian Peninsula, *Plants*, 2020, 9, s. 1250.
- [36] Bartnik M., Facey P.C., Chapter 8 – Glycosides. *Pharmacognosy: Fundamentals, Applications and Strategies*, Elsevier, Amsterdam 2017.
- [37] Bhalla M., Mittal R., Kumar M., Kushwah A.S., Pharmacological Aspects of a Bioactive Compound Arbutin: A Comprehensive Review, *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 2023, 13(2), s. 119–132.
- [38] de Arriba S.G., Naser B., Nolte K.U., Risk assessment of free hydroquinone derived from *Arctostaphylos uva-ursi* folium herbal preparations, *International Journal of Toxicology*, 2013, 32(6), s. 442–453.
- [39] Hu Z.M., Zhou Q., Lei T.C., Ding S.F., Xu S.Z., Effects of hydroquinone and its glucoside derivatives on melanogenesis and antioxidation: Biosafety as skin whitening agents, *Journal of Dermatological Science*, 2009, 55(3), s. 179–184.
- [40] Polouliakh N., Ludwig V., Meguro A., Kawagoe T., Heeb O., Mizuki N., Alpha-Arbutin Promotes Wound Healing by Lowering ROS and Upregulating Insulin/IGF-1 Pathway in Human Dermal Fibroblast [published correction appears in *Front Physiol.* 2021 Mar 12; 12:659813], *Frontiers in Physiology*, 2020, 11, s. 586843.
- [41] Chaika N., Koshovyi O., Ain R., Kireyev I., Zupanets I., Odyntsova V., Phytochemical profile and pharmacological activity of the dry extract from *Arctostaphylos uva-ursi* leaves modified with phenylalanine, *ScienceRise: Pharmaceutical Science*, 2020, 6(28), s. 74–84.
- [42] Bai J., Zhang Y., Tang C., Hou Y., Ai X., Chen X., Zhang Y., Wang X., Meng X., Gallic acid: Pharmacological activities and molecular mechanisms involved in inflammation-related diseases, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2021, 133, s. 110985.
- [43] Zamudio-Cuevas Y., Andonegui-Elguera M.A., Aparicio-Juárez A., Aguillón-Solís E., Martínez-Flores K., Ruvalcaba-Paredes E., Velasquillo-Martínez C., Ibarra C., Martínez-López V., Gutiérrez M., García-Arrazola R., Hernández-Valencia C.G., Romero-Montero A., Hernández-Valdepeña M.A., Gimeno M., Sánchez-Sánchez R., The enzymatic poly(gallic acid) reduces pro-inflammatory cytokines in vitro, a potential application in inflammatory diseases, *Inflammation*, 2021, 44(1), s. 174–185.
- [44] Sharifi-Rad J., Quispe C., Castillo C.M.S., Caroca R., Lazo-Vélez M.A., Antonyak H., Polishchuk A., Lysiuk R., Oliynyk P., De Masi .L, Bontempo P., Martorell M., Daştan S.D., Rigano D., Wink M., Cho W.C., Ellagic Acid: A Review on Its Natural Sources, Chemical Stability, and Therapeutic Potential, *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022, s. 3848084.
- [45] Kumar S., Pandey A.K., Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview, *Scientific World Journal*, 2013, s. 162750.

- [46] Brunetti C., Di Ferdinando M., Fini A., Pollastri S., Tattini M., Flavonoids as antioxidants and developmental regulators: relative significance in plants and humans, *International Journal of Molecular Sciences*, 2013, 14(2), s. 3540–3555.
- [47] Nguyen L.T., An Overview of Saponins – A Bioactive Group, *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca, Animal Science and Biotechnologies*, 2020, 77(1), s. 25–36.
- [48] Moore M., Trill J., Simpson C., Webley F., Radford M., Stanton L., Maishman T., Galanopoulou A., Flower A., Eyles C., Willcox M., Hay A.D., van der Werf E., Gibbons S., Lewith G., Little P., Griffiths G., *Uva-ursi* extract and ibuprofen as alternative treatments for uncomplicated urinary tract infection in women (ATAFUTI): a factorial randomized trial, *Clinical Microbiology and Infection*, 2019, 25(8), s. 973–980.
- [49] Ma C., He N., Zhao Y., Xia D., Wei J., Kang W., Antimicrobial Mechanism of Hydroquinone, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 2019, 189(4), s. 1291–1303.
- [50] Hafizović L., Karup S., Hadžialić A., Effect of *Vaccinium vitis-idaea* tea and *Arctostaphylos uva-ursi* tea on growth of causative agents of urinary tract infections, *Journal of Natural Sciences and Engineering*, 2021, 3(1), s. 1–7.
- [51] Das S., Natural therapeutics for urinary tract infections – a review, *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2020, 6(1), s. 64.
- [52] Dell'Annunziata F., Cometa S., Della Marca R., Busto F., Folliero V., Franci G., Galdiero M., De Giglio E., De Filippis A., In Vitro Antibacterial and Anti-Inflammatory Activity of *Arctostaphylos uva-ursi* Leaf Extract against *Cutibacterium acnes*, *Pharmaceutics*, 2022, 14(9), s. 1952.
- [53] Lee H.J., Kim K.W., Anti-inflammatory effects of arbutin in lipopolysaccharide-stimulated BV2 microglial cells, *Inflammation Research*, 2012, 61(8), s. 817–825.
- [54] Pečivová J., Nosál' R., Svitekóvá K., Mačičková T., Arbutin and decrease of potentially toxic substances generated in human blood neutrophils, *Interdisciplinary Toxicology*, 2014, 7(4), s. 195–200.
- [55] Matsuda H., Nakata H., Tanaka T., Kubo M., Pharmacological study on *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng. II. Combined effects of arbutin and prednisolone or dexamethazone on immuno-inflammation, *Yakugaku Zasshi*, 1990, 110(1), s. 68–76.
- [56] Lv L., Zhang J., Tian F., Li X., Li D., Yu X., Arbutin protects HK-2 cells against high glucose-induced apoptosis and autophagy by up-regulating microRNA-27a, *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 2019, 47(1), s. 2940–2947.
- [57] Yousefi F., Mahjoub S., Pouramir M., Khadir F., Hypoglycemic activity of *Pyrus biosseriana* Buhse leaf extract and arbutin: Inhibitory effects on alpha amylase and alpha glucosidase, *Caspian Journal of Internal Medicine*, 2013, 4(4), s. 763–767.
- [58] Li H., Jeong Y.M., Kim S.Y., Kim M.K., Kim D.S., Arbutin inhibits TCCSUP human bladder cancer cell proliferation via up-regulation of p21, *Pharmazie*, 2011, 66(4), s. 306–309.
- [59] Safari H., Zabihi E., Pouramir M., Morakabati P., Abedian Z., Karkhah A., Nouri H.R., Decrease of intracellular ROS by arbutin is associated with apoptosis induction and downregulation of IL-1 β and TNF- α in LNCaP; prostate cancer, *Journal of Food Biochemistry*, 2020, 44(9), e13360.
- [60] Jiang L., Wang D., Zhang Y., Li J., Wu Z., Wang Z., Wang D., Investigation of the pro-apoptotic effects of arbutin and its acetylated derivative on murine melanoma cells, *International Journal of Molecular Medicine*, 2018, 41(2), s. 1048–1054.

- [61] Videira I.F., Mechanisms regulating melanogenesis, *Anais Brasileiros de Dermatologia*, 2013, 88(1), s. 76–83.
- [62] Boo Y.C., Emerging Strategies to Protect the Skin from Ultraviolet Rays Using Plant-Derived Materials, *Antioxidants*, 2020, 9(7), s. 637.
- [63] Słomiński R.M., Żmijewski M.A., Słomiński A.T., The role of melanin pigment in melanoma, *Experimental Dermatology*, 2015, 24(4), s. 258–259.
- [64] Saeedi M., A comprehensive review of the therapeutic potential of α -arbutin, *Phytotherapy Research*, 2021, 35(8), s. 4136–4154.
- [65] Olivares C., Jiménez-Cervantes C., Lozano J.A., Solano E., García-Borrón J.C., The 5,6-dihydroxyindole-2-carboxylic acid (DHICA) oxidase activity of human tyrosinase, *Biochemical Journal*, 2001, 354(Pt 1), s. 131–139.
- [66] Boo Y.C., Arbutin as a skin depigmenting agent with antimelanogenic and antioxidant properties, *Antioxidants*, 2021, 10(7), s. 1129.
- [67] Tada M., Kohno M., Niwano Y., Alleviation effect of arbutin on oxidative stress generated through tyrosinase reaction with L-tyrosine and L-DOPA, *BMC Biochemistry*, 2014, 15, s. 23.
- [68] Crocco E.I., Veasey J.V., Boin M.F., Lellis R.F., Alves R.O., A novel cream formulation containing nicotinamide 4%, arbutin 3%, bisabolol 1%, and retinaldehyde 0.05% for treatment of epidermal melisma, *Cutis*, 2015, 96(5), s. 337–342.
- [69] Ertam I., Mutlu B., Unal I., Alper S., Kivçak B., Ozer O., Efficiency of ellagic acid and arbutin in melasma: a randomized, prospective, open-label study, *Journal of Dermatology*, 2008, 35(9), s. 570–574.
- [70] Fragoso-Covarrubias C.E., Efficacy and safety of the combination of arbutin 5%+ glycolic acid 10%+ kojic acid 2% versus hydroquinone 4% cream in the management of facial melasma in Mexican women with Fitzpatrick skin type III–IV, *Dermatologia Revista Mexicana*, 2015, 59, s. 263–270.
- [71] Petrovska B.B., Historical review of medicinal plants' usage, *Pharmacognosy Reviews*, 2012, 6(11), s. 1–5.
- [72] Amarowicz R., Pegg R., Inhibition of proliferation of human carcinoma cell lines by phenolic compounds from a bearberry leaf crude extract and its fractions, *Journal of Functional Foods*, 2013, 5, s. 660–667.
- [73] Dastan Z., Pouramir M., Ghasemi-Kasman M., Ghasemzadeh Z., Dadgar M., Gol M., Ashrafpour M., Pourghasem M., Moghadamnia A.A., Khafri S., Arbutin reduces cognitive deficit and oxidative stress in animal model of Alzheimer's disease, *International Journal of Neuroscience*, 2019, 129(11), s. 1145–1153.
- [74] Ebrahim-Tabar F., Nazari A., Pouramir M., Ashrafpour M., Pourabdolhossein F., Improves Functional Recovery and Attenuates Glial Activation in Lysolecithin-Induced Demyelination Model in Rat Optic Chiasm, *Molecular Neurobiology*, 2020, 57(7), s. 3228–3242.
- [75] Dadgar M., Pouramir M., Dastan Z., Ghasemi-Kasman M., Ashrafpour M., Moghadamnia A.A., Khafri S., Pourghasem M., Arbutin attenuates behavioral impairment and oxidative stress in an animal model of Parkinson's disease, *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 2018, 8(6), s. 533–542.

Lecnicze właściwości *Cynara scolymus*? Krytyczny przegląd dowodów i molekularnych mechanizmów działania

Health benefits of *Cynara scolymus*? A critical review of evidence and molecular mechanisms of action

Jan Zadworny^{1,2}

¹ Student kierunku lekarskiego, Pomorski Uniwersytet Medyczny, ul. Rybacka 1, 70-204 Szczecin

² Student Kolegium Międzywydziałowych Indywidualnych Studiów Matematyczno-Przyrodniczych, Uniwersytet Warszawski, ul. Banacha 2C, 02-097 Warszawa, e-mail: j.zadworny@student.uw.edu.pl

Słowa kluczowe: karczoch zwyczajny (*Cynara scolymus*), polifenole, terpenoidy, hipercholesterolemia, dyspepsja czynnościowa, niealkoholowe stłuszczenie wątroby

Keywords: globe artichoke (*Cynara scolymus*), hypercholesterolemia, polyphenols, terpenoids, functional dyspepsia, nonalcoholic fatty liver disease

Streszczenie

Karczoch zwyczajny (*Cynara scolymus*) jest znany za sprawą dużej zawartości aktywnych biologicznie metabolitów: polifenoli oraz terpenoidów. Przypisuje im się działanie hipolipidemiczne, antydyspeptyczne, hepatoprotekcyjne oraz antyoksydacyjne. Mimo to liczba dobrej jakości badań klinicznych dokumentujących działanie lecznicze karczocha i ekstraktu z jego liści (ELK) jest stosunkowo niewielka. Zgromadzone w nich dowody zdają się potwierdzać pozytywny wpływ ELK w hipercholesterolemii i dyspepsji czynnościowej. Sugerują też możliwy efekt terapeutyczny u chorych na niealkoholowe stłuszczeniowe zapalenie wątroby i zespół jelita drażliwego. We wszystkich tych przypadkach potrzebne są dalsze rygorystyczne badania kliniczne, które pozwolą skwantyfikować obserwowane efekty i dawki ELK konieczne do ich wywołania. Dowody zdają się wykluczać jakiegokolwiek działanie ELK w leczeniu wirusowego zapalenia wątroby typu C oraz kaca alkoholowego.

Summary

Globe artichoke (*Cynara scolymus*) is well known for its high content of biologically active metabolites, namely polyphenols and terpenoids. These compounds are believed to have hypolipidemic, antidyspeptic, hepatoprotective and antioxidant properties. Despite this, the number of good-quality clinical trials documenting the

therapeutic effects of artichoke and its leaf extract is relatively small. The evidence gathered seems to confirm the positive effect of artichoke leaf extract in hypercholesterolemia and functional dyspepsia. They also suggest a possible therapeutic effect in patients with non-alcoholic steatohepatitis and irritable bowel syndrome. In all of these cases, further rigorous clinical trials are needed to quantify the observed effects and the doses of ELK required to induce them. The evidence seems to rule out any effect of ELK in the treatment of hepatitis C and alcohol hangovers.

Wstęp

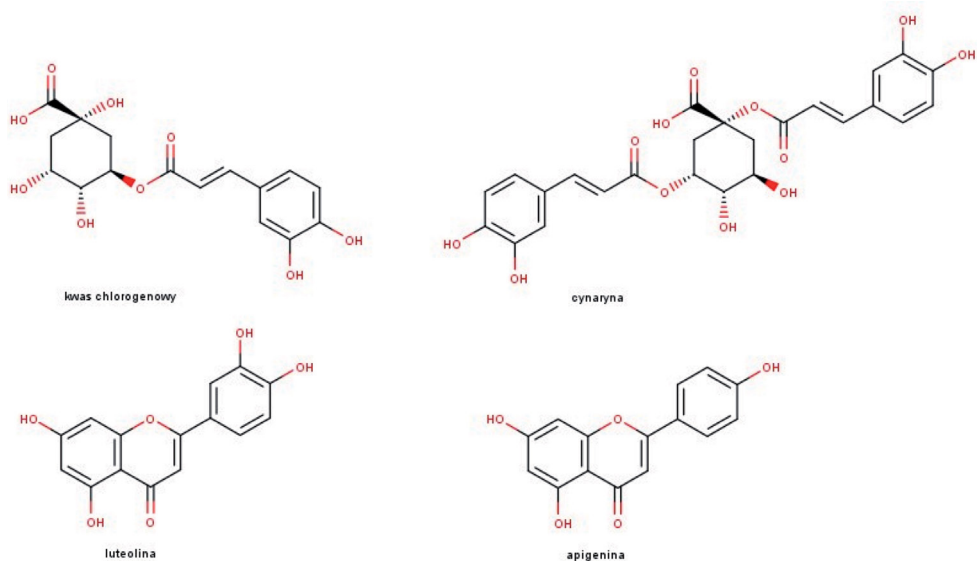
Karczoch zwyczajny *Cynara scolymus* L. [1] to roślina uprawiana przez człowieka od starożytności, prawdopodobnie udomowiona już na początku pierwszego tysiąclecia naszej ery [2]. Od tego czasu zyskała popularność dzięki walorom kulinarnym, ale także ze względu na właściwości prozdrowotne. Te ostatnie są szeroko wykorzystywane w produkcji suplementów diety, które zawierają najczęściej ekstrakt z liści karczocha (ELK) [3]. Roślinie tej przypisuje się właściwości lecznicze, które znajdują zastosowanie w terapii schorzeń takich jak hipercholesterolemia, dyspepsja czynnościowa, niealkoholowe stłuszczeniowe zapalenie wątroby, zespół jelita drażliwego, wirusowe zapalenie wątroby typu C czy kac alkoholowy. Co ważne, same liście karczocha nie są jadalne ze względu na gorzki smak.

Niniejszy artykuł stanowi krytyczny przegląd badań dotyczących leczniczych właściwości karczocha zwyczajnego i ELK. W celu przedstawienia jak najbardziej wiarygodnych informacji wywód oparto przede wszystkim na randomizowanych badaniach klinicznych, stanowiących jedną z najbardziej rygorystycznych form dowodu naukowego. Tam gdzie to możliwe, uwagę poświęcono biochemicznym mechanizmom działania zawartych w *Cynara scolymus* substancji, co pozwala lepiej zrozumieć obserwowane efekty terapeutyczne.

Bioaktywne związki *Cynara scolymus*

Karczoch zwyczajny, a także ekstrakt z jego liści są bogate w liczne metabolity, które stanowią źródło omówionych w dalszej części artykułu właściwości. Szczególnie istotną rolę odgrywają tu związki polifenolowe, których struktury przedstawiono na Rycinie 1. Najważniejsze z nich to estry kwasów chinowego z kwasem kawowym: kwas chlorogenowy i cynaryna. Do polifenolowych związków karczocha należą też flawonoidy, takie jak luteolina oraz apigenina. Obie te substancje występują naturalnie w formie glikozydów [4, 5].

Lecnicze właściwości *Cynara scolymus*? Krytyczny przegląd...



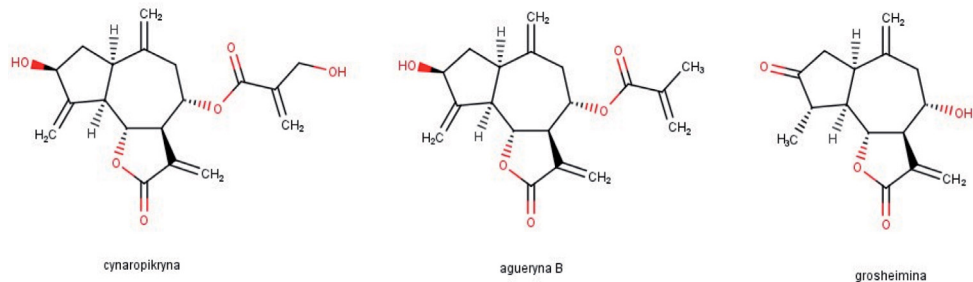
Rycina 1. Polifenolowe związki *Cynara scolymus*.

Figure 1. *Cynara scolymus* polyphenolic compounds.

Źródło: [4, 5].

Source: [4, 5].

W liściach karczocha występują także seskwiterpeny, które są odpowiedzialne za ich gorzki smak. Kluczowe dla właściwości prozdrowotnych zdają się trzy z nich: cyranopikryna, agueryna B i grosheimina (Rycina 2) [6, 7].



Rycina 2. Seskwiterpeny występujące w *Cynara scolymus*.

Figure 2. *Cynara scolymus* sesquiterpenes.

Źródło: [6, 7].

Source: [6, 7].

Hipercholesterolemia

Hipercholesterolemia, czyli podwyższone stężenie cholesterolu we krwi, jest jednym z najważniejszych czynników ryzyka chorób sercowo-naczyniowych. Zagrożenie stanowi przede wszystkim podwyższenie poziomu lipoprotein o niskiej gęstości (ang. *low-density lipoproteins* – LDL) – będące jednym z kluczowych czynników patogenezы miażdżycy. Odwrotnie jest w przypadku lipoprotein o wysokiej gęstości (ang. *high-density lipoproteins* – HDL): podwyższenie ich poziomu wiąże się z mniejszym ryzykiem chorób sercowo-naczyniowych [8]. Hipercholesterolemia to problem bardzo rozpowszechniony w polskiej populacji. Wyniki z przeprowadzonego w latach 2013–2014 badania WOBASZ II wskazują, że dotyczy ona aż 61,1% Polaków w wieku 20–74 lata [9].

Badania

Obniżanie poziomu cholesterolu we krwi przez ekstrakt z liści karczocha (ELK) zostało przetestowane w kilku podwójnie ślepych, randomizowanych badaniach klinicznych. W jednym z nich 143 pacjentom z podwyższonym poziomem cholesterolu podawano codziennie przez 6 tygodni tabletki zawierające 1800 mg ekstraktu z liści karczocha lub placebo. Jak się okazało, w grupie badawczej całkowity poziom cholesterolu obniżył się o 18,5%, a poziom LDL o 22,9%. Stanowiło to wynik istotnie lepszy niż w grupie kontrolnej, gdzie spadki wyniosły odpowiednio 8,6% i 6,3% [10].

Te pozytywne wyniki nie powtórzyły się niestety w podobnym badaniu, którym objęto 131 pacjentów cierpiących na umiarkowaną hipercholesterolemię. Po 12 tygodniach podawania im codziennie 1280 mg ELK odnotowano spadek całkowitego poziomu cholesterolu jedynie o 4,2%. Efekt był istotnie lepszy niż w grupie przyjmującej placebo, ale w obu grupach nie zaobserwowano znaczących zmian w poziomie LDL [11].

Lepszy efekt uzyskano w innym badaniu, do którego zakwalifikowano 92 otyłych pacjentów z umiarkowaną hipercholesterolemię. Otrzymane po 8 tygodniach codziennego suplementowania 500 mg wyciągu z karczocha wyniki wskazywały, że ELK obniża poziom LDL, a także cholesterolu całkowitego, zwiększając jednocześnie poziom HDL. W grupie przyjmującej placebo efekty te nie wystąpiły [12].

Mechanizm działania

W badaniach *in vitro* na szczurzych hepatocytach udowodniono zdolność ELK do inhibicji reduktazy 3-hydroksy-3-metyloglutarylokoenzymu A. Co więcej, wykazano też blokowanie przez ekstrakt z liści karczocha aktywowującego wpływu insuliny na ten enzym [13]. Za takie działanie odpowiada głównie luteolina, a w mniejszym

stopniu także kwas chlorogenowy [14]. Ma to prawdopodobnie kardynalne znaczenie dla działania ELK w obniżaniu poziomu cholesterolu. Reduktaza 3-hydroksy-3-metyloglutarylokoenzymu A stanowi kluczowy element szlaku biosyntezy cholesterolu w wątrobie, a jej inhibicja jest podstawą działania statyn – leków powszechnie stosowanych w leczeniu hipercholesterolemii [15].

Komplementarny, ale mniej znaczący sposób działania ELK w hipercholesterolemii może wynikać z zawartości cyranopikryny, agueryny B i grosheiminy. Dokładny mechanizm takiego działania nie został jeszcze odpowiednio poznany [6].

Podsumowanie

Między wynikami badań nad wpływem ELK na profil lipidowy pacjentów występują dość duże różnice. Są one skutkami dwóch głównych czynników: zastosowania ELK o różnym składzie oraz udziału w badaniach grup o różnym zaawansowaniu hipercholesterolemii. Mimo to zebrane dane wskazują na umiarkowany, ale pozytywny wpływ ekstraktu z karczocha na obniżanie poziomu cholesterolu całkowitego i cholesterolu LDL [16]. Działanie takie jest spowodowane przede wszystkim inhibicją reduktazy 3-hydroksy-3-metyloglutarylokoenzymu A, co przekłada się na hamowanie biosyntezy cholesterolu. W celu wypracowania ścisłych zaleceń terapeutycznych wskazane jest przeprowadzenie dalszych badań klinicznych, które pozwolą na dokładne poznanie wielkości omawianych efektów.

Dyspepsja czynnościowa

Dyspepsja czynnościowa, zwana też niestrawnością czynnościową, występuje u 8,3% Polaków [17]. Jej typowe objawy obejmują uporczywe uczucie pełności po posiłku, przedwczesne uczucie sytości oraz ból lub pieczenie w nadbrzuszu [18]. Co istotne, dyspepsja czynnościowa jest schorzeniem o niewyjaśnionej dotychczas etiologii. U cierpiących na nią pacjentów nie występują przyczyny strukturalne, które mogłyby stanowić źródło występowania objawów [19].

Badania

Efektywność wyciągu z karczocha w łagodzeniu objawów dyspepsji czynnościowej potwierdzono w pojedynczym randomizowanym badaniu klinicznym. W warunkach podwójnie ślepej próby 247 pacjentom podawano codziennie 1920 mg ELK lub placebo. Co tydzień proszono ich o ocenę efektu terapeutycznego w skali od 0 do 3 (gdzie 0 oznacza brak poprawy lub pogorszenie objawów, zaś 3 – całkowitą poprawę). Suma ze zbieranych przez sześć tygodni wyników wyniosła w grupie badawczej średnio $8,3 \pm 4,6$; zaś w grupie kontrolnej $6,7 \pm 4,8$. U pacjentów przyjmujących ELK zaobserwowano także istotnie wyższe wskaźniki jakości życia, które związane są ze zdrowiem [20].

Podobne pozytywne wyniki otrzymano w otwartym badaniu angażującym 454 pacjentów z dyspepsją czynnościową. Podczas jego trwania proszono pacjentów o codzienne przyjmowanie preparatów zawierających 320 mg lub 640 mg ELK. Po dwóch miesiącach oceniano nasilenie objawów choroby, wykorzystując do tego celu wskaźnik Nepeana. Jak się okazało, w obu grupach wystąpiła znaczna poprawa, której skala nie różniła się jednak między grupami. W obu przypadkach wskaźnik Nepeana spadł o około 40%. Wynik ten trudno analizować ilościowo, ponieważ w badaniu nie uwzględniono grupy kontrolnej przyjmującej placebo [21].

Mechanizm działania

Działanie ELK w łagodzeniu objawów dyspepsji czynnościowej wynika prawdopodobnie z jego właściwości żółciopędnych. Jak wykazano, ELK zwiększa produkcję kwasów żółciowych i wydzielanie żółci, co może mieć wpływ na trawienie tłuszczów [22]. Efekt ten przypisuje się dużej zawartości cynaryny [23]. Działanie żółciopędne ma także zawarta w karczochu luteolina [24].

Podsumowanie

Należy zauważyć, że istnieją ograniczone dowody na pozytywny wpływ wyciągu z liści karczocha na łagodzenie objawów dyspepsji czynnościowej. Prawdopodobnie jest on wynikiem zawartości w ELK cynaryny oraz luteoniny, które wykazują działanie żółciopędne. Dla wypracowania rzetelnych rekomendacji terapeutycznych należy przeprowadzić badania kliniczne bardziej rygorystyczne pod względem metodologii.

Niealkoholowe stłuszczenie wątroby

Niealkoholowe stłuszczenie wątroby (ang. *nonalcoholic fatty liver disease* – NAFLD) to występujące u osób nienadużywających alkoholu schorzenie, które objawia się zwiększonym odkładaniem lipidów w hepatocytach. Chorobę stwierdza się przy wyższej niż 5% zawartości lipidów w wątrobie, a standardem jej diagnozowania jest biopsja [25, 26]. Ze względu na inwazyjność tej metody często stosowana jest także mniej czuła ultrasonografia. Pomocny w diagnozie NAFLD może być pomiar aktywności enzymów wątrobowych: aminotransferazy alaninowej (ang. *alanine aminotransferase* – ALT) i aminotransferazy asparaginianowej (ang. *aspartate aminotransferase* – AST). W przypadku występowania niealkoholowego stłuszczenia wątroby ich poziomy są zwykle podniesione [27]. Skutkami nieleczonego niealkoholowego stłuszczenia wątroby mogą być niealkoholowe stłuszczeniowe zapalenie wątroby, zwłóknienie wątroby lub nawet jej marskość [28].

Badania

Bezpośredni wpływ przyjmowania ekstraktu z liści karczocha na przebieg niealkoholowego stłuszczenia wątroby badano tylko w pojedynczym pilotażowym badaniu klinicznym. Zakwalifikowano do niego 100 osób, u których za pomocą ultrasonografii dopplerowskiej stwierdzono NAFLD. W warunkach randomizacji i podwójnie ślepej próby podawano im codziennie przez dwa miesiące 600 mg ELK lub odpowiednie placebo. Po tym czasie ponownie przeprowadzono badanie ultrasonograficzne, które wykazało zwiększony przepływ krwi przez żyły wątrobowe oraz zmniejszenie średnicy żyły wrotnej i rozmiaru wątroby. Efekty te były istotnie większe w grupie badawczej. Co ważniejsze, ELK miał także wymierny wpływ na ciężkość choroby. Podczas badania poprawił się stan 81,6% pacjentów przyjmujących ELK wobec jedynie 5,0% pacjentów z grupy kontrolnej [29].

Znacznie szerzej, bo w aż 7 podwójnie zaślepionych i randomizowanych badaniach klinicznych, sprawdzano wpływ ELK na poziom aktywności enzymów wątrobowych. Choć wyniki badań istotnie się różniły, przeprowadzona na ich podstawie metaanaliza wykazała pozytywny wpływ ELK na obniżenie poziomów aktywności ALT i AST. Efekt jest tym większy, im większa jest dawka ELK i im dłużej trwa suplementacja [30]. Należy tu zaznaczyć, że wnioski te wypływają z metaanalizy wielu badań, w których brali udział pacjenci obciążeni różnymi schorzeniami. Pacjentów z niealkoholowym stłuszczeniem wątroby lub niealkoholowym stłuszczeniowym zapaleniem wątroby dotyczyły jedynie 2 z 7 analizowanych prac, ale w obu zaobserwowano opisany tu ogólniej efekt terapeutyczny [29, 31].

Mechanizm działania

Molekularne podstawy działania ELK w NAFLD nie są jeszcze wystarczająco poznane. Badania przeprowadzone na szczurach hodowanych na diecie wysokotłuszczowej wskazały, że ELK zmniejsza odkładanie się tłuszczu w wątrobie oraz redukuje stres oksydacyjny. Prawdopodobnie wynika to z dużej zawartości związków o właściwościach przeciwutleniających, szczególnie polifenoli [32].

Komplementarny mechanizm działania ELK wyłania się z badań na liniach komórkowych ludzkich hepatocytów i adipocytów. Płyne z nich wniosek, że działanie hepatoprotekcyjne ELK polega na zapobieganiu stresowi lipotoksycznemu, który jest konsekwencją nadmiernego odkładania wolnych kwasów tłuszczowych w hepatocytach. Dodatkowo badania te wykazują, iż zawarte w *Cynara scolymus* metabolity hamują hiperplazję adipocytów [33].

Podsumowanie

Wpływ ELK na niealkoholowe stłuszczenie wątroby nie został jeszcze dostatecznie zbadany. Przeprowadzone dotychczas bezpośrednie badania kliniczne są obciążone

dużą niepewnością, która wynika z zaangażowania stosunkowo niewielkiej liczby pacjentów, którym diagnozę stawiano na podstawie metod ultrasonograficznych, a nie badania histopatologicznego. Badania bazujące na pomiarze aktywności enzymów wątrobowych budzą jeszcze większe wątpliwości, gdyż nie mierzą bezpośrednio stanu zdrowia pacjentów, a jedynie skorelowane z nim wskaźniki zastępcze. Oznacza to, że nie istnieją dowody pozwalające na wyciąganie jednoznacznych wniosków lub tworzenie zaleceń terapeutycznych. Pomimo tych wątpliwości ELK zdaje się wykazywać pewne pozytywne działanie u pacjentów z NAFLD. Mechanizm tego efektu nie został jeszcze dobrze opisany, ale prawdopodobnie wynika on z ograniczenia odkładania lipidów w wątrobie, a także redukcji stresu oksydacyjnego i lipotoksycznego, na który narażone są hepatocyty.

Inne schorzenia

Zespół jelita drażliwego

Zespół jelita drażliwego jest przewlekłym schorzeniem o niewyjaśnionej etiologii. Jego objawy, na które składają się nawracające bóle brzucha oraz zaburzony rytm wypróżnień, wyraźnie pogarszają jakość życia dotkniętych nimi chorych [34]. Niestety działanie ELK w łagodzeniu symptomów jelita drażliwego nie zostało jeszcze wystarczająco zbadane. Jedyne dane kliniczne pochodzą z dwóch prac, które nie spełniają kryteriów w pełni kontrolowanych badań klinicznych.

Pierwsza z nich to analiza podgrupy badania klinicznego, w którym nie zastosowano grupy kontrolnej przyjmującej placebo [35]. Druga to badanie obserwacyjne przeprowadzone po wprowadzeniu ELK do obrotu. Z definicji również w nim nie zastosowano próby kontrolnej [36]. Po uwzględnieniu tych zastrzeżeń należy zauważyć, iż oba badania stwierdziły poprawę stanu biorących w nich udział pacjentów. Możliwe jest, że stosowanie ELK łagodzi objawy zespołu jelita drażliwego. Zgromadzone dowody nie są wystarczające do tego, aby wyciągnąć ostateczne wnioski, ale stanowią obiecujący punkt wyjścia do dalszych badań.

Wirusowe zapalenie wątroby typu C

Wirusowe zapalenie wątroby typu C (WZW C) jest wywoływane przez wirusa HCV. W przewlekłej formie może prowadzić do marskości wątroby, a w konsekwencji także raka wątroby [37]. Przedmiotem pilotażowego badania klinicznego z udziałem 17 pacjentów był wpływ zażywania 3200 mg ELK dziennie na stan chorych z WZW C. Po 12 tygodniach u żadnego z nich nie zaobserwowano normalizacji poziomów enzymów wątrobowych. Nie odnotowano również spadku nasilenia objawów z WZW C objawów: zmęczenia czy problemów ze stawami [38]. Wyniki te zdają się wykluczać możliwość wykorzystania ekstraktu z karczocha w terapii chorych na WZW C.

Kac alkoholowy

Kac alkoholowy jest skutkiem spożycia nadmiernej ilości alkoholu, a objawia się bólem głowy, nudnościami, biegunką i zmęczeniem [39]. Wpływ ELK na zapobieganie oraz leczenie tych właśnie objawów zbadano dotychczas jedynie w małym (obejmującym 15 osób), randomizowanym i podwójnie ślepych badaniu klinicznym. Jego uczestnicy otrzymywali 960 mg ELK lub placebo bezpośrednio przed i po konsumpcji alkoholu. Eksperyment przeprowadzono dwa razy, zamieniając przy tym grupę kontrolną z grupą badawczą. Jak się okazało, nasilenie objawów kaca alkoholowego nie różniło się istotnie między grupami: przyjmującą ELK i placebo [40]. Dowody nie wskazują na jakakolwiek wpływ ekstraktu z liści karczocha na łagodzenie objawów kaca alkoholowego.

Podsumowanie

Dzięki zawartości licznych związków bioaktywnych, szczególnie polifenoli oraz terpenoidów, ELK może znaleźć zastosowanie w leczeniu wybranych chorób. Dość dobrze udokumentowane jest użycie ELK w hipercholesterolemii, a mianowicie pozwala on na obniżenie poziomów cholesterolu całkowitego i cholesterolu LDL. Skala obserwowanego efektu i dawka ELK potrzebna do jego wywołania nie są jeszcze dokładnie ustalone. Podobnie jest w przypadku łagodzenia objawów dyspepsji czynnościowej – zgromadzone w tym zakresie dowody nie są wystarczające do wypracowania jasnych wskazówek terapeutycznych. Wydaje się, że ELK wpływa pozytywnie na pacjentów cierpiących na niealkoholowe stłuszczenie wątroby, ale działanie takie wymaga potwierdzenia w większym i bardziej rygorystycznym badaniu klinicznym. Przeprowadzone badania niekliniczne sugerują, że ELK może być przydatny także w leczeniu zespołu jelita drażliwego. Potwierdzenie tego również wymaga dalszych badań. Żadne dowody nie wskazują na jakiegokolwiek działanie ELK w leczeniu wirusowego zapalenia wątroby typu C oraz kaca alkoholowego.

Literatura

- [1] The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Herbarium, IPNI – International Plant Names Index 2023, 2023, <https://www.ipni.org/> (dostęp 25.11.2023).
- [2] Sonnante G., Pignone D., Hammer K., The domestication of artichoke and cardoon: From Roman times to the genomic age, *Annals of Botany*, 2007, 100, s. 1095–1100.
- [3] US Department of Health and Human Services, National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements, DSDL – Dietary Supplement Label Database, 2023, <https://dslid.nlm.nih.gov/dslid/> (dostęp 25.11.2023).

- [4] Wang M., Simon J.E., Aviles I.F., He K., Zheng Q.Y., Tadmor Y., Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51, s. 601–608.
- [5] Negro D., Montesano V., Grieco S., Crupi P., Sarli G., De Lisi A., Sonnate G., Polyphenol Compounds in Artichoke Plant Tissues and Varieties, Journal of Food Science, 2012, 77, s. 244–252.
- [6] Shimoda H., Ninomiya K., Nishida N., Yoshino T., Morikawa T., Matsuda H., Yoshikawa M., Anti-hyperlipidemic sesquiterpenes and new sesquiterpene glycosides from the leaves of artichoke (*Cynara scolymus* L.): Structure requirement and mode of action, Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters, 2003, 13, s. 223–228.
- [7] Fritsche J., Beindorff C.M., Dachtler M., Zhang H., Lammers J.G., Isolation, characterization and determination of minor artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaf extract compounds, European Food Research and Technology, 2002, 215, s. 149–157.
- [8] Mach F., Catapano A., Baigent C., Wiklund O., Wytyczne ESC/EAS dotyczące postępowania w dyslipidemiach: jak dzięki leczeniu zaburzeń lipidowych obniżyć ryzyko sercowo-naczyniowe (2019), Kardiologia Polska, 2020, 78, s. 12–103.
- [9] Piwońska A., Piotrowski W., Kozela M., Pająk A., Nadrowski P., Kozakiewicz K., Tykarski A., Bielecki W., Puch-Walczak A., Zdrojewski T., Drygas W., Cardiovascular diseases prevention in Poland: Results of WOBASZ and WOBASZ II studies, Kardiologia Polska, 2018, 76, s. 1543–1541.
- [10] Englisch W., Beckers C., Unkauf M., Ruepp M., Zinserling V., Efficacy of artichoke dry extract in patients with hyperlipoproteinemia, Drug Research, 2000, 50, s. 260–265.
- [11] Bundy R., Walker A.F., Middleton R.W., Wallis C., Simpson H.C.R., Artichoke leaf extract (*Cynara scolymus*) reduces plasma cholesterol in otherwise healthy hypercholesterolemic adults: A randomized, double blind placebo controlled trial, Phytomedicine, 2008, 15, s. 668–675.
- [12] Rondanelli M., Giacosa A., Opizzi A., Faliva M.A., Sala P., Perna S., Riva A., Morazzoni P., Bombardelli E., Beneficial effects of artichoke leaf extract supplementation on increasing HDL-cholesterol in subjects with primary mild hypercholesterolaemia: A double-blind, randomized, placebo-controlled trial, International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2013, 64, s. 7–15.
- [13] Gebhardt R., Inhibition of Cholesterol Biosynthesis in Primary Cultured Rat Hepatocytes by Artichoke (*Cynara scolymus* L.) Extracts, Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics, 1998, 268, s. 1122–1128.
- [14] Gebhardt R., Inhibition of cholesterol biosynthesis in HepG2 cells by artichoke extracts is reinforced by glucosidase pretreatment, Phytotherapy Research, 2002, 16, s. 368–372.
- [15] Stancu C., Sima A., Statins: Mechanism of action and effects, Journal of Cellular and Molecular Medicine, 2001, 5, s. 378–387.
- [16] Wider B., Pittler M.H., Thompson-Coon J., Ernst E., Artichoke leaf extract for treating hypercholesterolaemia, Cochrane Database of Systematic Reviews, 2016, 3.
- [17] Mulak A., Freud T., Waluga M., Bangdiwala S.L., Palsson O.S., Sperber A.D., Sex- and gender-related differences in the prevalence and burden of disorders of gut–brain interaction in Poland, Neurogastroenterology and Motility, 2023, 35, e14568.
- [18] Tack J., Talley N.J., Functional dyspepsia – Symptoms, definitions and validity of the Rome III criteria, Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology, 2013, 10, s. 134–141.

- [19] Ford A.C., Mahadeva S., Carbone M.F., Lacy B.E., Talley N.J., Functional dyspepsia, *The Lancet*, 2020, 396, s. 1689–1702.
- [20] Holtmann G., Adam B., Haag S., Collet W., Grünewald E., Windeck T., Efficacy of artichoke leaf extract in the treatment of patients with functional dyspepsia: A six-week placebo-controlled, double-blind, multicentre trial, *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 2003, 18, s. 1099–1105.
- [21] Marakis G., Walker A.F., Middleton R.W., Booth J.C.L., Wright J., Pike D.J., Artichoke leaf extract reduces mild dyspepsia in an open study, *Phytomedicine*, 2002, 9, s. 694–699.
- [22] Kirchoff R., Beckers C., Kirchoff G.M., Trinczek-Gärtner H., Petrowicz O., Reimann H.J., Increase in choleresis by means of artichoke extract, *Phytomedicine*, 1994, 1, s. 107–115.
- [23] Preziosi P., Loscalzo B., Marmo E., Comparison of choleric effects of CYN and Na-dehydrocholate, *Experientia*, 1959, 15, s. 135–138.
- [24] Gebhardt R., Choleric and anticholestatic activities of flavonoids of artichoke (*Cynara cardunculus* L. subsp. *scolymus* (L.) Hayek), *Acta Horticulturae*, 2005, 681, s. 429–436.
- [25] Maciejewska D., Stachowska E., Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) – Epidemic of the XXI century, *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 2018, 72, s. 659–670.
- [26] Bondini S., Kleiner D.E., Goodman Z.D., Gramlich T., Younossi Z.M., Pathologic Assessment of Non-alcoholic Fatty Liver Disease, *Clinics in Liver Disease*, 2007, 11, s. 17–23.
- [27] Nikolopoulos A., Oben J., Non-Alcoholic Fatty Liver Disease w Liver Diseases: An Essential Guide for Nurses and Health Care Professionals, (red.) S. Sargent, John Wiley & Sons, 2009.
- [28] Rinella M.E., Nonalcoholic fatty liver disease: a systematic review, *JAMA – Journal of the American Medical Association*, 2015, 313, s. 2263–2273.
- [29] Panahi Y., Kianpour P., Mohtashami R., Atkin S.L., Butler A.E., Jafari R., Badeli R., Sahebkar A., Efficacy of artichoke leaf extract in non-alcoholic fatty liver disease: A pilot double-blind randomized controlled trial, *Phytotherapy Research*, 2018, 32, s. 1382–1387.
- [30] Amini M.R., Sheikhhossein F., Talebyan A., Bazshahi E., Djafari F., Hekmatdoost A., Effects of Artichoke Supplementation on Liver Enzymes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials, *Clinical Nutrition Research*, 2022, 11, s. 228–239.
- [31] Rangboo V., Noroozi M., Zavoshy R., Rezaadoost S.A., Mohammadpoorasl A., The Effect of Artichoke Leaf Extract on Alanine Aminotransferase and Aspartate Aminotransferase in the Patients with Nonalcoholic Steatohepatitis, *International Journal of Hepatology*, 2016.
- [32] Salem M., Ksouda K., Dhouibi R., Charfi S., Turki M., Hammami S., Ayedi F., Sahnoun Z., Zeghal K.M., Affes H., LC-MS/MS Analysis and Hepatoprotective Activity of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) Leaves Extract against High Fat Diet-Induced Obesity in Rats, *BioMed Research International*, 2019.
- [33] Wauquier F., Boutin-Wittrant L., Viret A., Guilhaudis L., Oulyadi H., Bourafai-Aziez A., Charpentier G., Rousselot G., Cassin E., Descamps S., Roux V., Macian N., Pickering G., Wittrant Y., Metabolic and anti-inflammatory protective properties of human enriched serum following artichoke leaf extract absorption: Results from an innovative ex vivo clinical trial, *Nutrients*, 2021, 13, s. 2653.

- [34] Adrych K., Zespół jelita drażliwego w świetle najnowszych wytycznych, *Forum Medycyny Rodzinnej*, 2018, 12, s. 224–233.
- [35] Bundy R., Walker A.F., Middleton R.W., Marakis G., Booth J.C.L., Artichoke leaf extract reduces symptoms of irritable bowel syndrome and improves quality of life in otherwise healthy volunteers suffering from concomitant dyspepsia: A subset analysis, *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 2004, 10, s. 667–669.
- [36] Walker A.F., Middleton R.W., Petrowicz O., Artichoke leaf extract reduces symptoms of irritable bowel syndrome in a post-marketing surveillance study, *Phytotherapy Research*, 2001, 15, s. 58–61.
- [37] Wang L.S., D'Souza L.S., Jacobson I.M., Hepatitis C – A clinical review, *Journal of Medical Virology*, 2016, 88, s. 1844–1855.
- [38] Huber R., Müller M., Naumann J., Schenk T., Lüdtker R., Artichoke leaf extract for chronic hepatitis C – A pilot study, *Phytomedicine*, 2009, 16, s. 801–804.
- [39] Wiese J.G., Shlipak M.G., Browner W.S., The alcohol hangover, *Annals of Internal Medicine*, 2000, 132, s. 897–902.
- [40] Pittler M.H., White A.R., Stevinson C., Ernst E., Effectiveness of artichoke extract in preventing alcohol-induced hangovers: A randomized controlled trial, *CMAJ, Canadian Medical Association Journal*, 2003, 169, s. 1269–1273.

Medyczne zastosowanie preparatów *Ginkgo biloba* - wskazania, zagrożenia i regulacje

Medical use of *Ginkgo biloba* preparations – indications, risks and regulations

Aleksandra Łach, Marcin Skorupa, Łukasz Marczyk, Bartłomiej Cytla

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Collegium Medicum, Wydział Lekarski, ul. Św. Anny 12,
31-008 Kraków, e-mail: bartlomiel.cytla@student.uj.edu.pl

Słowa kluczowe: *Ginkgo biloba*, choroba Alzheimera, interakcje lekowe

Keywords: *Ginkgo biloba*, Alzheimer disease, drug interactions

Streszczenie

Ginkgo biloba jest gatunkiem drzewa zasiedlającym pierwotnie tereny wschodnich Chin. Od wieków był wykorzystywany w tradycyjnej medycynie krajów azjatyckich. W związku z rosnącą w obecnych czasach popularnością preparatów zawierających substancje czynne miłorzębu dwuklapowego, używanych głównie w celu poprawy funkcji poznawczych, należy rozważyć istotność pozytywnego i negatywnego wpływu stosowania owych wyrobów medycznych. W niniejszej pracy dokonano przeglądu literatury dotyczącej efektów działania *G. biloba* na ludzki organizm. Szczególną uwagę zwrócono na możliwe działania niepożądane oraz interakcje pomiędzy preparatami zawierającymi *G. biloba* i innymi lekami. W części dyskusyjnej poruszone zostały aspekty rynku farmaceutycznego oraz różnic pomiędzy poszczególnymi krajami w kontekście wskazań i wytycznych do stosowania preparatów *G. biloba*.

Summary

Ginkgo biloba is a tree species originally inhabiting eastern China. It has been used in traditional medicine in Asian countries for centuries. Due to the currently growing popularity of preparations containing active substances of *G. biloba*, used mainly to improve cognitive functions, the significance of the positive and negative effects of the use of these medical products should be considered. This paper reviews literature on the effects of *G. biloba* on human body. Particular attention was paid to possible side effects and interactions between preparations containing *G. biloba* and other drugs. The discussion part touched upon aspects of the pharmaceutical market and differences between individual countries in the context of indications and guidelines for the use of *G. biloba* preparations.

Wstęp

Historia ludzkości nierozłącznie związana jest z wszechstronnym wykorzystywaniem roślin w różnych gałęziach gospodarki i życia codziennego, a także w medycynie i ziołolecznictwie. Jedną z roślin, której unikalne związki biologicznie aktywne są podstawą wielu badań naukowych i rozważań dotyczących zastosowania klinicznego, jest miłorząb dwuklapowy (łac. *Ginkgo biloba* L., *G. biloba*), zwany również miłorzębem japońskim, gatunek drzewa z rodziny miłorzębowatych (łac. *Ginkgoaceae*). Naturalnym miejscem jego występowania są południowo-wschodnie i wschodnie regiony Chin, skąd został dalej rozpowszechniony przez ludzi na tereny Japonii, Korei, Europy oraz Ameryki Północnej [1]. Jednakże, w kontekście obecnie następujących dynamicznych zmian klimatu, należy się spodziewać, że w przyszłości w pierwotnym regionie chińskim może dojść do geograficznego przesunięcia obszaru występowania tej rośliny na północ [2].

Ze względu na stałość cech morfologicznych, niezmiennych na przestrzeni milionów lat, *G. biloba* jako „żywa skamieniałość” stanowi cenne źródło wiedzy paleontologicznej dla współczesnych badaczy [3]. Wśród przyczyn wspomnianej stałości, a także długowieczności drzew miłorzębu należy wymienić charakterystyczną strukturę i funkcję ich genomu, w której zdublowane są geny odpowiedzialne za funkcjonowanie systemu odporności i reakcji na stres, dzięki czemu drzewa *G. biloba* są odporne na działanie licznych patogenów i insektów [4]. *G. biloba* jest gatunkiem szeroko wykorzystywanym od wieków w tradycyjnej medycynie chińskiej oraz japońskiej. Wśród tradycyjnych zastosowań miłorzębu można wyróżnić pozytywne działanie poszczególnych części drzewa na organizm ludzki, np. owoce miały zwalczać objawy infekcji górnych dróg oddechowych czy też redukować bóle stawów, a nasiona – działać przeciwkaszlowo [6]. Pierwsze znane naukowe opisy morfologii i anatomii *G. biloba* były tworzone pod koniec XIX w. przez japońskich botaników Sakugoro Hirase oraz Kenjiro Fujii [7, 8]. Współcześnie, kiedy możliwe jest zastosowanie w nauce zaawansowanych metod obrazowych i biochemicznych, *G. biloba* stał się obiektem wielu cennych badań z zakresu botaniki, farmakognozji i medycyny. Najbardziej znanym skutkiem stosowania preparatów *G. biloba* jest ich wpływ na procesy neurodegeneracyjne zachodzące w ludzkim organizmie, w tym chorobę Alzheimer’a (ang. *Alzheimer’s disease* – AD). Niniejsza praca stanowi przegląd literatury opisującej obecny stan opracowań dotyczących zastosowania ekstraktu z liści *G. biloba* w leczeniu zaburzeń poznawczych oraz niebezpieczeństwa, jakie stwarzają interakcje lekowe związane z szerokim rozpowszechnieniem preparatów z miłorzębu japońskiego. W dyskusji poruszono temat nadużywania suplementów diety i leków OTC w Polsce oraz podjęto próbę podsumowania poglądów towarzyszących eksperymentom w Polsce i na świecie na wykorzystywanie *G. biloba* w praktyce klinicznej, wyrażonych poprzez wydanie odpowiednich wytycznych.

Charakterystyka biochemiczna *G. biloba* i badania kliniczne nad jego stosowaniem

Ekstrakt z liści *G. biloba* jest źródłem kilkudziesięciu substancji biologicznie aktywnych. Zawiera m.in. terpenoidy, flawonoidy, kwasy karboksylowe, ligniny, proantocyjanidyny, poliprenole, polisacharydy, alkifenole i kwasy alkifenolowe. Stanowi również źródło witamin z grupy B, C i E oraz licznych makro- i mikroelementów. Spośród tych związków szczególnie cenne wydają się terpenoidy (ginkolidy i bilobaid) oraz flawonoidy. Ginkolidy A, B, C oraz bilobalid wykazują właściwości neuroprotektyjne. Ginkolid B cechuje się dodatkowo działaniem przeciwzapalnym, antyoksydacyjnym, antyapoptotycznym i jako antagonistą receptora dla czynnika agregującego płytki krwi – przeciwkrzepliwym. Flawonoidy, których zidentyfikowano w ekstraktach *Ginkgo biloba* ponad sto, charakteryzuje działanie antyoksydacyjne, przeciwnowotworowe i przeciwdrobnoustrojowe [9]. Ekstrakt z suchych liści *Ginkgo biloba* – EGb 761 jest standaryzowany, tak aby miał ściśle określoną, 24% zawartość flawonoidów i 6% zawartość terpenoidów. EGb 761 pojawił się na rynku już w 1975 r. we Francji, pod nazwą handlową Tanakan, jako produkt firmy Beaufour-Ipsen [10]. Jest to jeden z najlepiej przebadanych ekstraktów roślinnych na świecie, otrzymywany w skomplikowanym, wieloetapowym procesie [11]. Ponieważ proces starzenia się organizmu związany jest z przewlekłym zapaleniem, stresem oksydacyjnym, zwiększoną częstością występowania chorób nowotworowych i układu sercowo-naczyniowego, a często także obniżeniem funkcji poznawczych, uważa się, że największą korzyść ze stosowania preparatów opartych na *G. biloba* mogą odnieść pacjenci w podeszłym wieku [12]. EGb 761 jest częstym składnikiem suplementów diety i leków bez recepty (ang. *Over the counter* – OTC), mających korzystnie wpływać na pamięć, funkcje poznawcze i stan psychiczny osób starszych [13].

EGb 761 był przedmiotem licznych badań klinicznych pod kątem zastosowania w leczeniu łagodnych zaburzeń poznawczych (ang. *Mild cognitive impairment* – MCI) i AD. MCI stanowią grupę objawów klinicznych, charakteryzowaną jako niewielkie pogorszenie w zakresie co najmniej jednej funkcji poznawczej, niewynikające z innej choroby psychicznej i wiążące się ze zwiększonym ryzykiem progresji, prowadzącym do otępienia [14]. EGb 761 jest rekomendowany w farmakoterapii MCI w niektórych krajach Europy – m.in. w Hiszpanii (dawka 240 mg/d.), Czechach i Rosji [15]. The Asian Clinical Expert Group on Neurocognitive Disorders (ASCEND), stanowiąca zespół dwudziestu ekspertów powołany do oceny istniejącej literatury dotyczącej użycia ekstraktu z liści miłorzębu japońskiego w leczeniu MCI i otępień, przeanalizowała najważniejsze randomizowane badania kliniczne (ang. *Randomized Controlled Trials* – RCTs) i metaanalizy na ten temat. Na podstawie dostępnych danych eksperci wydali szereg konsensusów, w których zasugerowali celowość stosowania EGb 761 w wieloczynnikowej terapii MCI [16, 17]. Metaanaliza

przeprowadzona przez Tomino i wsp., obejmująca 8 RCTs, w których łącznie wzięło udział 1120 pacjentów poddawanych interwencji i 1128 osób zdrowych, stanowiących grupy kontrolne, wykazała statystycznie istotną przewagę EGb 761 w stosunku do placebo w leczeniu MCI i łagodnej postaci otępienia. Przytoczona analiza cechowała się jednak znaczną niejednorodnością (heterogenicznością) wyników ($I^2 = 96,4\%$) [18]. W wielośrodkowym, nieinterwencyjnym badaniu, obejmującym 500 pacjentów z MCI przyjmujących 120 mg/d. EGb 761 przez 24 miesiące, wykazano znaczącą poprawę w zakresie zaburzeń poznawczych, pamięci, aktywności dnia codziennego i depresji w porównaniu do stanu wyjściowego [19]. Aczkolwiek wciąż podkreśla się jednak potrzebę dalszych badań. Kontynuowane jest (z planowanym terminem zakończenia w grudniu 2023 r.) badanie ACE-2020-EGb 761-RCT IV fazy typu *open-label* z dwiema równoległymi grupami pacjentów ze zdiagnozowanym MCI (50 osób w każdej), którego głównym celem jest ocena markerów zapalenia i stresu oksydacyjnego w badanej kohorcie po stosowaniu EGb 761 w dawce 240 mg/d. [20]. Dyskusyjne jest również połączenie ekstraktu z liści miłorzębu dwuklapowego z lekami z grupy inhibitorów acetylocholinoesterazy (AChEi). Badanie retrospektywne, obejmujące 133 pacjentów z amnestycznym MCI, wykazało znaczącą poprawę w zakresie funkcji poznawczych u osób przyjmujących EGb 761 z AChEi w porównaniu do tych korzystających z monoterapii AChEi lub EGb 761 [21]. Przytoczona wcześniej metaanaliza również zauważa, iż takie połączenie jest korzystne, wskazując jednak na potrzebę dalszych badań w tym zakresie, także z użyciem memantyny – antagonisty receptora NMDA, w terapii dwulekowej z EGb 761 i trójlekowej z AChEi [18]. AD jest przewlekłą chorobą neurodegeneracyjną o postępującym przebiegu, będącą najczęstszą przyczyną otępienia u osób w wieku podeszłym. Jej objawy obejmują zaburzenia funkcji poznawczych (zwłaszcza pamięci) i zachowania. W badaniach histopatologicznych mózgow chorych charakterystycznymi znaleziskami są zewnątrzkomórkowe złoże amyloidu i zwyrodnienie neurofibrylarne. Obecnie nie prowadzi się leczenia przyczynowego AD [22]. Uważa się, że ze względu na właściwości antyoksydacyjne, przeciwzapalne oraz hamowanie amyloidogenezy przez wyciąg z liści *G. biloba* może być on używany w farmakoterapii AD [23]. Metaanaliza obejmująca 20 badań klinicznych z użyciem ekstraktu z liści miłorzębu dwuklapowego w leczeniu AD wykazała, że duża dawka preparatu (240 mg/d.) przyjmowana przez ponad 24 miesiące może poprawiać funkcje poznawcze we wczesnym stadium choroby. Autorzy zgłosili jednak poważne wątpliwości metodologiczne dotyczące analizowanych publikacji [24]. Inna metaanaliza, obejmująca ponad 1600 pacjentów z AD, wykazała znaczącą poprawę w zakresie aktywności dnia codziennego i funkcji poznawczych u osób leczonych preparatami z *G. biloba* i donepezilem w porównaniu do tych korzystających z monoterapii donepezilem,

przy jednoczesnym braku znaczącej różnicy w występowaniu działań niepożądanych w obu grupach [25]. Niemniej jednak autorzy wyżej wymienionych prac sygnalizują potrzebę przeprowadzenia dalszych badań.

Interakcje i działania niepożądane *G. biloba*

Zauważalny w ostatnich latach wzrost zainteresowania suplementami diety zawierającymi *G. biloba* oraz coraz powszechniejsze stosowanie ich przez pacjentów bez konsultacji z lekarzem sprawiło, że zwrócono większą uwagę na możliwość interakcji tych środków z różnego rodzaju lekami oraz na ich potencjalne działania niepożądane. Jednym z głównych przeciwwskazań do stosowania preparatów *G. biloba* jest przyjmowanie leków przeciwplatek, takich jak aspiryna, oraz leków przeciwzakrzepowych, m.in. warfaryny czy acenokumarolu. Substancja aktywna zawarta w *Ginkgo biloba* – ginkgolid B hamuje czynnik aktywujący płytki krwi – PAF (ang. *platelet activating factor*), dzięki czemu wzmacnia działanie powyższych leków, jednocześnie zwiększając ryzyko krwawień i zdarzeń krwotocznych [26]. Z tego względu preparatów tych nie wolno stosować minimum tydzień przed planowaną operacją lub zabiegiem. Ponadto u pacjentów opisane zostały przypadki wystąpienia krwotoku podpajęczynówkowego i wewnątrzczaszkowego podczas jednoczesnego stosowania ekstraktu z miłorzębu i leków przeciwplatek lub przeciwzakrzepowych [27, 28]. Z tego samego powodu suplementów zawierających miłorzęb japoński nie zaleca się przyjmować przez okres ciąży oraz w trakcie porodu i laktacji [29]. Należy zwrócić także uwagę na interakcję *G. biloba* z popularnymi niesterydowymi lekami przeciwzapalnymi, takimi jak ibuprofen, ketoprofen, diklofenak czy kwas acetylosalicylowy. Przy stosowaniu tych leków jednocześnie z miłorzębem może dojść do uszkodzenia błony śluzowej żołądka, co może spowodować wystąpienie wrzodów oraz krwawienia z przewodu pokarmowego. Stwierdzone zostały także przypadki, kiedy suplementy zawierające miłorzęb w połączeniu z aspiryną doprowadziły do powstania u pacjentów krwiałków w przedniej komorze oka, a w przypadku przyjmowania ich z paracetamolem – krwiałków podtwardówkowych [30]. Ponadto niekorzystne interakcje z preparatami zawierającymi *G. biloba* występują w grupie leków przeciwdepresyjnych, głównie wśród inhibitorów wychwytu zwrotnego serotoniny lub serotoniny i noradrenaliny. Najczęściej spotykanym skutkiem tego oddziaływania są powikłania krwotoczne wynikające z sumowania się działania przeciwplatekowego obu substancji [31]. Dodatkowo połączenie miłorzębu japońskiego z lekami nasennymi, przeciwłękowymi lub z fluoksetyną powodowało skutki uboczne w postaci zawrotów głowy, senności, niedociśnienia, a także prowadziło do rozwinięcia zespołu serotoninowego [32]. Badania naukowe wykazały, że ekstrakty z *G. biloba* mogą

modulować ekspresję enzymów cytochromu P450, dzięki czemu mogą uczestniczyć w metabolizmie różnego rodzaju leków, substancji prokarcynogennych i witamin w organizmie [33]. Przykładem powyższego oddziaływania jest przyspieszenie metabolizmu inhibitorów pompy protonowej – omeprazolu iesomeprazolu, poprzez wpływ na mechanizm indukcji cytochromu, i w konsekwencji zmniejszenie skuteczności tych leków [31]. Powyższy mechanizm jest także odpowiedzialny za interakcje z jednym z leków przeciwpadaczkowych – kwasem walproinowym. Miłorząb może osłabić jego działanie i w efekcie u stosujących go pacjentów może wystąpić napad drwagek [34]. Dodatkowo w połączeniu z diuretykami tiazydowymi zwiększa ciśnienie krwi [35]. Skutki uboczne po podaniu preparatów z miłorzębu japońskiego występują rzadko. Przyjmowany doustnie w zalecanych dawkach może powodować łagodne działania niepożądane, wśród których najczęściej wymienia się łagodne zaburzenia żołądkowo-jelitowe, ból i zawroty głowy, zaparcia, alergiczne reakcje skórne, niepokój, biegunkę, nudności, wymioty i osłabienie [36]. Większość badań dotyczących działań niepożądanych to opisy przypadków, które dotyczą dawek w zakresie od 80 do 150 mg/d. przez okres od 1 tygodnia do 1 roku, przy czym wielu pacjentów miało choroby współistniejące i przyjmowało inne leki [36]. Znane są także z praktyki klinicznej przypadki kardiologicznych zdarzeń niepożądanych związanych ze stosowaniem ekstraktów z liści miłorzębu japońskiego. Po dwóch tygodniach przyjmowania preparatu z miłorzębu (40 mg trzy razy dziennie) u 49-letniego pacjenta w dobrym zdrowiu rozwinęły się komorowe zaburzenia rytmu, których objawy ustąpiły po zaprzestaniu stosowania suplementów [37]. Inny opisany przypadek dotyczył nocnego kołatania serca zgłaszanego przez 35-letnią kobietę przyjmującą suplement zawierający *G. biloba* [38]. Ponadto kwasy ginkgolowe zawarte w preparatach mogą wywołać reakcje alergiczne, w tym rumieńce i obrzęk skóry [39].

Dyskusja

W roku 2021 rynek suplementów diety w Polsce osiągnął wartość 6 mld złotych [40], natomiast na leki bez recepty Polacy wydali w tym samym roku 9,32 mld złotych [41]. W Polsce preparaty zawierające *G. biloba* występują w obu powyższych grupach. Zgodnie z danymi Głównego Inspektoratu Sanitarnego (GIS) na rynek Polski wprowadzono 624 preparaty zawierające substancję czynną w postaci wyciągu z liści miłorzębu japońskiego klasyfikowane jako suplementy diety (stan na dzień 17 grudnia 2023 r.) [42]. Natomiast leków dostępnych w sprzedaży w Polsce mających w składzie *G. biloba* jest 7 (stan na dzień 17 grudnia 2023 r.) [43]. Wszystkie one są umieszczone w kategorii OTC. Decyzja o tym, do której z tych dwóch kategorii zakwalifikować wytwarzany preparat, należy do producenta. Może on poprzez GIS

zarejestrować produkt jako suplement diety lub w Urzędzie Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych (URPLW MiPB) zgłosić go jako lek. By dany produkt został wedle polskiego prawa lekiem, musi przejść przeprowadzaną przez URPLW MiPB procedurę weryfikacji, na podstawie której sprawdza się, czy spełnia on naukowo określone wymogi jakości, skuteczności i bezpieczeństwa stosowania. Suplement diety natomiast może, ale nie musi spełniać norm ilościowych i jakościowych, jak również mieć udowodnionego działania klinicznego. W Unii Europejskiej (UE) użycie *G. biloba* jest dopuszczone zarówno w suplementach diety [44], jak i w produktach leczniczych [45]. W Polsce pod względem zarejestrowanych wyrobów sytuacja wygląda identycznie, ale *G. biloba* nie został umieszczony w opracowaniu *Liście roślin, z których surowce lub ich przetwory mogą być składnikami suplementów diety* autorstwa zespołu ekspertów Polskiego Komitetu Zielarskiego oraz Katedry i Zakładu Farmakognozji Uniwersytetu Medycznego w Lublinie [46].

Zarówno w UE, jak i w Polsce istnieją wątpliwości co do jakości, skuteczności i bezpieczeństwa stosowania preparatów zawierających miłorząb japoński [47, 48]. W Wielkiej Brytanii mieszaniny zawierające wyciąg z *G. biloba* jako jedyny składnik aktywny są zarejestrowane przez Urząd Rejestracji Produktów Leczniczych i Wyrobów Medycznych (ang. Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency) jako tradycyjne leki ziołowe ze wskazaniem do użycia jedynie w terapii choroby Raynauda i szumów usznych (łac. *tinnitus*) [49]. Jednakże akceptacja owych preparatów ma nastąpić dopiero po upływie odpowiednio długiego czasu, liczonego, od kiedy zaczęły one być stosowane w celach leczniczych, który ma wynosić co najmniej 30 lat na terenie Wielkiej Brytanii i 15 lat na obszarze UE [50]. Brak jest dowodów na kliniczną skuteczność tych leków opartą na badaniach klinicznych. W Stanach Zjednoczonych *G. biloba* nie został dopuszczony przez FDA (Agencja Żywności i Leków, ang. Food and Drug Administration) jako składnik suplementów diety z obawy o jego toksyczność [51]. Jako lek wyciąg z liści miłorzębu japońskiego nie posiada żadnych afirmowanych przez FDA wskazań terapeutycznych [52]. W leczeniu otępień preparaty z miłorzębu dwuklapowego nie są zalecane w większości z ostatnich oficjalnych wytycznych ze względu na wątpliwości co do jakości badań weryfikujących skuteczność tych środków [53], jak i wykazaną w innych badaniach efektywność na poziomie placebo [54]. Istnieją też takie wytyczne, w których preparat z miłorzębu nie został w ogóle wymieniony wśród środków stosowanych w leczeniu farmakologicznym otępień [55, 56]. Jedynie w wytycznych Światowej Federacji Społeczności Psychiatrii Biologicznej (ang. World Federation of Societies of Biological Psychiatry) preparaty z *G. biloba* są rekomendowane w leczeniu choroby Alzheimera [57]. W terapii MCI jedna z dziewięciu wytycznych zaleca podawanie preparatu miłorzębu [58]. Nie stwierdzono przydatności *G. biloba* w leczeniu zespołu

Raynauda [59]. Podobnie sytuacja przedstawia się w kwestii terapii szumów usznych [60]. Serwis UpToDate klasyfikuje wszystkie wymienione na stronie zastosowania kliniczne *G. biloba* jako nieposiadające wystarczającego ugruntowania w medycynie opartej na faktach (ang. *evidence based medicine* – EBM) [61].

Reklamy w środkach masowego przekazu stanowią często główne źródło informacji dla konsumentów na temat leków czy suplementów diety istniejących na rynku. Spośród pięciu firm przeznaczających największe nakłady finansowe na reklamy w telewizji trzy są koncernami farmaceutycznymi [62]. Dzięki wprowadzeniu Ustawy z 7 kwietnia 2022 r. o wyrobach medycznych od 1 stycznia 2023 r. reklamy tych produktów nie mogą wykorzystywać wizerunku osób wykonujących zawody medyczne lub podających się za takie osoby. Dodatkowo mają one być w całości zrozumiałe dla osób bez wykształcenia medycznego [63]. 2 stycznia 2023 r. Ministerstwo Zdrowia przedstawiło również, aktualnie (stan na początek 2024 r.) będący na etapie konsultacji, projekt zmiany w ustawie o bezpieczeństwie żywności i żywienia w zakresie suplementów diety. Zakłada on, że oznakowanie suplementów diety nie będzie mogło zawierać informacji stwierdzających lub sugerujących, że zbilansowana i zróżnicowana dieta nie może dostarczyć wystarczającej dla organizmu ilości składników odżywczych.

Natomiast reklama suplementu diety będzie musiała zawierać informację następującej treści: „Suplement diety jest środkiem spożywczym, którego celem jest uzupełnienie normalnej diety. Suplement diety nie ma właściwości leczniczych”. Te działania mogą ograniczyć szkodliwy przekaz promowany za sprawą reklam tych produktów. Skutkiem tego może być większa świadomość konsumentów i idąca za tym większa chęć skorzystania przez nich z wiedzy specjalistów w zakresie nauk medycznych zamiast poszukiwania informacji w Internecie [64], który jest wątpliwej jakości źródłem wiadomości z zakresu medycyny, szczególnie podatnym na dezinformację [65].

Literatura

- [1] Gong W., Chen C., Dobes C., Fu C.X., Koch M.A., Phylogeography of a living fossil: pleistocene glaciations forced *Ginkgo biloba* L. (*Ginkgoaceae*) into two refuge areas in China with limited subsequent postglacial expansion, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2008, 48(3), s. 1094–1105.
- [2] Guo Y., Guo J., Shen X., Wang G., Wang T., Predicting the Bioclimatic Habitat Suitability of *Ginkgo biloba* L. in China with Field-Test Validations, *Forests*, 2019, 10, s. 705.
- [3] Chen Y., Fu C., Wu Z., Xu H., Liu H., Schneider H., Lin J., *Ginkgo biloba*, *Trends in Genetics*, 2021, 37(5), s. 488–489.
- [4] Yang X., Zhou T., Wang M., Li T., Wang G., Fu F.F., Cao F., Systematic investigation and expression profiles of the GbR2R3-MYB transcription factor family in ginkgo (*Ginkgo biloba* L.), *International Journal of Biological Macromolecules*, 2021, 172, s. 250–262.

- [5] Chassagne F., Huang X., Lyles J.T., Quave C.L., Validation of a 16th Century Traditional Chinese Medicine Use of *Ginkgo biloba* as a Topical Antimicrobial, *Frontiers in Microbiology*, 2019, 10, s. 775.
- [6] Hori S., Hori T., A Cultural History of *Ginkgo biloba* in Japan and the Generic Name *Ginkgo*, [w:] T. Hori, R.W. Ridge, W. Tulecke, P. Del Tredici, J. Trémouillaux-Guiller, H. Tobe, *Ginkgo Biloba – A Global Treasure*, Springer, Tokyo 1997.
- [7] Hirase S., On the spermatozoids of *Ginkgo biloba* (in Japanese), *Botanical Magazine Tokyo*, 1896, 10, s. 325–328.
- [8] Fujii K., On the different views hitherto proposed regarding the morphology of the flowers of *Ginkgo biloba* L. (preliminary note), *Botanical Magazine Tokyo*, 1896, 10, s. 7–8, s. 13–15, s. 104–110.
- [9] Biernacka P., Adamska I., Felisiak K., The Potential of *Ginkgo biloba* as a Source of Biologically Active Compounds – A Review of the Recent Literature and Patents, *Molecules*, 2023, 28(10), s. 3993.
- [10] Christen Y., Maixent J.M., What is *Ginkgo Biloba* extract EGb 761? An overview – from molecular biology to clinical medicine, *Cellular and Molecular Biology*, 2002, 48(6), s. 601–611.
- [11] Kulić Ž., Lehner M.D., Dietz G.P.H., *Ginkgo biloba* leaf extract EGb 761' as a paragon of the product by process concept, *Frontiers in Pharmacology*, 2022, 11, s. 13.
- [12] Barbalho S.M., Direito R., Laurindo L.F., Marton L.T., Guiguer E.L., Goulart R.A., Tofano R.J., Carvalho A.C.A., Flato U.A.P., Capelluppi Tofano V.A., Detregiachi C.R.P., Bueno P.C.S., Girio R.S.J., Araújo A.C., *Ginkgo biloba* in the Aging Process: A Narrative Review, *Antioxidants*, 2022, 11(3), s. 525.
- [13] Malík M., Tlustoš P., Nootropic Herbs, Shrubs, and Trees as Potential Cognitive Enhancers, *Plants*, 2023, 12(6), 1364.
- [14] Wilk-Maciejewska M., Łoza B., Patejuk-Mazurek I., Pałka J., Łagodne zaburzenia poznawcze: czym są i jak je leczyć?, *Neuropsychiatria. Przegląd Kliniczny*, 2014, 6(2), s. 87–91.
- [15] Kasper S., Bancher C., Eckert A., Förstl H., Frölich L., Hort J., Korczyn A.D., Kressig R.W., Levin O., Palomo M.S.M., Management of mild cognitive impairment (MCI): The need for national and international guidelines, *The World Journal of Biological Psychiatry*, 2022, 21(8), s. 579–594.
- [16] Kandiah N., Ong P.A., Yuda T., Ng L.L., Mamun K., Merchant R.A., Chen C., Dominguez J., Marasigan S., Ampil E., Nguyen V.T., Yusoff S., Chan Y.F., Yong F.M., Krairit O., Suthisisang C., Senanarong V., Ji Y., Thukral R., Ihl R., Treatment of dementia and mild cognitive impairment with or without cerebrovascular disease: Expert consensus on the use of *Ginkgo biloba* extract, EGb 761°, *CNS Neuroscience & Therapeutics*, 2019, 25(2), s. 288–298.
- [17] Kandiah N., Chan Y.F., Chen C., Dasig D., Dominguez J., Han S.H., Jia J., Kim S., Limpawattana P., Ng L.L., Nguyen D.T., Ong P.A., Raya-Ampil E., Saedon N., Senanarong V., Setiati S., Singh H., Suthisisang C., Trang T.M., Turana Y., Venkatasubramanian N., Yong F.M., Youn Y.C., Ihl R., Strategies for the use of *Ginkgo biloba* extract, EGb 761°, in the treatment and management of mild cognitive impairment in Asia: Expert consensus, *CNS Neuroscience & Therapeutics*, 2021, 27(2), s. 149–162.

- [18] Tomino C., Ilari S., Solfrizzi V., Malafoglia V., Zilio G., Russo P., Proietti S., Marcolongo F., Scapagnini G., Muscoli C., Rossini P.M., Mild Cognitive Impairment and Mild Dementia: The Role of *Ginkgo biloba* (EGb 761[®]), Pharmaceuticals (Basel), 2021, 14(4), s. 305.
- [19] Băjenaru O., Prada G., Antochi F., Jianu C., Tudose C., Cuciureanu A., Docu A.A., Perrot V., Avram M., Tiu C., Effectiveness and Safety Profile of *Ginkgo biloba* Standardized Extract (EGb761[®]) in Patients with Amnesic Mild Cognitive Impairment, CNS & Neurological Disorders – Drug Targets, 2021, 20(4), s. 378–384.
- [20] Morató X., Marquié M., Tartari J.P., Lafuente A., Abdelnour C., Alegret M., Jofresa S., Buendía M., Pancho A., Aguilera N., Ibarria M., Diego S., Cuevas R., Cañada L., Calvet A., Antonio E.E., Pérez-Cordón A., Sanabria Á., de Rojas I., Nuñez-Llaves R., Cano A., Orellana A., Montreal L., Cañabate P., Rosende-Roca M., Vargas L., Bojaryn U., Ricciardi M., Arifton D.M., Espinosa A., Ortega G., Muñoz N., Leonart N., Alarcón-Martín E., Moreno M., Preckler S., Tantinya N., Ramis M., Nogales A.B., Seguer S., Martín E., Pytel V., Valero S., Gurruchaga M., Tárraga L., Ruiz A., Boada M., A randomized, open-label clinical trial in mild cognitive impairment with EGb 761 examining blood markers of inflammation and oxidative stress, Scientific Reports, 2023, 13(1), s. 5406.
- [21] García-Alberca J.M., Gris E., Mendoza S., Combined treatment with *Ginkgo biloba* extract EGb 761 plus acetylcholinesterase inhibitors improved cognitive function and neuropsychiatric symptoms in patients with mild cognitive impairment, Alzheimer's & Dementia (New York, N.Y.), 2022, 8(1), e12338.
- [22] Gawel M., Potulska-Chromik A., Choroby neurodegeneracyjne: choroba Alzheimera i Parkinsona, Postępy Nauk Medycznych, 2015, 28(7), s. 468–476.
- [23] Villegas C., Perez R., Petiz L.L., Glaser T., Ulrich H., Paz C., Ginkgolides and Huperzine A for complementary treatment of Alzheimer's disease, IUBMB Life, 2022, 74(8), s. 763–779.
- [24] Xie L., Zhu Q., Lu J., Can We Use *Ginkgo biloba* Extract to Treat Alzheimer's Disease? Lessons from Preclinical and Clinical Studies, Cells, 2022, 11(3), s. 479.
- [25] Li D., Ma J., Wei B., Gao S., Lang Y., Wan X., Effectiveness and safety of *Ginkgo biloba* preparations in the treatment of Alzheimer's disease: A systematic review and meta-analysis, Frontiers in Aging Neuroscience, 2023, 15, 1124710.
- [26] Zieleń-Zynek I., Interakcje wybranych leków kardiologicznych ze składnikami diety, Folia Cardiologica, 2019, 14(1), s. 46–51.
- [27] Matthews M.K. Jr., Association of *Ginkgo biloba* with intracerebral hemorrhage, Neurology, 1998, 50(6), s. 1933–1934.
- [28] Bent S., Goldberg H., Padula A., Avins A.L., Spontaneous bleeding associated with *ginkgo biloba*: a case report and systematic review of the literature: a case report and systematic review of the literature, Journal of General Internal Medicine, 2005, 20(7), s. 657–661.
- [29] Dugoua J.J., Mills E., Perri D., Koren G., Safety and efficacy of ginkgo (*Ginkgo biloba*) during pregnancy and lactation, Canadian Journal Clinical Pharmacology, 2006, 13(3), s. 277–284.

- [30] Kędzia B., Alkiewicz J., Interakcje pomiędzy lekami roślinnymi stosowanymi w inhalacjach a lekami syntetycznymi stosowanymi doustnie, *Postępy Fitoterapii*, 2006, 2, s. 105.
- [31] Hansten P.D., Horn J.R., *Top 100 Drug Interactions 2017*, H&H Publications: Freeland, WA, USA, 2017.
- [32] Woron J., Siwek M., Unwanted effects of psychotropic drug interactions with medicinal products and diet supplements containing plant extracts, *Psychiatria Polska*, 2018, 52, s. 983–996.
- [33] Bogacz A., Karasiewicz M., Dziekan K., Procyk D., Górską-Paukszta M., Kowalska A., Mikołajczak P.L., Ozarowski M., Czerny B., Impact of Panax ginseng and *Ginkgo biloba* extracts on expression level of transcriptional factors and xenobioticmetabolizing cytochrome P450 enzymes, *Herba Polonica*, 2016, 61, s. 42–54.
- [34] Izzo A.A., Ernst E., Interactions between herbal medicines and prescribed drugs: an updated systematic review, *Drugs*, 2009, 69(13), s. 1777–1798.
- [35] Hu Z., Yang X., Ho P.C., Chan S.Y., Heng P.W., Chan E., Duan W., Koh H.L., Zhou S., Herb-Drug Interactions, *Drugs*, 2005, 65(9), s. 1239–1282.
- [36] Diamond B.J., Bailey M.R., *Ginkgo biloba*: indications, mechanisms, and safety, *Psychiatric Clinics of North America*, 2013, 36(1), s. 73–83.
- [37] Cianfrocca C., Pelliccia F., Auriti A., Santini M., *Ginkgo biloba* induced frequent ventricular arrhythmia, *Italian Heart Journal*, 2002, 3(11), s. 689–691.
- [38] Russo V., Rago A., Russo G.M., Calabrò R., Nigro G., *Ginkgo biloba*: an ancient tree with new arrhythmic side effects, *Journal Postgraduate Medicine*, 2011, 57(3), 221.
- [39] Chiu A.E., Lane A.T., Kimball A.B., Diffuse morbilliform eruption after consumption of *Ginkgo biloba* supplement, *Journal of American Academy Dermatology*, 2002, 46(1), s. 145–146.
- [40] Wolnicka K., Suplementy diety – czy pomagają w zachowaniu zdrowia i mogą chronić przed chorobami, w tym nowotworami?, 2021, <https://ncez.pzh.gov.pl/abc-zywienia/zasady-zdrowego-zywienia/suplementy-diety-czy-pomagaja-w-zachowaniu-zdrowia-i-moga-chronic-przed-chorobami-w-tym-nowotworami/> (dostęp 17.12.2023).
- [41] Kowalczyk A., Markiewicz M., Puścion M., Wiśniewski M., Pozaapteczny obrót lekami OTC: bezpieczeństwo, prawo, ekonomia i oczekiwania pacjenta, 2023, <https://pozaapteczny.pl/wp-content/uploads/2023/04/5944d3ce0a5455cd7c1b6a3ee53b3aa3bb323300.pdf> (dostęp 17.12.2023).
- [42] Główny Inspektorat Sanitarny, <https://powiadomienia.gis.gov.pl/> (dostęp 17.12.2023).
- [43] Rejestr Produktów Leczniczych, <https://rejstry.ezdrowie.gov.pl/rpl/search/public> (dostęp 26.11.2023).
- [44] European Parliament, Council of the European Union, Regulation (EC) No 1925/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on the addition of vitamins and minerals and of certain other substances to foods, 2006, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32006R1925> (dostęp 17.12.2023).
- [45] Committee on Herbal Medicinal Products, 2015, https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-monograph/final-european-union-herbal-monograph-ginkgo-biloba-l-folium_en.pdf (dostęp 17.12.2023).
- [46] List of plants, of which raw materials or herbal preparations can be used in dietary supplements, <https://bibliotekanauki.pl/articles/71366.pdf> (dostęp 17.12.2023).

- [47] Czigle S., Tóth J., Jedlinszki N., Háznagy-Radnai E., Csupor D., Tekel'ová D., *Ginkgo biloba* Food Supplements on the European Market – Adulteration Patterns Revealed by Quality Control of Selected Samples, *Planta Medica*, 2018, 84(6–7), s. 475–482.
- [48] Fransen H.P., Pelgrom S.M., Stewart-Knox B., de Kaste D., Verhagen H., Assessment of health claims, content, and safety of herbal supplements containing *Ginkgo biloba*, *Food Nutrition Research*, 2010, 54, s. 1–33.
- [49] Guidance, Herbal medicines granted a traditional herbal registration, <https://www.gov.uk/government/publications/herbal-medicines-granted-a-traditional-herbal-registration-thr/herbal-medicines-granted-a-traditional-herbal-registration> (dostęp 17.12.2023).
- [50] Guidance on Sources of Evidence of Traditional Use for applications for Traditional Herbal Medicinal Products, 2014, https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5fef196de90e0776a0d9cdaa/sources_of_evidence_to_show_traditional_use_and_safety.pdf (dostęp 17.12.2023).
- [51] Department of Health & Human Services, 2012, <https://www.fda.gov/media/169555/download> (dostęp 17.12.2023).
- [52] Nguyen T., Alzahrani T., *Ginkgo Biloba*, StatPearls [Internet], StatPearls Publishing, Treasure Island (FL), 2023, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541024/> (dostęp 17.12.2023).
- [53] Hort J., O'Brien J.T., Gainotti G., Pirttila T., Popescu B.O., Rektorova I., Sorbi S., Scheltens P., EFNS Scientist Panel on Dementia. EFNS guidelines for the diagnosis and management of Alzheimer's disease, *European Journal Neurology*, 2010, 17(10), s. 1236–1248.
- [54] Rabins P., Rovner B.W., Rummans T., Schneider L.S., Tariot P.N., Guideline Watch (October 2014): Practice Guideline for the Treatment of Patients With Alzheimer's Disease and Other Dementias, *Focus (American Psychiatric Publishing)*, 2017, 15(1), s. 110–128.
- [55] Dementia: Assessment, management and support for people living with dementia and their carers, National Institute for Health and Care Excellence (NICE), 2018, <https://www.nice.org.uk/guidance/ng97> (dostęp 17.12.2023).
- [56] Livingston G., Huntley J., Sommerlad A., Ames D., Ballard C., Banerjee S., Brayne C., Burns A., Cohen-Mansfield J., Cooper C., Costafreda S.G., Dias A., Fox N., Gitlin L.N., Howard R., Kales H.C., Kivimäki M., Larson E.B., Ogunniyi A., Orgeta V., Ritchie K., Rockwood K., Sampson E.L., Samus Q., Schneider L.S., Selbæk G., Teri L., Mukadam N., Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission, *Lancet*, London, England, 2020, 396, s. 413–446.
- [57] Ihl R., Frölich L., Winblad B., Schneider L., Burns A., Möller H.J., WFSBP Task Force on Treatment Guidelines for Alzheimer's Disease and other Dementias. World Federation of Societies of Biological Psychiatry (WFSBP) guidelines for the biological treatment of Alzheimer's disease and other dementias, *World Journal Biological Psychiatry*, 2011, 12(1), s. 2–32.
- [58] Chen YX., Liang N., Li X.L., Yang S.H., Wang Y.P., Shi N.N., Diagnosis and Treatment for Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review of Clinical Practice Guidelines and Consensus Statements, *Frontiers Neurology*, 2021, 12(12), 719849.

- [59] Lis-Święty A., Recent advances in the workup and management of Raynaud phenomenon, Polish Archives Internal Medicine, 2019, 129, s. 798–808.
- [60] Langguth B., Kleinjung T., Schlee W., Vanneste S., De Ridder D., Tinnitus Guidelines and Their Evidence Base, Journal of Clinical Medicine, 2023, 12(9), s. 3087.
- [61] Saper R.B., Clinical use of *Ginkgo biloba*, www.UpToDate, <https://pro.uptodatefree.ir/Show/1387> (dostęp 17.12.2023)
- [62] Kurdupski M., Rynek reklamy telewizyjnej w marcu spadł o 3 proc. Polsat na czele wpływów, TVN24 w dół o 45 proc., 2022, <https://www.wirtualnemedial.pl/arttykul/rynek-reklamy-telewizyjnej-marzec-2022-lider-polsat-ferrero> (dostęp 17.12.2023).
- [63] Ustawa z dnia 7 kwietnia 2022 r. o wyrobach medycznych, rozdz. 12, <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20220000974/U/D20220974Lj.pdf> (stan na dzień 17 grudnia 2023 r.).
- [64] Redakcja mgr.farm., KRSiO: raport „Suplementy diety – percepcja i komunikacja”, 2015, <https://mgr.farm/aktualnosci/krsio-raport-suplementy-diety-percepcja-i-komunikacja/> (dostęp 17.12.2023).
- [65] Daraz L., Morrow A.S., Ponce O.J., Beuschel B., Farah M.H., Katabi A., Alsawas M., Majzoub A.M., Benkhadra R., Seisa M.O., Ding J.F., Prokop L., Murad M.H., Can Patients Trust Online Health Information? A Meta-narrative Systematic Review Addressing the Quality of Health Information on the Internet, Journal General Internal Medicine, 2019, 34(9), s. 1884–1891.

Prozdrowotne właściwości gryki zwyczajnej (*Fagopyrum esculentum* Moench)

Health-promoting properties of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench)

Krystyna Zarzecka¹, Agnieszka Ginter¹, Marek Gugąła¹, Iwona Mystkowska²

¹ Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa, Uniwersytet w Siedlcach, ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce, e-mail: kzarzecka@uph.edu.pl

² Katedra Dietetyki, Akademia Białska Nauk Stosowanych im. Jana Pawła II, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska

Słowa kluczowe: gryka zwyczajna (*Fagopyrum esculentum* Moench), właściwości odżywcze, właściwości zdrowotne

Keywords: buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), nutritional properties, health properties

Streszczenie

W pracy przedstawiono pochodzenie gryki zwyczajnej (*Fagopyrum esculentum* Moench) i jej wartości odżywcze. Omówiono skład chemiczny nasion, właściwości prozdrowotne owoców oraz możliwości wykorzystania rośliny w przemyśle spożywczym (w postaci kaszy, mąki, płatków, pieczywa, makaronów, ciastek), farmaceutycznym i ziołolecznictwie (w postaci herbatek i preparatów ziołowych, suplementów diety). Przedstawiono walory zdrowotne miodu gryczanego oraz wykorzystanie łuski gryczanej – będącej produktem ubocznym przetwarzania spożywczego gryki – do wypełniania poduszek, materacy przeciwoleżynowych, rogali, opasek czy siedzisk, które mają działanie terapeutyczne. Gryka to cenna roślina rolnicza ze względu na niewielkie wymagania glebowe, wysoką odporność na choroby i szkodniki oraz dużą wydajność miodową z 1 ha; ponadto wzbogaca bioróżnorodność pól.

Summary

The paper presents the origin of the common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and its nutritional value. The chemical composition of the seeds, the health-promoting properties of the fruit, and the potential for use in the food industry (groats, flour, flakes, breads, pastas, cookies), pharmaceuticals and herbal medicine (teas and herbal preparations, dietary supplements) were discussed. The health benefits of buckwheat honey are presented, as well as the use of buckwheat husk as

a by-product for filling pillows, anti-decubitus mattresses, horns, bands or seats, which have a therapeutic effect. Buckwheat is a valuable agricultural crop due to its low soil requirements, high resistance to diseases and pests, high honey yield per hectare, in addition, it enriches the biodiversity of the fields.

Pochodzenie gryki i jej uprawa

Gryka zwyczajna (*Fagopyrum esculentum* Moench) należy do roślin zbożowych ze względu na podobny skład chemiczny nasion, użytkowanie oraz zabiegi agrotechniczne. Zaliczana jest do grupy tzw. zbóż rzekomych, gdyż wytwarza nasiona podobne do ziaren zbóż, ale nie należy do traw. Zbożami rzekomymi, zwanymi też pseudozbożami, są także komosa ryżowa i szarłat wyniosły. Gryka określana jest też, podobnie jak żyto i owies, jako „wtórna roślina uprawna”, gdyż została wyodrębniona z chwastów, które występowały w innych roślinach uprawnych [1, 2]. Pochodzi ona ze wschodniej i środkowej Azji. Znana była już w epoce neolitu. W XIII–XIV w. w związku z najazdami Turków i Mongołów jej uprawa rozpowszechniła się w zachodniej Europie. W Polsce pierwsze wzmianki o gryce jako roślinie uprawnej pochodzą z XVI w., a jej pojawienie także jest związane z tatarskimi najazdami, stąd wzięła się nazwa „tatarka”.

Uprawa gryki jest najbardziej rozpowszechniona we wschodniej Azji, Rosji i krajach Europy Wschodniej, a największymi jej producentami są Chiny i Rosja, które na globalny rynek dostarczają około 80% światowej produkcji gryki. W Polsce gryka jest dużo mniej rozpowszechniona niż inne zboża. Chociaż uprawiana jest na glebach słabszych (głównie na glebach kompleksów: żytniego bardzo dobrego, żytniego dobrego i żytniego słabego), to jej uprawa jest ryzykowna ze względu na częste niedobory wody, gdyż jest wrażliwa na suszę oraz odznacza się małą plennością. W 2018 r. najwięcej uprawiano jej w województwach: lubelskim, zachodniopomorskim i pomorskim [3]. W ostatnich latach obserwuje się tendencję wzrostową powierzchni uprawy gryki, zwiększa się zainteresowanie produkcją ekologiczną i rośnie liczba gospodarstw chętnych do jej uprawy. Roślina ta po wielu latach wróciła do Krajowego rejestru odmianowego i od 2019 r. na Liście odmian roślin rolniczych znajdują się cztery odmiany gryki zwyczajnej: Kora, MHR Korona, MHR Smuga i Panda [4].

Skład chemiczny orzeszków gryki a ich właściwości prozdrowotne

Gryka jest cenną rośliną uprawną ze względu na skład chemiczny, wartość odżywczą i prozdrowotną ziarniaków. Ziarniaki te przerabiane są głównie na kaszę, mąkę i płatki, a następnie wykorzystywane do produkcji chleba, makaronów, ciastek i naleśników oraz sporządza się z nich mieszanki gryczano-owocowe do picia (np.

grykostart). Cenne są też kielki gryki, które stanowią tzw. nowe warzywo, a określane są jako cud natury – zawierają witaminę C, której nie ma w ziarniakach [5–7]. Już od starożytności gryka zwyczajna była uprawiana nie tylko na potrzeby żywnościowe, ale również jako roślina lecznicza [5]. Zawartość podstawowych składników odżywczych w orzeszkach gryki i w kaszy gryczanej przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Podstawowe składniki odżywcze występujące w owocach gryki i w kaszy gryczanej w g·kg⁻¹ suchej masy (s.m.).

Table 1. Basic components found in buckwheat fruit and buckwheat groats in g·kg⁻¹ of dry matter.

	Węglowodany	Białko	Tłuszcz	Włókno	Popiół
Owoce gryki	590–708	100–190	20–40	70–117	20–24
Kasza gryczana	690–872	91–160	17–31	7–59	13

Źródło: [2, 3, 5, 6, 8, 9].

Source: [2, 3, 5, 6, 8, 9].

Z gryki pozyskuje się przede wszystkim orzeszki, które mają cenne właściwości odżywcze, dietetyczne i zdrowotne. Ze względu na unikatowy skład chemiczny stanowią one również cenny surowiec do produkcji żywności funkcjonalnej i dodatków do żywności. Głównym składnikiem węglowodanów jest skrobia, a największą część stanowi tzw. skrobia oporna (33–38%), niepodatna na działanie enzymów, co sprawia, iż nie jest trawiona w jelicie cienkim, a ulega fermentacji w jelicie grubym, stąd produkty wytworzone z gryki mają niski indeks glikemiczny [2, 9, 10]. Innym ważnym składnikiem mającym szczególne znaczenie w żywieniu i profilaktyce wielu chorób jest włókno, w którym dominuje błonnik pokarmowy. Składa on się z frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej. Nierozpuszczalna frakcja błonnika pobudza perystaltykę jelit, a także ma zdolność wiązania kwasów żółciowych i cholesterolu, zwiększając ich wydalanie. Rozpuszczalny błonnik obniża poziom cholesterolu, zmniejsza ryzyko zachorowania na niedokrwienną chorobę serca, obniża glikemię poposiłkową [6, 10]. Błonnik pokarmowy odgrywa także rolę w zapobieganiu nowotworom jelita grubego czy otyłości [11, 12]. Spożycie 100 g kaszy gryczanej zapewnia dostarczenie do organizmu 20–30% zalecanej dziennej porcji błonnika [6].

Zawarte w ziarniaku gryki białko jest bezglutenowe, o dobrze zbilansowanym składzie aminokwasowym. Zawiera dużo lizyny, około dwa razy więcej niż białko ziarna zbóż, cenną argininę, znaczną ilość aminokwasów siarkowych – metioniny i cysteiny oraz leucyny i fenyloalaniny. Niedobór tych aminokwasów decyduje o niższej wartości odżywczej białka roślin zbożowych i strączkowych [7, 8, 13, 14]. Orzeszki gryki mogą stanowić wartościowe źródło białka o składzie aminokwasowym odpowiednim dla osób z niedoborem białka, ale także dla osób nietolerujących

glutenoprotein. Zdaniem Majkowskiej i wsp. [15] spożycie 100 g kaszy gryczanej zaspokaja dzienne zapotrzebowanie człowieka na aminokwasy egzogenne. Wartość biologiczna białka gryki jest zbliżona do wartości biologicznej białka jaja kurzego [16].

Lipidy w ziarniakach gryki zlokalizowane są przede wszystkim w zarodku, a w profilu kwasów tłuszczowych dominują, stanowiąc 80–84%, kwasy nienasycone, spośród których najwięcej jest kwasu oleinowego, linolowego i palmitynowego. Dzięki temu kasza i mąka gryczana mają działanie przeciwmiażdżycowe i odgrywają ważną rolę w stymulowaniu układu immunologicznego [7, 17]. Gryka jest bogatym źródłem składników mineralnych, takich jak: cynk, miedź, żelazo, mangan, potas, fosfor, magnez, oraz rzadkich pierwiastków, jak bor, kobalt i platyna, które gromadzą się przede wszystkim w okrywkach owocowych owoców gryki. Zawartość wapnia jest porównywalna z zawartością tego pierwiastka w innych zbożach. Stąd mąka i kasza gryczana palona i niepalona są bogate szczególnie w cynk, miedź, potas, magnez i fosfor [1, 6, 8, 18]. Bogactwo makroelementów i mikroelementów czyni z owoców gryki wartościowy surowiec do produkcji żywności, który korzystnie wpływa na funkcjonowanie organizmu, wzmacnia odporność na stres i pracę mózgu [2]. Orzeszki gryki zawierają też cenne dla zdrowia człowieka witaminy, takie jak: tiamina, ryboflawina, pirydoksyna i niacyna. W ich składzie znajduje się także witamina E o charakterze przeciwutleniającym, zwana witaminą młodości, oraz w niewielkich ilościach beta-karoten [8, 10, 14, 17].

Oprócz przedstawionych zalet żywieniowych należy wymienić najważniejszą – obecność przeciwutleniaczy, takich jak związki flawonoidowe i kwasy fenolowe [7]. Głównym flawonoidem zawartym w gryce jest rutyna, występująca we wszystkich częściach rośliny w ilości 4–6%. Najwięcej jest jej w kwiatach, liściach, orzeszkach, a najmniej w łodygach [8, 12, 14]. W okrywkach owocowych gryki znajduje się: rutyna, orientyna, izorientyna, witeksyna i kwercetyna, w ilościach od 60 mg do 74 mg/100 g okrywy. Kasza gryczana zawiera głównie rutynę i izowitekсынę, a ich sumaryczna wartość waha się od 18,8 mg/100 g w kaszach jasnych do 4,0 mg/100 g w wybranych kaszach ciemnych. Proces prażenia ziaren powoduje około 4-krotny spadek zawartość flawonoidów. Spożycie 100 g kaszy gryczanej dostarcza organizmowi człowieka ilość flawonoidów porównywalną z ich zawartością w jednej tabletkie Rutinoscorbinu [6, 19, 20]. Przeciwutleniacze obecne w orzeszkach gryki zapobiegają licznym chorobom cywilizacyjnym, takim jak: skleroza, zawały serca, zaćma, choroby nowotworowe, nadciśnienie, ponadto wzmacniają naczynia włosowate oraz stabilizują ciśnienie krwi [1, 14, 17, 21]. Oprócz wartości odżywczych i prozdrowotnych warto wspomnieć o związkach aromatycznych, które nadają orzeszkom charakterystyczny zapach. Ten zbożowo-orzechowy aromat pobudza apetyt i jest typowy dla świeżo zebranej i zmielonej gryki, natomiast wraz z upływem

czasu słabnie [7, 22]. Kasza gryczana wraz z innymi produktami zbożowymi znajduje się na drugiej pozycji (wśród artykułów spożywczych) Piramidy Zdrowego Żywienia i Aktywności Fizycznej, opracowanej w Instytucie Żywności i Żywienia [23]. Dlatego też wielu autorów uważa, że grykę i uzyskane z niej produkty, zarówno ze względu na ich wartość odżywczą, jak i na udowodniony korzystny wpływ na zdrowie, można zaliczyć do żywności funkcjonalnej [1, 2, 6, 13].

Inne możliwości wykorzystania ziarna gryki

Ziarno gryki, ze względu na skład chemiczny, jest cennym surowcem dla przemysłu spożywczego, farmaceutycznego, kosmetycznego i innych [8, 14, 17]. W przemyśle spożywczym gryka stanowi surowiec głównie do produkcji różnego rodzaju kasz, mąki gryczanej i płatków, a mąka jest dodatkiem do chleba, makaronów, ciastek, kleiku gryczano-ryżowego, wafli i innych wyrobów bezglutenowych. Coraz bardziej popularna jest też gryka preparowana, nazywana też ekspandowaną, czyli napowietrzone ziarna tej rośliny. Mają one znacznie łagodniejszy smak niż kasza gryczana, są chrupiące i lekkie, a strukturą przypominają kukurydziany popcorn czy też preparowany ryż – stanowią zdrową i smaczną przekąskę. Ze względu prozdrowotne właściwości gryki prowadzone są liczne badania nad otrzymywanymi z tej rośliny produktami. Starowicz i wsp. [24], badając herbatniki żytnio-gryczane z dodatkiem rutyny, stwierdzili, że rutyna była stabilna w warunkach pieczenia i powodowała stopniowy wzrost całkowitej zawartości fenoli i pojemności przeciwutleniającej. Również Sadowska i Diowksza [25] wykazały, że gryka może być alternatywnym surowcem piekarskim, który mógłby częściowo bądź całkowicie zastąpić pszenicę w diecie ludzi o różnym stopniu nietolerancji glutenu.

W przemyśle farmaceutycznym i ziołolecznictwie zastosowanie znajdują przede wszystkim nadziemne części gryki, szczególnie bogate w rutynę, a stosowane w formie herbatek, oraz miód gryczany [16, 26, 27]. Wyciągi z gryki są składnikami różnych preparatów ziołowych, np. Betasolu, leku o działaniu moczopędnym. Znany jest też suplement z łuski gryki Grykostart, który polecany jest przy detoksykacji organizmu, w walce z nadwagą, przy alergiach, nadciśnieniu oraz w chorobach układu pokarmowego [27]. Ciekawostką jest, że jeszcze do niedawna z gryki uzyskiwano rutynę, składnik bardzo popularnego leku – Rutinoscorbinu, stosowanego wspomagająco przy obniżonej odporności czy przeziębieniach. Miód gryczany ceniony jest ze względu na silne właściwości bakteriostatyczne. Ponadto jest on bogaty w enzymy, potas, żelazo, magnez i inne składniki mineralne (Tabela 2) oraz witaminy: C, B₁, B₂, PP i β-karoten [14, 26, 28–31]. Zhou i wsp. [32] udowodnili, że miód gryczany redukuje uszkodzenia DNA spowodowane przez rodniki hydroksylowe. Miód ten jest ciemnej barwy, ma bardzo intensywny i przyjemny zapach kwiatów

gryki, charakterystyczny, ostry, słodki i lekko piekący smak. Z 1 ha pola gryczanego można uzyskać 120–150 kg miodu, a w sprzyjających warunkach wydajność miodowa dochodzi do 300 kg z tej jednostki powierzchni [33, 34].

Tabela 2. Zawartość składników mineralnych w miodzie gryczanym.

Table 2. Mineral content in buckwheat honey.

Składniki mineralne	
Wyszczególnienie	Zawartość w mg·kg ⁻¹ miodu
Potas	413,0–516,9
Magnez	18,2–74,9
Sód	46,8–111,7
Cynk	3,68–7,56
Mangan	3,14–11,56
Żelazo	1,23–4,51
Miedź	0,14–0,80

Źródło: [7, 17, 29, 35].

Source: [7, 17, 29, 35].

Łuska gryczana, jako uboczny produkt procesu produkcyjnego kaszy, najczęściej jest wykorzystywana w przemyśle tekstylnym, głównie jako wypełniacz poduszek, materacy przeciwoleżynowych, rogali, opasek czy siedzisk, które mają działanie terapeutyczne. Wkłady z łuski gryczanej łatwo dopasowują się do ciała, dobrze wchłaniają wilgoć, nie nagrzewają się, co świadczy o tym, że gryka jest dobrym produktem chłodzącym. Wyroby tekstylne z łuski gryki zalecane są przy dyskopatii, bólach kręgosłupa oraz bólach naczyniowo-ruchowych głowy [3, 14, 27]. Produkty uboczne przerobu gryki odznaczają się wysoką zawartością węgla i wodoru, stąd wartość opałowa peletu z tej rośliny zbliżona jest do wartości opałowej peletu z trocin sosnowych czy z wierzby [27].

Gryka to cenna roślina rolnicza – jest mało wymagająca w uprawie, jeśli chodzi o glebę i zapotrzebowanie na składniki pokarmowe, odporna na choroby, doskonale radzi sobie z konkurencją chwastów oraz zwiększa bioróżnorodność [3, 9, 12]. W ostatnich latach obserwuje się wzmożone zainteresowanie rolników uprawą gryki ze względu na jej walory prozdrowotne, wielostronne zastosowanie oraz coraz większe zapotrzebowanie na produkty bezglutenowe.

Podsumowanie

Gryka jest rośliną o wysokiej wartości odżywczej, stanowi doskonałe źródło białka, lipidów, błonnika i minerałów, a także związków fenolowych o działaniu prozdrowotnym, dlatego zasługuje na większe zainteresowanie rolników i konsumentów.

Owoce gryki i produkty z nich otrzymywane stanowią cenną i poszukiwaną żywność bezglutenową. Ponadto wykorzystywane są w szerokim zakresie w przemyśle farmaceutycznym i ziołolecznictwie oraz do produkcji terapeutycznych tekstyliów. Żywieniowcy i dietetycy ze względu na zawarte w gryce i jej produktach cenne składniki odżywcze i lecznicze zaliczają ją do żywności funkcjonalnej. Gryka ma znaczenie agroekologiczne, ogranicza występowanie szkodników glebowych i chwastów, stanowi doskonały pożytek pszczele, posiada zdolność wykorzystywania składników pokarmowych niedostępnych dla innych gatunków oraz wzbogaca estetykę krajobrazu.

Literatura

- [1] Podolska G., Gryka źródłem składników do produkcji żywności funkcjonalnej, *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2015, 44(18), s. 149–164.
- [2] Szempliński W., Budzyński W., Bielski S., Gryka, [w:] *Uprawa roślin*, t. II, (red.) A. Kotecki, wyd. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2020, s. 321–338.
- [3] Podolska G., Gryka ma potencjał, *Przedsiębiorca Rolny*, 2020, 11, s. 10–11.
- [4] Lista odmian roślin rolniczych wpisanych do krajowego rejestru w Polsce, wyd. COBORU, Słupia Wielka 2022, s. 41.
- [5] Hromadkova Z., Ebringerova A., Ultrasonic extraction of plant materials – investigation of hemicellulose release from buckwheat hulls, *Ultrasonics Sonochemistry*, 2003, 10, s. 127–133.
- [6] Chłopicka J., Gryka jako żywność funkcjonalna, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2008, 3(41), s. 249–252.
- [7] Harasym J., Gryka jako źródło substancji organicznych i związków mineralnych, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 57, Nauki Inżynierskie i Technologie, 2009, 1, s. 159–169.
- [8] Zarzecka K., Gugala M., Mystkowska I., Wartość odżywcza i prozdrowotna gryki siewnej, *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2015, 96(2), s. 410–413.
- [9] Zarzecka K., Gugala M., Mystkowska I., Wartość odżywcza i możliwości wykorzystania gryki, *Postępy Fitoterapii*, 2014, 1, s. 28–31.
- [10] Dziedzic K., Górecka D., Kobus-Cisowska J., Jeszka M., Możliwości wykorzystania gryki w produkcji żywności funkcjonalnej, *Nauka Przyroda Technologie*, 2010, 4(2), s. 1–7.
- [11] Brownlee I.A., The physiological roles of dietary fibre, *Food Hydrocolloids*, 2011, 25(2), s. 238–250.
- [12] *Metodyka integrowanej ochrony gryki*, (red.) R. Krawczyk, M. Mrówczyński, wyd. IOR-PIB, Poznań 2017.
- [13] Giménez-Bastida J.A., Zieliński H., Buckwheat as a Functional Food and Its Effects on Health, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, 63, s. 7896–7913.
- [14] Krochmal-Marczak B., Sawicka B., Tobiasz-Salach R., Bienia B., Wartość prozdrowotna i znaczenie gospodarcze gryki (*Fagopyrum esculentum* M.), [w:] *Rośliny zielarskie, kosmetyki naturalne i żywność funkcjonalna*, (red.) G. Bazylak, A. Kaznowski, H. Różański, wyd. Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigonia w Krośnie, Krosno 2017, s. 260–271.

- [15] Majkowska A., Klepacka J., Rafałowski R., Analiza zawartości związków fenolowych i białka w kaszach gryczanych dostępnych na rynku w województwie warmińsko-mazurskim, *Fragmenta Agronomica*, 2015, 32(1), s. 82–91.
- [16] Aubrecht E., Biacs P.A., Characterization of buckwheat grain proteins and its products, *Acta Alimentaria*, 2001, 30(1), s. 71–80.
- [17] Christa K., Soral-Šmietana 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.
- [18] Ikeda S., Yamashita Y., Tomura K., Kreft I., Nutritional comparison in mineral characteristics between buckwheat and cereals, *Fagopyrum*, 2006, 23, s. 61–65.
- [19] Xie F., Lei Y., Han X., Zhao Y., Zhang S., Antioxidant ability of polyphenols from black rice, buckwheat and oats: In vitro and in vivo, *Czech Journal of Food Sciences*, 2020, 38(4), s. 242–247.
- [20] Li S.Q., Zhang Q.H., Advances in the development of functional food from buckwheat, *Critical Reviews of Food Science and Nutrition*, 2001, 41(6), s. 451–464.
- [21] Zhang H.W., Zhang Y.H., Lu M.J., Tong W.J., Cao G.W., Comparison of hypertension, dyslipidemia and hyperglycaemia between seed-consuming and non-consuming mongolianchinese populations in inner Mongolia, China, *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 2007, 34(9), s. 838–844.
- [22] Janes D., Kantar D., Kreft S., Prosen H., Identification of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) aroma compounds with GC-MS, *Food Chemistry*, 2009, 112, s. 120–124.
- [23] Jarosz M., Piramida zdrowego żywienia i aktywności fizycznej dla osób dorosłych, wyd. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa 2019, s. 1–9.
- [24] Starowicz M., Koutsidis G., Zieliński H., Determination of Antioxidant Capacity, Phenolics and Volatile Maillard Reaction Products in Rye-Buckwheat Biscuits Supplemented with 3β-D-Rutinoside, *Molecules*, 2019, 24(982), s. 1–14.
- [25] Sadowska A., Diowksz A., Gryka – alternatywny surowiec w piekarstwie, *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 2018, 62(5), s. 34–38.
- [26] Burzyńska M., Miód gryczany pod lupą, *Pasieka*, 2021, 4, s. 16.
- [27] Borkowska B., Robaszewska A., Zastosowanie ziarna gryki w różnych gałęziach przemysłu, *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*, 2012, 73(9), s. 43–55.
- [28] Burzyńska M., Piasecka-Kwiatkowska D., Springer E., Allergenic properties of Polish nectar honeys, *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 2020, 19(1), s. 15–24.
- [29] Kędzierska-Matysek M., Florek M., Wolanciuk A., Barłowska J., Litwińczuk Z., Concentration of Minerals in Nectar Honeys from Direct Sale and Retail in Poland, *Biological Trace Element Research*, 2018, 186(2), s. 579–588.
- [30] Hołderna-Kędzia E., Kędzia B., Krajowe miody odmianowe w profilaktyce i lecznictwie, *Postępy Fitoterapii*, 2021, 22(2), s. 114–124.
- [31] Mystkowska I., Zarzecka K., Ginter A., Dmitrowicz A., Wartość lecznicza i fizjoterapeutyczna miodu pszczelego, *Herbalism*, 2023, 1(9), s. 154–165.
- [32] Zhou J., Li P., Cheng N., Gao H., Wang B., Wei Y., Cao W., Protective effects of buckwheat honey on DNA damage induced by hydroxyl radicals, *Food and Chemical Toxicology*, 2012, 50(8), s. 2766–2773.

- [33] Janik M., Gryka rośliną dostarczającą znakomitego miodu, *Pasieka*, 2007, 4, s. 4.
- [34] Bavec F., Bavec M., *Organic Production and Use of Alternative Crops*, wyd. CRC Press Taylor & Francis Group, London 2007, s. 65–76.
- [35] Stecka H., Greda K., Pohl P., Total content and the bioavailable fraction of calcium, copper, iron, magnesium, manganese and zinc in Polish commercial bee honeys, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2012, 5(2), s. 111–116.

Właściwości odżywcze owsa i jego przetworów

Nutritional properties of oats and their products

Agnieszka Ginter¹, Krystyna Zarzecka¹, Marek Gugala¹, Iwona Mystkowska²

¹ Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa, Uniwersytet w Siedlcach, ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce, e-mail: agnieszka.ginter@uws.edu.pl

² Zakład Dietetyki, Akademia Bialska im. Jana Pawła II, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska

Słowa kluczowe: owies, skład chemiczny ziarna, walory zdrowotne, płatki owsiane

Keywords: oat, chemical content of oat, health benefits, oats cereals

Streszczenie

W pracy przedstawiono właściwości prozdrowotne owsa oraz jego przetworów, przede wszystkim wyrobów spożywczych, a szczególnie płatków owsianych. Omówiono skład chemiczny ziarna owsa i według danych Głównego Urzędu Statystycznego przedstawiono powierzchnię, plony i zbiory *Avena sativa* L. Liczne badania wykazały, że produkty owsiane stanowią żywność funkcjonalną. Doniesienia naukowe wskazują, że artykuły spożywcze z dodatkiem owsa mają wyjątkowe właściwości prozdrowotne i należy je uwzględniać w codziennej diecie.

Summary

This paper presents the health-promoting properties of oats and their products, primarily food products, especially oat flakes. Based on a review of the literature, the basic information about this cereal and the chemical composition of oat grain are discussed, and according to the Central Statistical Office, the area, yield and harvest of *Avena sativa* L. Numerous studies have shown that oat products are functional foods. Scientific reports indicate that food with oats have unique health-promoting properties and should be included in the daily diet.

Wstęp

W ostatnich latach zwraca się uwagę na żywność naturalną, mało przetworzoną, a przede wszystkim funkcjonalną. Przyjmuje się, że żywność ma właściwości funkcjonalne tylko wtedy, gdy oprócz normalnej wartości, wynikającej z zawartości składników odżywczych, zawiera substancje bioaktywne wpływające na funkcjonowanie naszego organizmu poprzez działanie blokujące lub opóźniające rozwój

niektórych chorób i/lub poprawiające jego ogólne funkcjonowanie [1]. Do składników funkcjonalnych zaliczane są m.in. błonnik pokarmowy, wielonienasycone kwasy tłuszczowe, witaminy czy składniki mineralne [2]. Współczesny konsument ma specyficzne potrzeby oraz wymagania żywieniowe i coraz częściej zwraca uwagę nie tylko na wartość kaloryczną produktu, ale i na korzyści zdrowotne [3, 4]. Coraz większym zainteresowaniem cieszy się żywność oparta na produktach pochodzenia roślinnego, a w wielu krajach podjęto się jej produkcji na szeroką skalę [5]. W ostatnich dekadach w Polsce wzrosło zainteresowanie zbożami niechlebowymi, w szczególności owsem i jęczmieniem [6]. Owies siewny jest uważany za młodą roślinę uprawną, gdyż w uprawie pojawił się znacznie później niż pszenica i jęczmień [7]. *Avena sativa* L. wykazuje niewielką zmienność genetyczną i podobnie jak *Triticum* L. jest alloheksaploidem posiadającym 42 chromosomy, jednakże niewiele wiadomo o jego pochodzeniu i przodkach. Prawdopodobnie pojawił się jako chwast na polach obsiewanych jęczmieniem i skutecznie z nim konkurował, zwłaszcza na gorszych siedliskach [8]. Ziarno owsa zwyczajnego występuje jako owies zwyczajny, oplewiony (*Avena sativa* L.), o zabarwieniu żółtym, i owies nieoplewiony (*Avena nuda* L.), a w ostatnich latach wyhodowano również owies zwyczajny o barwie brązowej [9]. Obecność lub brak plewki, jak i barwa to cechy uwarunkowane genetycznie [10]. W ziarnie owsa, przede wszystkim w ścianach komórkowych, występują m.in. substancje klasyfikowane jako β -glukany będące polisacharydami [11]. Obecność rozpuszczalnej frakcji błonnika pokarmowego, szczególnie β -glukanów zawartych w *Avena sativa* L., działa korzystnie na zdrowie człowieka, m.in. obniża poziom cholesterolu, współdziała w zapobieganiu otyłości i leczeniu stanów zapalnych jelita oraz śluzówki żołądka [12]. Owies i jego przetwory charakteryzują się cennymi właściwościami, a ze względu na potwierdzony korzystny wpływ na organizm są one często polecane przez lekarzy i specjalistów z zakresu żywienia człowieka. Skład odżywczy owsa (*Avena sativa* L.) sprawia, że to zboże jest bardzo wartościowe dla ludzkiej diety [13, 14]. Celem pracy jest ukazanie właściwości odżywczych owsa i jego przetworów, szczególnie produktów spożywczych zaspokajających potrzeby pokarmowe człowieka, a także podkreślenie korzyści artykułów zawierających *Avena* L. dla zdrowia konsumentów.

Powierzchnia zasiewów owsa, plony, zbiory i jego rozdysponowanie

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego powierzchnia pól obsianych owsem w Polsce w 2018 r. wyniosła 497 224 ha, a w 2022 r. 466 272 ha, co oznacza, że w porównywanych latach areał tej uprawy zmniejszył się o około 7% [15, 16].

W analizowanych latach odnotowano zwiększenie zbiorów omawianej rośliny uprawnej z 1,2 mln t do 1,6 mln t przy znacznym wzroście plonu – z 2,4 t·ha⁻¹ w 2018 r. do 3,3 t·ha⁻¹ w 2022 r. Udział owsa w strukturze zasiewów zbóż ogółem

w 2022 r. wyniósł 6,4%. W Polsce owies wykorzystywany jest przede wszystkim jako pasza, w żywieniu koni, drobiu i trzody chlewnej. Na cele spożywcze przeznaczają się tylko 5% krajowych zbiorów ziarna tego zboża [17].

Skład ziarna owsa i jego wartość energetyczna

Największą wartością energetyczną cechuje się owies nieoplewiony (Tabela 1). Wynika to ze składu chemicznego tego zboża, w którym niezależnie od grupy jego odmian dominują węglowodany, główny składnik ziarna owsa stanowi zatem skrobia, której poziom jest największy w ziarnie owsa nieoplewionego, 497,7 g·kg⁻¹ s.m. Białko ogólne w ziarnie owsa żółtego i brązowego jest na nieco niższym poziomie niż w ziarnie owsa bezłuskiego, w którym z kolei ilość tłuszczu surowego jest niewątpliwie największa (71,7 g·kg⁻¹). Najbardziej zróżnicowane wielkości opisujące skład chemiczny ziarna owsa charakterystyczne są dla włókna surowego, który zależy od posiadania czy też braku łuski. Owies nieoplewiony posiada około 3-krotnie mniejszą ilość włókna surowego niż owies zwyczajny (żółty i brązowy). W 2022 r. na liście odmian roślin rolniczych wpisanych do krajowego rejestru w Polsce było 35 odmian owsa, w tym 32 odmiany owsa zwyczajnego (oplewionego) i 3 nieoplewionego [18]. Ziarno owsa oplewionego jest bardzo dobrą paszą dla koni oraz dobrą paszą dla zwierząt przeżuwających (bydło, owce, kozy) i gęsi (w końcowej fazie ich tuczu). Posiada też wysoką wartość odżywczą jako pokarm dla ludzi [19]. W Instytucie Aklimatyzacji i Hodowli Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym w Radzikowie od 2002 r. trwają badania, które mają na celu m.in. poprawę zimotrwałości i plenności owsa ozimego [20]. Krajowy producent kwalifikowanego materiału siewnego rekomenduje plenny owies ozimy KWS Snowbird posiadający bardzo dobrą wartość żywieniową, wyrażającą się w podwyższonej zawartości tłuszczu względem formy jarej oraz w wysokiej zawartości białka [21].

Tabela 1. Skład chemiczny ziarna owsa i jego wartość energetyczna.

Table 1. Chemical content of oat grain and its energy value.

Grupy odmian owsa	Ilość składników, g·kg ⁻¹ suchej masy (s.m.)					
	Wartość energetyczna MJ/kg	Białko ogólne	Tłuszcz surowy	Włókno surowe	Skrobia	Popiół surowy
Owies zwyczajny żółty	10,54	131,0	42,9	100,1	447,5	23,1
Owies nieoplewiony	13,87	146,8	71,7	39,7	497,7	23,1
Owies zwyczajny brązowy	10,04	130,9	42,0	117,8	425,6	26,2

Źródło: [22].

Source: [22].

Wyhodowanie odmian owsa nieoplewionego zawierającego znacznie mniejsze ilości włókna surowego w porównaniu z żółtym i brązowym stworzyło nowe możliwości wykorzystania go w mieszankach dla trzody chlewnej [23]. Owies w porównaniu z oplewionym ma nie tylko mniej włókna, ale też jego skład chemiczny jest znacznie korzystniejszy [8].

Ziarno owsa ma szczególny skład chemiczny i wartość odżywczą [22, 24]. Charakteryzuje się wysoką zawartością białka o korzystnym składzie aminokwasowym, znaczną zawartością tłuszczu, w tym nienasyconych kwasów tłuszczowych, wysoką zawartością rozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego z dużym udziałem β -glukanów oraz obecnością związków fenolowych o właściwościach antyoksydacyjnych [25]. Ziarno owsa nieoplewionego charakteryzuje się bardziej korzystnym składem chemicznym niż ziarno owsa oplewionego. Posiada wyższą zawartość białka i tłuszczu, a także bezazotowych związków wyciągowych. Owies nieoplewiony ma wyższą zawartość potasu, wapnia, magnezu i sodu niż oplewiony, zaś oplewiony zawiera więcej żelaza [26]. Białko w obłuszczonej ziarnie owsa stanowi od 10 do 23%, najwięcej spośród zbóż [27, 28]. Wyróżnia się znaczną zawartością globulin (około 50–80% mas wszystkich białek), niską zawartością prolaminy i gluteliny (20–25%) oraz ma wysoką wartość biologiczną [27]. Białka są komponentami struktury wszystkich komórek ciała człowieka i z tego względu są najistotniejszym składnikiem diety. Pełnią też wiele innych funkcji, takich jak: katalityczna, transportowa, regulacyjna, skurczowa, ochronna i funkcja regulacji genowej. Odpowiednie uzupełnienie diety o białka, które zawierają wszystkie aminokwasy egzogenne, zapewnia właściwy rozwój i wzrost organizmu, a także wspiera odporność i kondycję intelektualną człowieka [29].

Owies jest zbożem bogatym w makroskładniki takie jak: wapń, magnez, fosfor, potas i sód (Tabela 2). W jednym kilogramie ziarna najwięcej jest potasu (5,26 g), a najmniej sodu (0,79 g).

Tabela 2. Zawartość makroskładników w ziarnie owsa w $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Table 2. The content of macroelements in the oat grain in $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Fosfor	Magnez	Potas	Sód	Wapń
3,28	1,37	5,26	0,79	1,16

Źródło: [30].

Source: [30].

Owies, obok prosa, to zboże najbogatsze w składniki mineralne: wapń, magnez, fosfor, żelazo, krzem oraz w bardzo ważny dla zdrowia cynk [27], który wzmacnia odporność organizmu, poprawia stan włosów i paznokci, bierze udział w procesie trawienia białek, korzystnie wpływa na stan kości i zębów. Cynk występuje nie tylko

w ziarnach, ale także w otrębach oraz płatkach owsianych. Przeziębienie jest najczęstszą infekcją w populacji ludzkiej i odpowiada za 20% wszystkich wizyt lekarskich w krajach rozwiniętych. Pomimo to obecnie nie istnieje żadna szczepionka ani lekarstwo na tę chorobę. W ostatnich latach opublikowano wiele badań opisujących wpływ suplementacji cynkiem na skrócenie czasu trwania przeziębienia [31]. Pełne ziarno owsa to najlepszy „magazyn” minerałów, występujących głównie w zarodku i okrywie nasiennej.

Owies to także źródło witamin, przede wszystkim z grupy B (Tabela 3). Należy zwrócić uwagę na wysoką zawartość w nim witaminy E, która nie bez powodu określana jest „witaminą młodości”. Witamina E skutecznie opóźnia proces starzenia się organizmu i jest jednym z najskuteczniejszych przeciwutleniaczy (antyoksydantów), hamujących starzenie się komórek. Potrafi ona wnikać w skórę, dzięki czemu chroni przed niszczeniem naskórka i zmniejsza jego wrażliwość na promieniowanie UV [32, 33].

Tabela 3. Witaminy w ziarnie owsa.

Table 3. The vitamins in oat grain.

Wyszczególnienie	Ilość w 1 kg ziarna owsa pozbawionego plew (porównywalnego do kaszy owsianej)
Witamina B1	5,2 mg
Witamina B2	1,7 mg
Witamina B3 (PP)	23,7 mg
Witamina B6	9,6 mg
Witamina E	32,0 mg
Witamina K	0,8 mg

Źródło: [34].

Source: [34].

Analizując witaminy zawarte w ziarnie owsa, warto podkreślić, że zawiera on dużą ilość niacyny, pełniącej w organizmie człowieka szczególną rolę. Jest ona prekursorem dwóch kluczowych koenzymów: dinukleotydu nikotynoamidoadeninowego (NAD) oraz jego fosforanu (NADP). Koenzymy te uczestniczą w ponad 50 reakcjach utleniania i redukcji w podstawowych dla organizmu procesach katabolicznych (glikoliza, cykl Krebsa) oraz w procesach anabolicznych (syntezie kwasów tłuszczowych, cholesterolu, hormonów sterydowych). Dodatkowo NAD uczestniczy w modyfikacji potranslacyjnej białek, regulacji stężenia jonów wapnia, sygnalizacji międzykomórkowej i w procesach naprawy DNA [35]. Ponadto niacyna reguluje poziom cholesterolu we krwi, wpływa na kondycję skóry i jest stosowana

w leczeniu trądziku. W krajach wysoko uprzemysłowionych wzrosło nie tylko spożycie całego ziarna zbóż, zaliczonego do żywności funkcjonalnej (prozdrowotnej), ale przede wszystkim właśnie ziarna owsa [36].

Prozdrowotne właściwości produktów z dodatkiem owsa

Zboża i przetwory zbożowe od wieków są cennym elementem diety człowieka, a spożywane w zalecanych ilościach wpływają pozytywnie na zdrowie i są rekomendowane w zwalczaniu chorób dietozależnych [37]. W ogólnie dostępnych produktach spożywczych owies spotykany jest w Polsce przede wszystkim w różnych typach płatków, jako posypka do pieczywa lub w ciastkach owsianych. Produkty zbożowe dostarczają w dziennej racji pokarmowej około 30% energii i białka oraz około 54% węglowodanów [38]. Owies i jego produkty uznawane są za cenne źródło soli mineralnych oraz wszystkich niezbędnych składników pokarmowych [39]. Przetwory z dodatkiem *Avena sativa* L. są bogate w wiele składników bioaktywnych, takich jak rozpuszczalne w wodzie β -glukany, związki o właściwościach przeciwutleniających (kwasy polifenolowe) oraz fitosterole [40]. Owies i wyroby z niego wykazują korzystne oddziaływanie na zdrowie człowieka. Pozytywnie wpływają na funkcjonowanie przewodu pokarmowego, likwidują zaparcia, a śluz owsiany chroni błonę śluzową jelita przed podrażnieniem i infekcją [41]. Ze względu na potwierdzone korzystne oddziaływanie na organizm produkty te są szeroko polecane przez specjalistów z zakresu żywienia człowieka [42]. Koncentraty β -glukanu wykorzystywane w technologii żywności otrzymywane są głównie z owsa, jęczmienia oraz drożdży, a te pochodzące ze zbóż mają zdolność obniżania stężenia cholesterolu i cukru we krwi, jak również przyczyniają się do utrzymania prawidłowej masy ciała [43, 44]. β -glukany owsa mają unikalne właściwości fizykochemiczne (rozpuszczalność, masa cząsteczkowa, właściwości żelujące itp.). Cechy te są ściśle związane z właściwościami fizjologicznymi, takimi jak wiązanie kwasów żółciowych, polepszanie lepkości w przewodzie pokarmowym i łatwość fermentacji w okrężnicy [45]. Zdaniem lekarzy i specjalistów od żywienia produkty owsiane mogą stanowić cenne uzupełnienie diety, zwłaszcza u osób z takimi chorobami i zaburzeniami jak: nadwaga, zaburzenia czynności przewodu pokarmowego, miażdżyca czy nadciśnienie, a także u osób o obniżonej sprawności psychofizycznej czy z hipocholesterolemią czy niedoborami białka [46]. Wysokobłonnikowe produkty zbożowe, a zwłaszcza produkty owsiane bogate w β -glukany, charakteryzują się niższym indeksem glicemicznym niż wysoko oczyszczone produkty, np. jasne pieczywo pszenne [44]. Przetwory owsiane cieszą się dużą popularnością wśród konsumentów. Produkty z owsa stanowią remedium na niektóre dolegliwości zdrowotne (w tym dermatologiczne) oraz używane są do produkcji kosmetyków [47]. Zawarty w owsie β -glukan wywołał

wywołał duże zainteresowanie z powodu podobieństwa swoich własności strukturalnych do kwasu hialuronowego, związku chemicznego naturalnie występującego w ludzkim organizmie, głównie w skórze. Cechą β -glukanu jest to, iż jest on silnie nawilżający, uważa się również, że w połączeniu z innymi składnikami przyczynia się do procesu gojenia się skóry. Z tego powodu znajduje zastosowanie w śmietankach i płynach kosmetycznych, jak również stosowany jest jako składnik mokrych opatrunków chirurgicznych [48]. Ziele owsa to naturalne źródło surowców kosmetycznych. Ma ono bogatą historię stosowania w terapii różnych chorób skóry, a ze względu na swoje właściwości łagodzące stosowane jest w pielęgnacji skóry z trądzikiem pospolitym i różowatym [49, 50]. Od ponad 100 lat na światowym rynku kosmetyków znane są produkty z dodatkiem owsa, które – właśnie dzięki obecności tego zboża – zapewniają nawilżanie, łagodzą wrażliwą skórę i przeciwdziałają jej przebarwieniom.

Płatki owsiane – bogactwo składników odżywczych

Płatki owsiane są łatwo dostępne, stosunkowo tanie i mogą być szeroko wykorzystywane w codziennym żywieniu człowieka. Są one głównymi komercyjnymi produktami owsianymi na całym świecie [51]. Można je przygotować na wiele sposobów, przy czym większość z nich nie jest czasochłonna. Płatki owsiane wytwarzane są z obłuskanego ziarna owsa siewnego [52]. Produkuje się płatki:

- zwykłe, które są najpopularniejsze na krajowym rynku, przetworzone w niewielkim stopniu, a przed spożyciem wymagają gotowania,
- górskie – poddawane w procesie produkcji obróbce termicznej,
- błyskawiczne, które uzyskuje się przez hydratację ziarna przed dalszym przeobrażeniem, co warunkuje jego rozmiękczenie i umożliwia konsumpcję na zimno.

Spożycie 100 g płatków owsianych pokrywa około 40% dziennego zapotrzebowania na tiaminę oraz około 20% dziennego zapotrzebowania na witaminę E [46]. W średniowieczu owsianka stanowiła podstawę żywienia ludności Europy, a dla angielskich górników był to idealny posiłek dający siłę do ciężkiej pracy [39]. Płatki owsiane są źródłem cennego błonnika pokarmowego, który w dobie rozwoju współczesnej cywilizacji jest bardzo potrzebny, ze względu na powszechne występowanie nieprawidłowej diety obfitującej w tłuszcze zwierzęce i żywność wysoko przetworzoną, ubogiej w to włókno roślinne [53]. Szczególnie cenna jest rozpuszczalna frakcja błonnika, bardziej pożądana pod kątem dietetycznym, gdyż wpływa na prawidłową pracę przewodu pokarmowego. Błonnik powoduje wychwytywanie toksycznych związków z pożywienia i zapobiega ich wchłanianiu w jelitach. Płatki owsiane zapewniają uczucie sytości, a w ich składzie znajdują się również fitinyiany

(8,4–12,1 mg·kg⁻¹ s.m.). Są to związki chemiczne występujące głównie w nasionach roślin, które m.in. magazynują fosfor. W ostatnich latach zwraca się uwagę na ich potencjalne właściwości przeciwnowotworowe. Stwierdzono hamujący wpływ fitynianów na rozwój ludzkich komórek nowotworu okrężnicy, piersi, prostaty i szyjki macicy [54]. Wśród płatków śniadaniowych najwyższą jakością odznaczają się płatki owsiane, dzięki wysokiej zawartości włókna pokarmowego [55].

Podsumowanie

Wysoka wartość odżywcza *Avena sativa* L., wyróżniająca owies spośród pozostałych zbóż, oraz wszechstronne działanie przetworów owsianych o charakterze profilaktycznym oraz leczniczym sprawiają, że jego spożycie powinno być zwiększone, co należy uwzględnić zarówno w żywieniu indywidualnym, jak i zbiorowym. Produkty zbożowe, szczególnie te z owsa, należą do łatwo dostępnych artykułów konsumpcyjnych pochodzenia roślinnego i nie należy ich wykluczać w komponowaniu codziennego menu. Hipokrates, grecki lekarz uznawany za „ojca medycyny” (urodzony około 460 r. p.n.e.), zachęcał: „Niech pokarm będzie twoim lekarstwem”. Warto o tym pamiętać, sięgając po produkty z dodatkiem owsa. Należy jednak podkreślić, że wyroby te mogą być z powodzeniem wykorzystywane nie tylko w branży spożywczej.

Literatura

- [1] Grochowicz J., Fabisiak A., Żywność funkcjonalna – aspekty prawne i znaczenie wybranych składników bioaktywnych, *Zeszyty Naukowe Uczelni Vistula*, 2018, 60(3), s. 143–153.
- [2] Godula K., Czerniejeska-Surma B., Dmytrów I., Plust D., Surma O., Możliwości zastosowania błonnika pokarmowego do żywności funkcjonalnej, *Żywność – Nauka – Technologia – Jakość*, 2019, 2(119), s. 5–17.
- [3] Kawka A., Achremowicz B., Owies – roślina XXI wieku. Wykorzystanie w żywieniu i przemyśle, *Nauka Przyroda Technologie*, 2014, 8(3), s. 32–41.
- [4] Kudelka W., Łobaza D., Charakterystyka żywności funkcjonalnej, *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie*, 2007, 743, s. 91–120.
- [5] Szwejkowska B., Zębek E., Stan i trendy rozwoju w zakresie produkcji i wykorzystania żywności funkcjonalnej w kontekście prawnym, *Studia Prawnoustrojowe*, 2014, 24, s. 207–220.
- [6] Ullrich S.E., *Barley: production, improvement, and uses*, Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex, 2011, s. 656.
- [7] Zarzecka K., Gugala M., Mystkowska I., Baranowska A., Zarzecka M., Falkowska K., Owies siewny – wartość odżywcza i prozdrowotna oraz wykorzystanie przemysłowe, *Medycyna Rodzinna*, 2015, 4, s. 20–24.

- [8] Prażak R., Romanowicz A., Wykorzystanie postępu biologicznego w uprawie owsa w Polsce, *Polish Journal of Agronomy*, 2014, 17, s. 30–37.
- [9] Kłopotek E., Brzóska F., Produkcja, skład chemiczny i wartość pokarmowa ziarna owsa w żywieniu gęsi rzeźnych, *Wiadomości Zootechniczne*, 2018, 4, s. 178–187.
- [10] Witkowicz R., Pisulewska E., Kidacka A., Mickowska B., Skład aminokwasowy oraz jakość białka ziarna żółto-brązowoplewkowych form owsa siewnego (*Avena sativa* L.), *Żywność – Nauka – Technologia – Jakość*, 2016, 4(107), s. 125–140.
- [11] Perczyńska A., Marciniak-Łukasiak K., Żbikowska A., Rola β -glukanu w przeciwdziałaniu chorobom cywilizacyjny, *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych*, 2017, 3(316), s. 379–388.
- [12] Gibiński M., β -glukany owsa jako składnik żywności funkcjonalnej, *Żywność – Nauka – Technologia – Jakość*, 2008, 2(57), s. 15–29.
- [13] Boeck T., D'Amico S., Zechner E., Jaeger H., Schoenlechner R., Nutritional properties of various oat and naked oat cultivars, *Journal of Land Management, Food and Environment*, 2018, 69(4), s. 216–226.
- [14] Witkowicz R., Pisulewska E., Leszczyńska T., Piątkowska E., Kidacka A., Podstawowy skład chemiczny oraz aktywność przeciwrodnikowa ziela wybranych genotypów owsa siewnego (*Avena sativa*), *Żywność – Nauka – Technologia – Jakość*, 2015, 4(101), s. 176–187.
- [15] Główny Urząd Statystyczny. Produkcja upraw polowych i ogrodniczych w 2022 r., <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/uprawy-rolne-i-ogrodnicze/produkcja-upraw-rolnych-i-ogrodniczych-w-2022-roku,9,21.html> (dostęp 13.06.2023).
- [16] Główny Urząd Statystyczny. Wynikowy szacunek głównych ziemiopłodów rolnych i ogrodniczych w 2022 r., https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5509/5/21/1/wynikowy_szacunek_glownych_ziemioplodow_rolnych_i_ogrodniczych_w_2022_r.pdf (dostęp 10.01.2024).
- [17] Różewicz M., Produkcja i kierunki zagospodarowania krajowego ziarna owsa, <https://sigma-not.pl/publikacja-132054-produkcja-i-kierunki-zagospodarowania-krajowego-o-ziarna-owsa-przeglad-zbozowo-mlynarski-2021-3.html> (dostęp 14.06.2023).
- [18] Lista odmian roślin rolniczych wpisanych do krajowego rejestru w Polsce, wyd. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka 2022.
- [19] Danielewicz J., Korbasa M., Mrówczyński M., *Metodyka integrowanej ochrony i produkcji owsa dla doradców*, wyd. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań 2016.
- [20] Aklimatyzacja owsa zimowego w Polsce. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie, <http://pw.ihar.edu.pl/blog/2016/01/14/aklimatyzacja-owsa-zimowego-w-polsce> (dostęp 21.06.2023).
- [21] Owies ozimy, <https://milde.pl/owies-ozimy/> (dostęp 11.01.2024).
- [22] Brzóska F., Szyczek B., Szołkowska A., Śliwiński B., Pietras M., Skład aminokwasowy, profil kwasów tłuszczowych i wartość pokarmowa odmian i rodów ziarna owsa, *Roczniki Naukowe Zootechniki*, 2017, 44(2), s. 247–264.
- [23] Mielczarek A., Osek M., Wpływ wysokiego udziału owsa nieoplewionego w mieszance na efekty tuczu, wartość rzeźną i jakość mięsa świń, *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*, 2009, 8(3), s. 27–38.

- [24] Sykut-Domańska E., Charakterystyka wybranych cech fizycznych ziarna owsa nagiego i zwyczajnego (*Avena sativa* L.), *Acta Agrophysica*, 2012, 19(4), s. 845–856.
- [25] Wołoch R., Zdolność eliminowania wolnych rodników przez ekstrakty uzyskane z frakcji młynarskich ziarna nieoplewionych i oplewionych form jęczmienia i owsa, *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 2003, 229, s. 263–270.
- [26] Tobiasz-Salach R., Krochmal-Marczak B., Możliwości wykorzystania ziarna owsa w diecie człowieka, *Herbalism*, 2016, 1(2), s. 138–145.
- [27] Domagała K., Owies – niezwykle cenny dla zdrowia. Świętokrzyski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Modliszewicach, <https://www.sodr.pl/swietokrzyski-portal-rolny/kulinarya/Owies-niezwykle-cenny-dla-zdrowia/idn:1918> (dostęp 13.06.2023).
- [28] Biel W., Petkov K., Maciorowski R., Nita Z., Jaskowska I., Ocena jakości różnych form owsa na podstawie składu chemicznego, *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 2006, 239, s. 205–211.
- [29] Kinsner M., Kazimierska A., Programowanie metaboliczne, *Postępy Nauk o Zdrowiu*, 2018, 2, s. 5–18.
- [30] Barczak B., Nowak K., Content of macroelements and their ionic ratios in oat grain depending on the sulphur form and dose, *Journal of Central European Agriculture*, 2013, 14(1), s. 114–123.
- [31] Sroczyńska M., Luchowska A., Żaczek A., Zinc for the common cold. It is worth to try?, *Journal of Education, Health and Sport*, 2023, 13(3), s. 74–78.
- [32] Milanovic B., Witamina E – co kryje świat tokoferoli?, *Świat Przemysłu Farmaceutycznego*, 2016, 3, s. 112–116.
- [33] Zielińska A., Nowak I., Tokoferole i tokotrienole jako witamina E, *Chemik*, 2014, 68(7), s. 585–591.
- [34] Haszczyńska A., Owies nie tylko dla koni, czyli 9 właściwości zdrowotnych produktów z owsa, o których mało kto wie, <http://rbe.waw.pl/owies-dla-koni-czyli-9-wlasciwosci-zdrowotnych-produktow-owsa-o-ktorych-malo-wie/> (dostęp 14.06.2023).
- [35] Barnasz N., Dobosz A., Witaminy w pigułce. Witamina B3. Instytut Jakości, https://www.jagiellonskiecentruminnowacji.pl/wp-content/uploads/2019/01/witamina_b3.pdf (dostęp 14.06.2023).
- [36] Pisulewska E., Owies – hodowla, uprawa i wykorzystanie, *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 2006, 239, s. 5.
- [37] Zieliński H., Achremowicz B., Przygodzka M., Przeciwtleniacze ziarniaków zbóż, *Żywność – Nauka – Technologia – Jakość*, 2012, 80(1), s. 5–26.
- [38] Harasym J., Olędzki R., Pietkiewicz J., Substancje o działaniu przeciwtleniającym obecne w ziarnach owsa, *Nauki Inżynierskie i Technologiczne*, 2011, 3, s. 71–89.
- [39] Zarzecka K., Gugąła M., Mystkowska I., Baranowska A., Sikorska A., Zarzecka M., Odżywcze i prozdrowotne właściwości ziarna owsa i przetworów owsianych, *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych*, 2018, 67(2), s. 409–414.
- [40] Lange E., Produkty owsiane jako żywność funkcjonalna, *Żywność – Nauka – Technologia – Jakość*, 2010, 3(70), s. 7–24.
- [41] Piątkowska E., Witkowicz R., Pisulewska E., Podstawowy skład chemiczny wybranych odmian owsa siewnego, *Żywność – Nauka – Technologia – Jakość*, 2010, 3(70), s. 88–99.

- [42] Korzeniowska-Ginter R., Kamińska A., Wiedza konsumentów na temat właściwości prozdrowotnych owsa oraz wykorzystanie przetworów owsianych w żywieniu, *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*, 2014, 86, s. 124–132.
- [43] Tyburcy A., Miazek J., Właściwości wybranych koncentratów β -glukanu jako potencjalnych składników przetworów mięsnych, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2014, 576, s. 185–193.
- [44] Kołodziejczyk P., Michniewicz J., Ziarno zbóż i produkty zbożowe jako źródło błonnika pokarmowego, *Żywność – Nauka – Technologia – Jakość*, 2018, 3(116), s. 5–22.
- [45] Kale M., Hamaker B., Bordenave N., Oat β -glucans; physicochemistry and nutritional properties, [w:] *Oats nutrition and technology*, (red.) Y.F. Chu, Hoboken, New Jersey 2013.
- [46] Gibiński M., Gumul D., Korus J., Prozdrowotne właściwości owsa i produktów owsianych, *Żywność – Nauka – Technologia – Jakość*, 2005, 4(45), s. 49–60.
- [47] Zdrojewicz Z., Lubańska A., Wyderkowska A., Wpływ spożywania płatków owsianych na organizm człowieka, *Medycyna Rodzinna*, 2017, 2, s. 118–123.
- [48] Harasym J., Owies – zastosowanie inne niż spożywcze, <http://www.e-biotechnologia.pl/artykuly/owies> (dostęp 20.06.2023).
- [49] Majka Z., Podolec K., Krajewska-Wojtyś A., Smola-Męciwoda P., Surowce kosmetyczne pochodzenia naturalnego o działaniu przeciwtrądzikowym, *Kosmetologia Estetyczna*, 2009, 8(1), s. 39–41.
- [50] Harasym J., Owies jako źródło beta-glukanu dla zastosowań kosmetycznych, <http://www.biovelim.pl/index.php/baza-wiedzy/aktualna-wiedza/42-kluczowe-skladniki-aktywne-5> (dostęp 20.06.2023).
- [51] Hu X.-Z., Zheng J.-M., Li X., Xu C., Zhao Q., Chemical composition and sensory characteristics of oat flakes: A comparative study of naked oat flakes from China and hulled oat flakes from western countries, *Journal of Cereal Science*, 2014, 60(2), s. 297–301.
- [52] Achremowicz B., Haber T., Kaszuba J., Puchalski C., Wiśniewski R., Płatki zbożowe – ocena porównawcza, część I – porównanie składu chemicznego i mineralnego, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2016, 2, s. 97–102.
- [53] Kołodziejczyk P., Michniewicz J., Ziarno zbóż i produkty zbożowe jako źródło błonnika pokarmowego, *Żywność – Nauka – Technologia – Jakość*, 2018, 3(116), s. 5–22.
- [54] Goderska K., Nikrandt G., Wybrane substancje bioaktywne pochodzenia roślinnego i ich rola w zapobieganiu nowotworom, *Żywność – Nauka – Technologia – Jakość*, 2022, 4(133), s. 5–26.
- [55] Rzedzicki Z., Badania składu chemicznego wybranych błyskawicznych zbóż śniadaniowych, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2005, 37, s. 141–146.

Wartość odżywcza i prozdrowotna zbóż bezglutenowych

Nutritional and pro-health value of gluten-free cereals

Krystyna Zarzecka¹, Agnieszka Ginter¹, Iwona Mystkowska²,
Marek Gugafa¹, Magdalena Zawodniak³

¹ Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa, Uniwersytet w Siedlcach, ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce, e-mail: kzarzecka@uph.edu.pl

² Katedra Dietetyki, Akademia Bialska Nauk Stosowanych im. Jana Pawła II, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska

³ Mazowiecki Szpital Wojewódzki im. św. Jana Pawła II w Siedlcach, ul. Ks. J. Poniatowskiego 26, 08-110 Siedlce

Słowa kluczowe: rośliny zbożowe, pseudozboża, gluten, produkty bezglutenowe

Keywords: cereals, pseudocereals, gluten, gluten free products

Streszczenie

W pracy przedstawiono charakterystykę wybranych gatunków zbóż niezawierających białek glutenowych z podaniem zawartości składników odżywczych i związków bioaktywnych oraz produktów zbożowych stosowanych przez konsumenta. Omówiono białka glutenowe i znaczenie diety bezglutenowej. Podkreślono, że bezglutenowe produkty zbożowe zawierają mniej składników mineralnych, witamin z grupy B i błonnika i z tego powodu dieta bezglutenowa powinna być wzbogacana nie tylko o pseudozboża, ale też o inne produkty naturalnie bezglutenowe, takie jak: warzywa i owoce, oleje roślinne, nasiona roślin strączkowych, jaja, nieprzetworzone mięso i ryby, mleko i naturalne produkty mleczne. Bezpieczne produkty można kupić nie tylko w Polsce, ale i w całej Europie i są one oznaczone graficznie licencjonowanym znakiem Przekreślonego Kłosa.

Summary

The paper presents a short description of selected cereal species that do not contain gluten proteins, with the content of nutrients and bioactive compounds as well as cereal products used by the consumer. Gluten proteins and the importance of a gluten-free diet are discussed. It was emphasized that gluten-free cereal products contain less minerals, B vitamins and fiber, hence they should be enriched not only with pseudo-cereals, but also with other naturally gluten-free products, such as: vegetables and fruits, vegetable oils, legumes, eggs, unprocessed meat and fish, milk

and natural dairy products. The safe products can be purchased not only in Poland, but also throughout Europe, and they are graphically marked with the licensed Crossed Grain mark.

Wstęp

Zboża są roślinami uprawnymi należącymi w większości do rodziny traw (*Poaceae*), a ich najważniejszą częścią użytkową jest ziarniak [1]. Od tysiącleci stanowiły one podstawę wyżywienia człowieka, dostarczając energii i niezbędnych składników odżywczych. Łączono je (i nadal tak się robi) z innymi, powszechnie dostępnymi produktami, tworząc smaczne, proste i pożywne dania. Produkty zbożowe stanowią podstawę każdego posiłku, ale niektóre z nich nie są tolerowane przez ludzki organizm, gdyż zawierają gluten [2]. Gluten jest obecny w popularnych produktach zbożowych otrzymywanych z pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*), pszenicy orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*), pszenicy twardej (*Triticum durum*), żyta zwyczajnego (*Secale cereale*), jęczmienia siewnego (*Hordeum sativum*). Owies siewny (*Avena sativa*) jest naturalnie bezglutenowym zbożem, jednak produkty owsiane są zazwyczaj zanieczyszczone glutenem, co wynika głównie ze sposobu uprawy i zbioru owsa oraz przetwarzania ziarna w tych samych zakładach produkcyjnych co zboża zawierające gluten. Mówiąc o produktach zawierających gluten, należy pamiętać, że składniki zbożowe, np. bułka tarta, kasza manna, mąka pszenna, są dodawane w procesie produkcyjnym do szerokiej gamy artykułów spożywczych, takich jak wyroby mięsne, pasty rybne, pasty warzywne, budynie, jogurty, sosy, przyprawy [3–5]. Celem niniejszej pracy jest charakterystyka wybranych gatunków zbóż nieposiadających białek glutenowych oraz przedstawienie podstawowych informacji dotyczących glutenu i diety bezglutenowej ważnych z punktu widzenia konsumenta.

Co to jest gluten?

Gluten to mieszanina roślinnych białek zapasowych (prolamin i glutelin) występujących w ziarniakach pszenicy, żyta, pszenżyta czy jęczmienia [6, 7]. Białka te dzielą się na dwie główne frakcje w zależności od ich rozpuszczalności w alkoholu, tj. na rozpuszczalne prolaminę (gliadyna z pszenicy, sekalina z żyta, hordeina z jęczmienia) i nierozpuszczalne w alkoholu gluteniny. Niemal połowę białek w glutenie stanowi najbardziej alergizująca gliadyna, której najwyższy poziom notuje się w pszenicy [6, 8]. W jęczmieniu podstawowym białkiem uważanym za najbardziej alergizujące jest hordeina, w życie – sekalina. Zawartość prolamin w białku pszenicy, żyta i jęczmienia wynosi 20–45% ogólnej ilości białek. W skład glutenu wchodzi

także glutenina, która należy do glutelin [2, 9]. Białko glutenowe wyodrębnia się podczas mieszania mąki z wodą i odgrywa ono zasadniczą rolę w tworzeniu struktury ciasta. Gluten nadaje ciastu spoistość, lepkość, elastyczność, plastyczność, rozciągliwość oraz zwiększa zdolność absorpcji wody i umożliwia utrzymanie pęcherzyków dwutlenku węgla. W przemyśle piekarskim jest miernikiem właściwości wypiekowych mąki [9, 10].

Zboża naturalnie bezglutenowe

Obok zbóż, które zawierają gluten, wyróżnia się zboża naturalnie niezawierające białek glutenowych, czyli bezglutenowe. Należą do nich rośliny zbożowe z rodziny *Poaceae*, takie jak: proso zwyczajne (*Panicum miliaceum*), kukurydza zwyczajna (*Zea mays*), ryż siewny (*Oryza sativa*), miłka abisyńska, inaczej teff (*Eragrostis tef*), oraz pseudozboża, takie jak: gryka zwyczajna (*Fagopyrum esculentum*), komosa ryżowa (*Chenopodium quinoa*), szarłat wyniosły, zwany amarantusem (*Amaranthus cruentus*) [11, 12].

Pseudozboża to rośliny, które nie należą do rodziny traw (*Poaceae*), a z botanicznego punktu widzenia są roślinami dwuliściennymi, jednak z uwagi na dużą zawartość skrobi w nasionach są wykorzystywane i przetwarzane podobnie jak zboża tradycyjne. Doskonały profil białkowy oraz bogactwo składników odżywczych, a w szczególności brak białek glutenowych, decydują o ich dużym znaczeniu dietetycznym. Są dobrym źródłem skrobi, błonnika, białek, minerałów, witamin i fitochemikaliów, takich jak saponiny, polifenole, fitosterole czy fitosteroidy, które mają działanie prozdrowotne [2, 13]. Pseudozboża nie zawierają glutenu i dlatego stanowią zamiennik zbóż dla osób chorych na celiakię lub z innych powodów stosujących dietę bezglutenową. Są one obiecującymi uprawami przyszłości ze względu na dużą zmienność genetyczną, która sprawia, że posiadają wysoką zdolność adaptacji do wymagających warunków środowiskowych, mogą być zatem uprawiane w klimacie od tropikalnego po umiarkowany, są także odporne na stres środowiskowy. Gatunki te znane były ludzkości od wieków, a grupę pseudozbóż często określa się jako część „zagubionego magazynu dobroczynnego” światowego rolnictwa i żywienia. Pseudozboża zostały opisane jako „ziarna XXI w.” również ze względu na ich doskonałe wartości odżywcze [13, 14].

Proso zwyczajne

Proso zwyczajne (*Panicum miliaceum*) jest jedną z najstarszych roślin uprawnych, a pierwsze zapiski o jego uprawie pochodzą ze starożytnych Chin [2]. Jest odporne na suszę, choroby i szkodniki oraz charakteryzuje się krótkim okresem wegetacji w porównaniu do innych zbóż. Proso to ważna roślina uprawiana w Afryce

Wartość odżywcza i prozdrowotna zbóż bezglutenowych

i Azji (około 97% produkcji), a największym jego producentem są Indie [1, 15, 16]. Zaliczane jest do alternatywnych, tanich i zdrowych zbóż [15]. Zawartość podstawowych składników odżywczych w ziarniakach prosa i innych roślin zbożowych bezglutenowych przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Zawartość składników odżywczych i związków bioaktywnych w zbożach bezglutenowych.

Table 1. Content nutrients and bio-active compounds in gluten-free cereals.

Gatunki zbóż	Składniki odżywcze i związki bioaktywne	Produkty zbożowe	Źródło
Proso zwyczajne	białko 10–12 g/100 g, węglowodany ogółem 72 g, tłuszcz 4 g, włókno 2–9 g, Fe 0,5–19,0 mg, Ca 10–410 mg oraz Mg, Mn P, Fe, flawonoidy (głównie polifenole), witaminy: B1, B2, B6, PP, kwas pantotenowy, biotyna	kasza jaglana, płatki jaglane, mąka jaglana, ciasta, ciasteczka	[2, 9, 10, 15, 17]
Kukurydza zwyczajna	białko 10 g/100 g, węglowodany ogółem 70 g, tłuszcz 5 g, witamina E, selen, antyoksydanty – luteina i zeaksantyna, zawiera niewiele składników odżywczych, takich jak flawonoidy czy kwas foliowy, a także pierwiastki, które występują w ilościach śladowych	mąka kukurydziana, płatki, kaszki, makaron, pieczywo, ciastka, piwo	[1, 2, 9, 10]
Ryż siewny	białko 6 g/100 g, węglowodany ogółem 80 g, tłuszcz 0,5 g, włókno 3 g, Ca, Fe, Zn, witamina E i z grupy B, pierwiastki: K, Ca, P, Fe, Mg, nie zawiera witamin C, D i β -karotenu	mąka, makaron, lekkie pieczywo, kluski, naleśniki, mleko ryżowe, papier, a także kluski, naleśniki, dobry dodatek do kisielei, zup	[2, 9, 10]
Milka abisyńska	białko 12–20 g/100 g, węglowodany ogółem 70 g, tłuszcz 2–4 g, pierwiastki: Ca, Fe, Mg, Zn, witamina C, korzystny skład aminokwasowy, antyoksydanty	mąka, placki indżera, słodkawy chleb „kati-kalla”, kleik „muk”, zagęstnik do zup, kleików	[2, 10, 16, 19, 20]
Gryka zwyczajna	białko 10–19 g/100 g, węglowodany ogółem 60–70 g, tłuszcz 2–4 g, dobry skład aminokwasowy, witaminy: B1, B2, B6, pierwiastki: Zn, Cu, Fe, K, Na, Ca, Mg, flawonoidy (rutyna, witeksyna, kwercetyna)	kasza prażona i nieprażona, mąka, makaron, płatki, pieczywo, ciastka, dodatek do produktów	[9, 14, 21, 22, 23]
Komosa ryżowa (quinoa)	białko 14–18 g/100 g, węglowodany ogółem 65 g, tłuszcz 4–6 g, pierwiastki: Ca, Fe, Mg, Zn, Mn, witaminy: B1, B2, B3, C, E, zrównoważony skład aminokwasowy, bogata w fenole, zwłaszcza flawonoidy	mąka, pieczywo, makarony, płatki, musli, dodatek do deserów	[2, 9, 24, 25, 27]
Szarłat wyniosły (amarantus)	białko 16–18 g/100 g, węglowodany ogółem 65 g, tłuszcz 5–7 g, pierwiastki: Ca, Mg, P, K, Zn, Fe, Mn, witaminy: B1, B2, B6, C, E, zawiera wszystkie aminokwasy egzogenne, kwasy tłuszczowe nienasycone, tokoferole, skwalen oraz fitosterole	mąka, płatki, ciastka, nasiona ekspandowane, czyli tzw. popping, olej	[2, 9, 26, 28, 29, 30]

Źródło: [1, 2, 9, 10, 14–17, 19, 21–30].

Source: [1, 2, 9, 10, 14–17, 19, 21–30].

Kukurydza zwyczajna

Kukurydza zwyczajna (*Zea mays*) jest jedynym zbożem pochodzącym z półkuli zachodniej, a uprawianym powszechnie w różnych rejonach geograficznych oraz wykorzystywanym do celów konsumpcyjnych do dnia dzisiejszego. Zajmuje trzecie miejsce w światowej produkcji zbóż [1, 2]. W obrębie tego gatunku wyróżnia się kilka podgatunków, którymi są: 1) kukurydza zwykła, uprawiana głównie na suche ziarno, 2) kukurydza koński ząb, 3) kukurydza pękająca, używana do prażenia ziaren z dodatkiem tłuszczu, 4) kukurydza cukrowa, wykorzystywana jako świeże lub konserwowe warzywo, o słodkawym smaku, 5) kukurydza mączysta, z której produkuje się spirytus i krochmal (zawiera dużo skrobi), 6) kukurydza woskowa, przeznaczana głównie na paszę. Do najczęściej uprawianych w Polsce należą kukurydza zwykła oraz koński ząb [2, 18].

Ryż siewny

Ryż siewny (*Oryza sativa*) należy do najstarszych roślin towarzyszących człowiekowi, a jego rola w diecie nie zmniejsza się od wieków. Zajmuje drugie (po pszenicy) miejsce w światowej produkcji zbóż, stanowiąc podstawę żywienia 1/3 ludności świata (głównie mieszkańców wschodniej i południowo-wschodniej części Azji). W pochodzącym z Azji rodzaju *Oryza* wyróżnia się około 20 gatunków, w tym najpowszechniejszy ryż siewny [2, 10]. Aktualnie około 90% upraw tego zboża znajduje się na terenie Azji, głównie w Chinach, Indiach i Indonezji, a w Europie uprawia się go w północnych Włoszech, w Hiszpanii oraz na południu Francji [2].

Miłka abisyńska

Miłka abisyńska (*Eragrostis tef*), inaczej teff, jest jednym z najstarszych zbóż pochodzenia afrykańskiego, uprawiana była przede wszystkim w północno-wschodnich rejonach Afryki, na terenie współczesnej Etiopii [2, 19]. Ostatnio wysiewa się ją również w USA, Kanadzie, Australii, Kenii i RPA. Pojedyncza roślina może wytworzyć nawet 50 tys. drobnych ziaren. Miłka abisyńska nie ma dużych wymagań glebowych, plonuje nawet przy niskiej wilgotności podłoża, na terenach nizinnych i górskich. Ponieważ toleruje przymrozki, mogłaby być uprawiana również w Polsce. Ziarna teffu na mąkę mieli się w całości, dzięki czemu nie ma strat składników odżywczych z okrywy [20].

Gryka zwyczajna

Gryka zwyczajna (*Fagopyrum esculentum*) pochodzi ze wschodniej i środkowej Azji. Na przełomie XIII–XIV w. po najazdach Turków i Mongołów jej uprawa rozpowszechniła się w zachodniej Europie. Na ziemiach polskich pojawiła się w XVI w.,

a jej nazwa „tatarka” jest związana z tatarskimi najazdami [2, 21]. Ze względu na coraz większe zainteresowanie konsumentów bezpieczną i wartościową żywnością oraz stwierdzane alergie pokarmowe, w tym nietolerancję glutenu, gryka przeżywa renesans. Jest cennym surowcem dla przemysłu spożywczego, farmaceutycznego, kosmetycznego oraz tekstylnego (służy do produkcji wyrobów prozdrowotnych: poduszek, materacy, siedzisk). Jej zaletą są też małe wymagania glebowe i niewielkie zapotrzebowanie na składniki pokarmowe, co istotne, jest również odporna na choroby. Ponadto jest rośliną miododajną i zwiększającą bioróżnorodność [2, 16, 22, 23].

Komosa ryżowa

Komosa ryżowa (*Chenopodium quinoa*), zwana też prosem peruwiańskim, pochodzi z regionu andyjskiego, głównie z Peru, Boliwii i Ekwadoru i w tych krajach występują obecnie największe arealy uprawy tego pseudozboża [24, 26]. Cechuje się dużą odpornością na choroby. Uprawiana jest głównie na terenach górzystych, nawet wysokogórskich, a więc w warunkach niekorzystnych dla większości gatunków zbóż uprawnych. Roślina ta rośnie szybko, dojrzewa już po 4–5 tygodniach od wysiewu. Mąka z komosy ryżowej ma dobre właściwości żelujące i wodochłonne, więc może być stosowana jako zagęstnik do sosów czy dań gotowych. W Polsce występuje spokrewniona z komosą ryżową komosa biała, zwana lebiodą, która jest chwastem [2, 16, 25].

Szarłat wyniosły

Szarłat wyniosły (*Amaranthus cruentus*), nazywany także kiwichą, amarantusem lub amarantem, wywodzi się z Meksyku i krajów ościennych [28], gdzie obok kukurydzy i fasoli stanowił podstawową roślinę uprawną, szeroko i różnorodnie wykorzystywaną do celów żywieniowych. Z Ameryki Południowej na Stary Kontynent szarłat trafił w XVI–XVII w., szeroko zyskując popularność jako zboże, jarzyna, chwast oraz roślina uprawna. Pionierem badań obejmujących uprawę i aklimatyzację szarłatu w Polsce był prof. Emil Nalborczyk. W latach 90. XX w. szarłat wprowadzony został do obrotu handlowego oraz podjęto badania nad jego wykorzystaniem w przemyśle [28]. Amarantus określany jest mianem zboża XXI w., gdyż jego nasiona charakteryzują się wysoką wartością odżywczą. Wynika ona z dużej zawartości białka o korzystnym składzie aminokwasowym oraz wysokiej wartości biologicznej, wynoszącej 75% (przy wartości 73% dla mleka krowiego, 68% dla soi, 56% dla pszenicy) [9, 29, 30]. Roślinę tę można wykorzystywać praktycznie w całości, gdyż liście szarłatu są bogate w składniki odżywcze i mineralne. Mogą być spożywane w formie sałatek lub gotowane, podobnie jak szpinak [2, 29].

Dlaczego dieta bezglutenowa?

Obecność glutenu w diecie może wywoływać nieprawidłową reakcję organizmu, objawiającą się celiakią (chorobą trzewną), nadwrażliwością na gluten i alergią na gluten. Celiakia jest chorobą autoimmunologiczną o podłożu genetycznym. W efekcie tej choroby zawarta w produktach zbożowych gliadyna powoduje zanik kosmków jelita cienkiego, które są odpowiedzialne za wchłanianie składników odżywczych [31–33]. Celiakia występuje u 1–2% populacji, przy czym jedynie u 75–90% osób chorych występują typowe jej objawy. Aktualnie jedyną skuteczną metodą leczenia celiakii, umożliwiającą zmniejszenie lub całkowite wyeliminowanie objawów, jest przejście na dietę bezglutenową. Uważa się także, iż oprócz czynników genetycznych o chorobie tej decydują czynniki środowiskowe, takie jak: stres, palenie papierosów, infekcje, jak również ciąża [32, 34]. Nieprawidłowo zbilansowana dieta bezglutenowa może prowadzić do niedoborów różnych składników pokarmowych, przy czym najczęściej są to zbyt małe ilości: żelaza, wapnia, magnezu, cynku, witamin z grupy B, witaminy D oraz błonnika [10, 33, 35]. Konieczne jest zatem uzupełnianie diety produktami naturalnie bezglutenowymi, nie tylko zbożami bez glutenu i pseudozbożami, ale także innymi, takimi jak: warzywa i owoce, oleje roślinne, rośliny strączkowe, jaja, świeże, ale nieprzetworzone mięso i ryby, mleko i naturalne produkty mleczne [3, 10, 11].

Pewną barierą wdrożenia diety bezglutenowej jest jej koszt, np. bezglutenowe odpowiedniki wyrobów cukierniczych mają znacznie wyższą cenę od zwykłych słodyczy [7, 10]. Według Piechoty i Kowalkowskiej [7] średnia różnica w cenie między produktami glutenowymi a ich bezglutenowymi odpowiednikami wynosiła aż 242%. Myszkowska-Ryciak i wsp. [36], porównując ceny wybranych produktów bezglutenowych i produktów standardowych, stwierdziły, że koszt produktów bezglutenowych był od 4 do 8 razy większy w porównaniu do cen ich odpowiedników zawierających gluten.

Organizacje, produkty bezglutenowe i ich znakowanie

W 1988 r. zostało założone i zarejestrowane w Belgii Zrzeszenie Europejskich Stowarzyszeń Celiakii (AOECS). AOECS jest organizacją zrzeszającą europejskie oraz krajowe stowarzyszenia z celiakią i reprezentuje je na arenie międzynarodowej. Obecnie zrzesza 38 pełnoprawnych stowarzyszeń członkowskich z całej Europy, które reprezentuje, i broni interesów około 300 tys. osób dotkniętych tą chorobą. Aktualnie w Europejskim Systemie Licencyjnym (ESL) znajduje się ponad 9 tys. produktów bezglutenowych [37]. W Polsce powstało Polskie Stowarzyszenie Osób z Celiakią i na Diecie Bezglutenowej, a wykaz licencjonowanych produktów bezglutenowych na dzień 31 lipca 2023 r. liczy ponad 2200 produktów z około 80 firm. Większość z nich jest dostępna w całej Polsce w sieciach handlowych i mniejszych sklepach [38].

Od 20 lipca 2016 r. nadrzędnym aktem prawnym dla producentów żywności bezglutenowej jest Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) nr 828/2014 z 30 lipca 2014 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat nieobecności lub zmniejszonej zawartości glutenu w żywności. Produkt bezglutenowy musi zawierać poniżej 20 mg na 1 kg glutenu (do 20 ppm). Na opakowaniu produktów odpowiednich dla bezglutenowców powinno się znaleźć sformułowanie „bezglutenowy” [39]. Taki produkt jest oznaczony graficznie znakiem symbolizującym żywność bezglutenową, którym jest licencjonowany symbol Przekreślonego Kłosa (Rysunek 1). Dotyczy to zarówno żywności pakowanej, jak i tej sprzedawanej w restauracjach i innych placówkach gastronomicznych. Certyfikowany znak Przekreślonego Kłosa jest zarówno międzynarodowym, jak i polskim symbolem bezpiecznej żywności bezglutenowej. Jego obecność na opakowaniu oznacza, że produkt jest przebadany pod kątem zawartości glutenu, a zakład produkcyjny przeszedł audyt zgodny ze standardem AO ECS. Licencja ma znak Przekreślonego Kłosa i jest częścią Europejskiego Systemu Licencyjnego. Bezpieczne produkty można kupić nie tylko w Polsce, ale i w całej Europie. Znak ten jest zarejestrowanym na całym świecie znakiem towarowym i można go używać wyłącznie na podstawie licencji w odniesieniu do produktów spożywczych i napojów spełniających normę AO ECS [9, 37, 38, 40]. Aktualne informacje o produktach bezglutenowych znajdują się na stronie internetowej Polskiego Stowarzyszenia Osób z Celiakią i na Dziecie Bezglutenowej [38].



Rysunek 1. Licencjonowany znak Przekreślonego Kłosa – Europejski System Licencyjny (ESL).
Figure 1. Licensed mark of the Crossed grain – European Licensing System (ESL).

Źródło: [37, 38, 40].

Source: [37, 38, 40].

Podsumowanie

Zboża bezglutenowe – ze względu na korzystne walory smakowe – są stosowane głównie do wyrobu: mąki, kaszy, makaronu, pieczywa i napojów. Często też stanowią dodatek do różnych wyrobów. Bezglutenowe produkty zbożowe, podobnie jak ich tradycyjne odpowiedniki, są głównym źródłem energii i składników pokarmowych – stanowią podstawę prawidłowo skomponowanej diety osób nietolerujących glutenu. Dieta bezglutenowa to jedna z najpopularniejszych diet ostatnich lat. Dla niektórych osób jest ona koniecznością, wynikającą ze wskazań medycznych (takich jak celiakia, zwana chorobą trzewną, nadwrażliwość na gluten, alergia na gluten), dla innych modą. W czasach rozwijającej się techniki i technologii oraz systematycznej edukacji i świadomości żywieniowej zboża bezglutenowe i pseudozboża mogą zyskać uznanie konsumentów, a niektóre z nich są określane mianem zbóż przyszłości.

Literatura

- [1] Uprawa roślin, t. II, (red.) A. Kotecki, Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław 2020.
- [2] Przetaczek-Rożnowska I., Bubis E., Zboża bezglutenowe alternatywą dla osób chorych na celiakię, *Kosmos*, 2016, 65(1), s. 127–140.
- [3] Pieczyńska K., Dieta bez glutenu – jak znaleźć produkty naturalnie bezglutenowe?, 2021, <https://www.helpa.pl> (dostęp 1.09.2023).
- [4] Kała M., Przyborowski M., Ługowska B., Gasparis S., Nadolska-Orczyk A., Charakterystyka białek glutenu w materiałach hodowlanych pszenicy, *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 2018, 282, s. 41–49.
- [5] Rachoń L., Szumiło G., Stankowski S., Porównanie wybranych wskaźników wartości technologicznej pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*), twardej (*Triticum durum*) i orkiszowej (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*), *Fragmenta Agronomica*, 2011, 28(4), s. 52–59.
- [6] Guerdrum L.J., Bamforth Ch.W., Levels of gliadin in commercial beers, *Food Chemistry*, 2011, 129, s. 1783–1784.
- [7] Piechota M., Kowalkowska A., Nowa moda czy konieczność? – kilka słów o diecie bezglutenowej, *Tutoring Gedanensis*, 2021, 6(2), s. 4–11.
- [8] Majewska K., Podstawy klasyfikacji i syntezy białek glutenowych ziarna pszenicy, *Żywność – Nauka – Technologia – Jakość*, 1999, 2(19), s. 15–25.
- [9] Orkuszek A., Garaszczuk A., Gluten w żywności – korzyści i zagrożenia, *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 2018, 4(31), s. 52–64.
- [10] Rachtan-Janicka J., Dieta bezglutenowa, *Standardy Medyczne/Pediatrics*, 2015, 12, s. 960–965.
- [11] Marciniak-Łukasiak K., Dłużniewska E., Pseudozboża w żywności bezglutenowej, *Przemysł Spożywczy*, 2018, 9, s. 18–22.

- [12] Woomer J.S., Adedeji A.A., Current applications of gluten-free grains – a review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2021, 61(1), s. 14–21.
- [13] Alvarez-Jubete L., Arendt E.K., Gallagher E., Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients, *Trends in Food Science & Technology*, 2010, 21(2), s. 106–113.
- [14] Martínez-Villaluenga C., Peñas E., Hernández-Ledesma B., Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods, *Food and Chemical Toxicology*, 2020, 37, s. 111–178.
- [15] Singh E., Potential of Millets: Nutrients Composition and Health Benefits, *Journal of Scientific & Innovative Research*, 2016, 5, s. 46–50.
- [16] Khairuddin M.A.N., Lasekan O., Gluten-Free Cereal Products and Beverages: A Review of Their Health Benefits in the Last Five Years, *Foods*, 2021, 10(11), s. 2523.
- [17] Nithiyanantham S., Kalaiselvi P., Mahomoodally M.F., Zengin G., Abirami A., Srinivasan G., Nutritional and functional roles of millets – A review, *Journal of Food Biochemistry*, 2019, 43(7), e12859.
- [18] Jurga R., Przetwórstwo kukurydzy – możliwości wykorzystania, *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 2012, 9, s. 34–38.
- [19] Gebru Y.A., Sbhatu D.B., Kim K.P., Nutritional Composition and Health Benefits of Teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter), *Journal of Food Quality*, 2020, s. 1–6.
- [20] Mielcarz M., Teff – zboże z Afryki, *Piekarstwo*, 2014, 3, s. 48–49.
- [21] Zarzecka K., Gugąła M., Mystkowska I., Wartość odżywcza i możliwości wykorzystania gryki, *Postępy Fitoterapii*, 2014, 1, s. 28–31.
- [22] Bastida J.A.G., Zieliński H., Buckwheat as a Functional Food and Its Effects on Health, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, 63(36), s. 7896–7913.
- [23] Chłopicka J., Gryka jako żywność funkcjonalna. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2008, 41(3), s. 249–252.
- [24] Pereira E., Cadavez V., Barros L., Enaina-Zelada C., Stojkovic D., Sokovic M., Calhella R.C., Gonzales-Barron U., Ferreira I.C.F.R., *Chenopodium quinoa* Willd. (quinoa) grains: A good source of phenolic compounds, *Food Research International*, 2020, 137, 109574.
- [25] Mystkowska I., Zarzecka K., Gugąła M., Baranowska A., Właściwości odżywcze i prozdrowotne komosy ryżowej, *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2016, 97(1), s. 29–31.
- [26] Alvarez-Jubete L., Arendt E.K., Gallagher E., Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients, *Trends in Food Science & Technology*, 2010, 21, s. 106–113.
- [27] Dębski B., Gralak M.A., Bertrandt J., Kłos A., Minerals and polyphenols content of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plant, *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2013, 94(2), s. 300–304.
- [28] Rutkowska J., Amaranthus – roślina przyjazna człowiekowi, *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 2006, 54(1), s. 6–10.
- [29] Kaźmierczak A., Bolesławska Z., Przysławski J., Szarłat – jego wykorzystanie w profilaktyce i leczeniu wybranych chorób cywilizacyjnych, *Nowiny Lekarskie*, 2011, 80(3), s. 192–198.

- [30] Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Grdeń M., Amaranthus – wartość odżywcza i właściwości prozdrowotne, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2017, 1, s. 1–7.
- [31] Konińska G., Marczevska A., Źródłak M., Celiakia i dieta bezglutenowa. Praktyczny poradnik (wyd. VIII), Polskie Stowarzyszenie Osób z Celiakią i na Diecie Bezglutenowej, Warszawa 2012.
- [32] Szczerba E., Kozłowska A., Nitsch-Osuch A., Leczenie dietetyczne celiakii współistniejącej z cukrzycą typu 1, *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 2018, 24(3), s. 166–171.
- [33] Banera A., Myślińska J., (Nie)zdrowy gluten, *Acta Uroboroi – W kręgu epidemii*, II, s. 105–115.
- [34] Gujral N., Freeman H.J., Thomson A.B., Celiac disease: prevalence, diagnosis, pathogenesis and treatment, *World Journal of Gastroenterology*, 2012, 18(42), s. 6036–6059.
- [35] Vici G., Belli L., Biondi M., Polzonetti V., Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review, *Clinical Nutrition*, 2016, 35(6), s. 1236–1241.
- [36] Myszkowska-Rygiak J., Harton A., Gajewska D., Analiza wartości odżywczej i kosztów diety bezglutenowej w porównaniu do standardowej racji pokarmowej, *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 2015, 21(3), s. 312–316.
- [37] AO ECS, www.aoecs.org/gluten-free-products-under-license (dostęp 5.09.2023).
- [38] Wykaz certyfikowanych produktów bezglutenowych, <https://celiakia.pl/przekreslony-klos/wykaz-certyfikowanych-produktow-bezglutenowych/wykaz-produktow-licencjonowanych-31.07.2023.pdf> (dostęp 5.09.2023).
- [39] Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) nr 828/2014 z dnia 30 lipca 2014 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat nieobecności lub zmniejszonej zawartości glutenu w żywności (*Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*, L 228/5).
- [40] Certyfikacja produktów bezglutenowych – licencja na używanie znaku towarowego Przekreślony Kłos, www.przekreslonyklos.pl (dostęp 5.09.2023).

Aronia: superowoc i czarny polski skarb

Aronia: superfruit and black Polish treasure

Iwona Wawer

Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie, Rynek 1, 38-400 Krosno, e-mail: iwona.wawer@pans.krosno.pl

Słowa kluczowe: *Aronia melanocarpa*, superowoc, superjagody, polifenole, antocyjaniny, choroby układu krążenia

Keywords: *Aronia melanocarpa*, superfruit, superberries, polyphenols, anthocyanins, cardiovascular diseases

Streszczenie

Superowoc to owoc, który zawiera szczególnie dużo korzystnych dla zdrowia składników odżywczych, w tym antyoksydantów. Ciemne jagody aronii, które mają najwyższą aktywność antyoksydacyjną spośród testowanych owoców, nazywane są superjagodami. Unikalną cechą aronii jest wysoka zawartość antocyjanin, procyjanidyn, tanin i kwasów chlorogenowych. Te biologicznie czynne związki wykazują aktywność przeciwzapalną, przeciwbakteryjną i przeciwwirusową, mogą wspierać rekonwalescentów, którzy przeszli COVID-19, są ważne w profilaktyce oraz stanowią dietetyczne wsparcie leczenia chorób układu krążenia, chorób neurodegeneracyjnych czy cukrzycy. Innowacyjne produkty aroniowe, takie jak sok, syrop, wino, a zwłaszcza suche ekstrakty w kapsułkach, powinny być standaryzowane.

Summary

A superfruit is a fruit that is known to have exceptionally high levels of nutrients, antioxidants and potential health benefits. Dark Aronia berries rank as number one among dozens of fruits, tested for the antioxidant capacity, are called “superberries”. The presence of high amounts of anthocyanins, procyanidins, tannins and chlorogenic acids is a unique feature of aronia. Biologically active compounds present in the berries exhibit anti-inflammation, antimicrobial, antiviral activities and may support recovery after COVID-19. They are valuable in the prevention and dietary therapy of diseases such as cardiovascular, neurodegenerative or diabetes. The innovative aronia products such as juice, syrup, wine or powdered extracts should be standardized.

Wstęp

Superowoc to owoc, który zawiera szczególnie dużo składników odżywczych korzystnych dla zdrowia. Większość superowoców to jagody: borówki amerykańskie, żurawina, jagody goji, jagody acai, rokitnik, porzeczki. Jagody mają najwyższy poziom antyoksydantów i dostarczają najwięcej cennych związków polifenolowych, biorąc pod uwagę ich rozmiary i wielkość spożywanej porcji. Na liście superowoców nie ma aronii, bowiem jest mało znana w USA, ale owoc ten spełnia wszystkie kryteria superjagody.

Małe, czarne jagody aronii czarnoowocowej (*Aronia melanocarpa*) mają unikalny skład chemiczny – 100 g tych owoców dostarcza 1–2 g polifenoli, w tym 300–850 mg antocyjanin (cyjanidyno-3-O-galaktozyd 60%, cyjanidyno-3-O-arabinozyd) oraz ponad 1,5 g katechin i ich polimerów tanin (przy czym 80% to polimery dłuższe niż 10 jednostek). Owoce aronii zawierają kwasy hydroksycynamonowe: chlorogenowy (35,5 mg/100 g) i neochlorogenowy (21,5 mg/100 g) oraz wiele innych związków: flawonoidy (kwercetynę), resweratrol, amigdalinę, witaminy i składniki mineralne oraz błonnik rozpuszczalny i nierozpuszczalny [1]. W owocach aronii wyjątkowo licznie występują spolimeryzowane katechiny (taniny skondensowane). Co interesujące, katechinowe polimery aronii są różowe, bowiem katechina lub epikatechina są połączone z cyjanidyną. Nie wyizolowano takich związków w ilości wystarczającej, aby wykonać badania ich aktywności biologicznej. Wiadomo, że procyanidyny są aktywne fizjologicznie, co sprawia, iż zapobiegają zakrzepom, zmniejszają ryzyko miażdżycy naczyń krwionośnych, bowiem hamują utlenianie cholesterolu, a także wzmacniają ściany naczyń krwionośnych.

Antocyjany łatwo ulegają reakcjom kondensacji, tworząc związki podobne do tanin, ale ich struktura molekularna nie została dokładnie poznana. Proces transformacji barwników może trwać miesiące, a w tym czasie zmienia się aktywność antyoksydacyjna. Niestety większość badań klinicznych koncentruje się na prozdrowotnym działaniu soku lub czerwonego wina (np. na ich właściwościach kardio-protেকcyjnych), bez ustalania ich dokładnego składu chemicznego.

Podjęmowane są próby identyfikacji barwnych związków występujących w czerwonym winie. Zaproponowano [2] strukturę nowo odkrytych barwników, które zostały nazwane wityzynami. Badania antocyjanin i odpowiadających im wityzyn [3] potwierdzają ich antyoksydacyjną aktywność w płytkach krwi i komórkach śródbłonna naczyń. Gdyby jednak okazało się, że aktywnym składnikiem jest taki, który stanowi połączenie antocyjanidyny z epikatechiną, byłby to wkład w wyjaśnienie aktywności biologicznej zarówno czerwonego wina, jak i aronii, w których takie dimery są obecne.

Bardzo interesujące było odkrycie polimerów cyklicznych [4], które powstają w surowcach bogatych w taniny (takich jak wino czy żurawina) i są bardziej trwałe

niż liniowe. Potwierdzono istnienie tetramerów, a następnie pentamerów i heksamerów w czerwonych i białych winach [5]. Obecnie istnieje potrzeba potwierdzenia ich obecności w produktach z aronii. Brouillard uważał [6], że „paradoks francuski” miał dwa etapy. Pierwszym było odkrycie, że wino ma działanie prozdrowotne – był to „paradoks francuski I”. Możliwe jest, że bioaktywnym składnikiem są nie tylko antocyjaniny, ale też wityzyny – byłby to „francuski paradoks II” [7].

Celem naszych badań i działalności edukacyjnej jest promocja aronii. Trzeba ją docenić i polubić, mimo że nie jest owocem deserowym. Potrzebujemy innowacyjnych i smacznych produktów aroniowych. Produkty te powinny być standaryzowane pod względem zawartości związków biologicznie czynnych. W tym celu należy dobrze poznać skład owoców i optymalizować termin ich zbioru.

Optymalizacja czasu zbioru a jakość owoców

Skład owoców zależy od klimatu oraz ulokowania plantacji i zmienia się w trakcie ich dojrzewania. Zmianie ulega zarówno całkowita zawartość polifenoli w owocach aronii, jak i zawartość poszczególnych związków. Łatwo obserwować powstawanie barwnych antocyjanidyn. Na początku jagody są zielone i nie zawierają antocyjanów. Wzrost zawartości barwników zaczyna się około 30. dnia i trwa do około 80. dnia. W tym czasie zawartość antocyjanów rośnie od 1 g/100 g suchej masy w końcu lipca (50.–55. dzień rozwoju) do 2–3 g/100 g w sierpniu (80.–90. dzień). Największą zawartość antocyjanin owoce osiągają około 80. dnia rozwoju. Zawartość procyanidyn (katechin) spada podczas dojrzewania owoców. Ilość tych związków mieści się w zakresie od 10 g do 15 g/100 g suchej masy w maju i czerwcu (0.–28. dzień), gdy owoce są zielone, a potem maleje w sierpniu (70.–88. dzień) do około 8 g/100 g (zbiory w 2012 r.), 4–5 g/100 g (zbiory w 2013 r.), a nawet do 1 g (zbiory w 2016 r.) [8].

Największa zawartość wszystkich związków polifenolowych występuje na początkowym etapie rozwoju owoców aronii. Niedojrzałe owoce mają znacznie wyższą aktywność antyoksydacyjną niż dojrzałe! Zielone owoce nie nadają się do jedzenia, ale pozyskany z nich ekstrakt bogaty w związki polifenolowe może być cennym składnikiem żywności funkcjonalnej. Spadek zawartości związków polifenolowych, a zwłaszcza procyanidyn i katechin, obniża cierpkość smaku owoców, co jest pożądane. Wzrost stężenia antocyjanów powoduje intensywny kolor, co sprawia, iż owoc jest atrakcyjny wizualnie.

Trzeba śledzić zmiany stężenia kilku/kilkunastu związków biologicznie czynnych w trakcie dojrzewania owoców. Nie tylko cukry i antocyjany! Jakość preparatów aroniowych, soku i ekstraktów, zależy od jakości owoców. Potrzebne są minilaboratoria badawcze i prowadzenie badań jakości owoców bezpośrednio u producenta.

Aronia w medycynie

Aronia jako dietetyczny antyoksydant może być wykorzystywana w profilaktyce i wspomaganiu terapii chorób cywilizacyjnych, w tym chorób układu krążenia, cukrzycy czy chorób nowotworowych. Ze względu na wysoką zawartość polifenoli może być cennym składnikiem produktów spożywczych i suplementów diety.

Aronia – składnik diety o działaniu kardioprotekcyjnym

Ekstrakty z owoców i sok z aronii obniżają ciśnienie, co dowiodły badania prowadzone w kilku ośrodkach akademickich. W Warszawskim Uniwersytecie Medycznym przeprowadzono badania [9] z udziałem pacjentów po zawale leczonych przez 6 miesięcy statyną. Podawano im trzy razy dziennie 85 mg ekstraktu z aronii (zaś grupie kontrolnej – placebo) przez 6 tygodni. Nie zanotowano wyraźnego wpływu łączonej terapii statyna + antocyjany aroniowe na masę ciała czy poziom lipidów. Natomiast u osób otrzymujących ekstrakt z aronii ciśnienie skurczowe i rozkurczowe obniżyło się odpowiednio o 11,0 i 7,2 mmHg, zmniejszył się też poziom ox-LDL. Na Uniwersytecie Medycznym w Łodzi przeprowadzono badanie [10], którym objęto pacjentów z zespołem metabolicznym. Przyjmowali oni trzy razy dziennie 100 mg ekstraktu z aronii, który zawierał antocyjany (25%). Po dwóch miesiącach wykazano istotne obniżenie ciśnienia krwi (ciśnienie tętnicze skurczowe spadło z 144 do 132 mmHg, rozkurczowe – z 87 do 82 mmHg). Zmniejszyło się też stężenie cholesterolu. Aronia może być pomocna w zakrzepicy, gdyż przeciwdziała agregacji płytek krwi, co jest istotne dla pacjentów z wysokim ryzykiem udaru i zawału. Może zapobiegać powstawaniu zmian miażdżycowych. Antocyjaniny wpływają korzystnie na profil lipidowy: zmniejszają stężenie cholesterolu całkowitego (TC), cholesterolu LDL (LDL-C) i triglicerydów (TG), spowalniają tempo przyrostu masy tkanki tłuszczowej. Dzięki korzystnemu wpływowi na ciśnienie tętnicze krwi oraz poziom cholesterolu preparaty z aronii czarnoowocowej mogą być pomocne w leczeniu pacjentów z zespołem metabolicznym.

Innowacja: ekstrakty aroniowe w kapsułkach standaryzowane pod względem zawartości antocyjanin i procyanidyn.

Aronia dla cukrzyków

Antocyjaniny działają wielokierunkowo, bowiem redukują stres oksydacyjny i stymulują wydzielanie insuliny z komórek trzustki. Mogą zapobiegać otyłości, gdyż obniżają absorpcję cukrów i tłuszczów w układzie pokarmowym. Wykazano korzystne efekty długoterminowego picia soku z aronii na poziom glukozy (na czczo) oraz na profil lipidowy. Naukowcy rekomendują codzienne picie 200 ml soku przez co naj-

mniej 3 miesiące. Jakie związki obecne w soku działają skutecznie? Wymieniano co najmniej dwie grupy: glukozydy cyjanidyny i kwasy chlorogenowe. Najbardziej efektywnie działają glukozydy cyjanidyny, a właśnie ich jest w aronii najwięcej. Kwas chlorogenowy zmniejsza absorpcję glukozy i w ten sposób obniża jej poziom we krwi. Rezultaty badań pokazują, że aronia, bogata w glukozydy cyjanidyny i kwasy chlorogenowe, powinna być szczególnie polecana dla diabetyków [11].

Innowacja: sok aroniowy rekomendowany dla diabetyków powinien być standaryzowany pod względem zawartości antocyjanin i kwasu chlorogenowego.

Aronia w profilaktyce nowotworów

Drobne ciemne owoce aronii zawierają związki (antocyjaniny, katechiny i taniny, kwasy hydroksycynamonowe) o wielokierunkowym działaniu przeciwnowotworowym, np. działające na czynnik wzrostu naczyń (VEGF), czynnik nekrozy nowotworów (TNF) czy indukujące apoptozę (np. glukozyd cyjanidyny, w badaniach na komórkach [12]). Występujące w aronii polifenole mogą pełnić ważną rolę w prewencji nowotworów, bowiem wpływają na ich trzy stadia: powstanie nowotworu, jego wzrost i rozprzestrzenianie się. Działanie antymutagenne to głównie zmiatanie wolnych rodników, powodujących uszkodzenia oksydacyjne. Antymutagenną aktywność antocyjanin izolowanych z aronii stwierdzono w już 1997 r. [13], wykonując badania na szczepach *Salmonella typhimurium* (standardowy test Ames) oraz na hodowli ludzkich limfocytów. Antocyjaniny zmniejszają efekty uboczne po radio- i chemioterapii, dlatego aronia może być dietetycznym wsparciem terapii nowotworów [14].

Innowacja: standaryzowany ekstrakt antocyjanów aroniowych w postaci sproszkowanej, który można podawać jako suplement diety.

Aronia – korzyści dla mózgu i zdrowia neuronów

Antocyjany likwidują stany zapalne, przeciwdziałają stresowi oksydacyjnemu i poprawiają funkcjonowanie mózgu [15], przenikają bowiem przez selektywne bariery, takie jak bariera krew–mózg. Niektóre flawonoidy i kwasy fenolowe, w tym katechina i epikatechina (składniki procyanidyn i tanin), również są zdolne do przekraczania tej bariery. Nie jest to tylko działanie antyoksydacyjne i wymiatanie wolnych rodników w tkance nerwowej, ale oddziaływanie z neuronami na poziomie molekularnym. Lepsze ukrwienie mózgu (poprzez dostarczenie tlenu i glukozy) poprawia stan chorych na alzheimera i parkinsona. Antocyjaniny mogą dotrzeć do tych rejonów mózgu, które są związane z funkcjami kognitywnymi. Dowiedziono, że ekstrakty z borówki amerykańskiej, bogate w antocyjany, poprawiały pamięć

i zdolność uczenia się u myszy [16]. Analiza stężenia antocyjanów w mózgu zwierząt doświadczalnych potwierdza istnienie bariery krew–mózg. Glukozyd cyjani-dyny pojawił się w tkance mózgowej myszy w stężeniu 3,5 nmol/g po jego podaniu dootrzewnowym. Dodanie liofilizowanych jagód do karmy szczurów pozwoliło na wykrycie 0,45 nmol/g antocyjanów w ich hipokampie i korze mózgowej [17]. Regularne spożywanie soku i ekstraktów z aronii może opóźnić procesy neurodegeneracyjne i starzenie się mózgu.

Rola błonnika aroniowego

W Polsce przeciętne spożycie błonnika to 12–15 g dziennie, ale Światowa Organizacja Zdrowia (World Health Organization, WHO) zaleca 20–40 g. Odpowiednia porcja błonnika w diecie zmniejsza zachorowalność na nowotwory jelita grubego i odbytu oraz zapobiega otyłości. Błonnik składa się z frakcji rozpuszczalnej w wodzie i części nierozpuszczalnej, przy czym w prawidłowej diecie powinny występować oba rodzaje błonnika. Owoce aronii zawierają około 5,6 g błonnika w 100 g. W suchych wytlókach po wyciśnięciu soku z owoców jest 63–78% błonnika; to cenny surowiec, zawierający błonnik nierozpuszczalny: celulozę – 35%, hemicelulozę – 34%, ligniny – 24%, błonnik rozpuszczalny w formie pektyn – 8% oraz polifenole – antyoksydanty. Sproszkowany błonnik ma ciemny kolor, co sugeruje, że zawiera dużo antocyjanów. Potwierdziły to analizy metodą CPMAS NMR [18]. Błonnik aroniowy może być cennym składnikiem żywności funkcjonalnej [19].

Innowacja: błonnik aroniowy jako dodatek do chleba; produkt nazwano „chlebem dla serca”.

Aronia a infekcje wirusowe, COVID-19 i post-COVID

Infekcja koronawirusowa powoduje problemy z oddychaniem, niedotlenienie mózgu i serca. Zmianom zapalnym w płucach towarzyszy „burza cytokinowa” i silny stres oksydacyjny. Proces powrotu do zdrowia po przejściu zakażenia koronawirusem jest często trudny, a wielu ozdrowieńców nawet wiele miesięcy po przejściu choroby cierpi na zaburzenia neurologiczne i psychiczne. W dietetycznym wsparciu leczenia, a zwłaszcza w rekonwalescencji, może pomóc aronia. Zawarte w niej polifenole: antocyjaniny, flawonoidy, taniny mają właściwości przeciwwirusowe, blokują penetrację wirusa do komórki lub jego replikację. Prosty zabieg – płukanie gardła sokiem z aronii, czarnego bzu, granatu lub zieloną herbatą zmniejszyło miano wirusa SARS-CoV-2 o ponad 80%, a wirusa grypy typu A nawet o 99%. Mieszanina ekstraktów z aronii i owoców czarnego bzu jest skuteczna przeciw wirusom atakującym drogi oddechowe, takim jak wirus grypy typu A/H1N1 oraz β -koronawirusy HCoV-OC43 [20].

Aronia dla sportowców

Potwierdzono korzyści stosowania soku aroniowego dla sportowców (kolarzy, wioślarzy, piłkarzy), którzy szybciej regenerowali siły po treningu. Zwiększone spożycie antocyjanin ogranicza oksydacyjne uszkodzenia czerwonych krwinek wywołane wysiłkiem, najprawdopodobniej poprzez wzmocnienie endogennego systemu obrony antyoksydacyjnej [21, 22]. Randomizowane badanie [23] wykazało pozytywny wpływ suplementacji liofilizowaną aronią na markery antyoksydacyjne i przeciwzapalne u piłkarzy po maksymalnym wysiłku aerobowym.

Innowacja: sok z aronii lub ekstrakty antocyjanów aroniowych w kapsułkach dla sportowców.

Radioprotekcyjne właściwości aronii

Aronia może mieć duże znaczenie dla pilotów, pasażerów samolotów i mieszkańców terenów skażonych izotopami promieniotwórczymi. Awarie elektrowni jądrowych (z 1986 r. w Czarnobylu na Ukrainie czy z 2011 r. w Fukushima w Japonii) pokazały, że potrzebujemy radioprotekcyjnych składników diety dla dużej populacji. Warto przypomnieć, że w czasach zagrożenia bombami atomowymi instytuty wojskowe Polski i Rosji zalecały pakiety promieniochronne, które zawierały aronię suszoną lub ekstrakt antocyjanów.

Aronia dla wojska! Chodzi o uwzględnienie jej w diecie żołnierzy, szczególnie tych obsługujących nowoczesny sprzęt (komputery, radary), gdzie potrzebny jest dobry wzrok i sprawnie pracujący mózg. Sok z aronii powinien być też podawany przy intensywnym wysiłku fizycznym, np. po ćwiczeniach na poligonie.

Ziemia, jak wiadomo, stale otrzymuje strumień energii ze Słońca i odległych galaktyk. Promieniowanie kosmiczne rośnie wraz z wysokością nad poziomem morza. Na jego zwiększone dawki narażone są załogi samolotów latających na wysokości 10–11 km. Jak chronić załogę w długich rejsach przez ocean? Jedyny możliwy sposób przeciwdziałania negatywnym skutkom promieniowania kosmicznego to przestrzeganie odpowiedniej diety [24]. Pilotom należy zapewniać żywność bogatą w antyoksydanty, zalecane jest to również często latającym pasażerom. Podczas długiego lotu występują problemy z krążeniem, których typowymi objawami są spuchnięte nogi. W zapobieganiu im pomocne mogą być ćwiczenia, ale też sok z aronii.

Innowacja: standaryzowany sok z aronii na pokładzie samolotów LOT.

Sok z aronii, wino czy nalewka?

Czerwone wino i sok z aronii w kieliszku mają ciemnoczerwony kolor i na pierwszy rzut oka trudno je odróżnić. W Polsce produkuje się wino aroniowe wytrawne, półwytrawne i słodkie. Badania jego właściwości antyoksydacyjnych i zawartości związków polifenolowych pokazały, że dorównuje ono winom gronowym z Bułgarii, Francji czy Włoch. Analizy składu chemicznego potwierdziły obecność w nich takich samych grup związków chemicznych (antocyjany, katechiny, taniny). Badania farmakologiczne i kliniczne dowodzą korzystnego działania takich związków na organizm.

Cennym produktem jest nalewka sporządzona z owoców aronii, co potwierdzono eksperymentalnie. Otóż 40% roztwór etanolu jest świetnym układem ekstrakcyjnym, nalewka zawiera bogactwo związków bioaktywnych; 60% dodatek alkoholu powoduje podwojenie zawartości antocyjanów w ekstrakcie, a całkowita ilość polifenoli rośnie trzykrotnie!

Wino aroniowe ma właściwości antyoksydacyjne porównywalne z wysokiej jakości czerwonym winem z Francji i Włoch (co potwierdziły pomiary przeprowadzone na WUM).

Wzrost zainteresowania czerwonym winem wywołały artykuły, które ukazały się w latach 1992–1994 w znanym czasopiśmie medycznym „Lancet” [25]. Okazało się, że mieszkańcy południa Francji rzadziej chorują na serce, niż wynikałoby to z wysokiego spożycia tłuszczów. Nazwano to zjawisko „francuskim paradoksem”, a jedynym wyraźnym wyróżnikiem ich diety był zwyczaj picia czerwonego wina do posiłków. Podawano różne możliwe wyjaśnienia tego fenomenu:

1. Korzystnie działa sam alkohol, który powoduje rozpuszczanie skrzepów, zmniejsza stężenie fibrynogenu we krwi, zmniejsza agregację płytek krwi.
2. Zawarte w winie polifenole (antocyjaniny, polimery katechin, fenolokwasy) opóźniają rozwój procesów miażdżycowych, bowiem hamują utlenianie lipidów.
3. Wino zawiera składniki powodujące relaksację naczyń krwionośnych, czyli ich rozszerzenie po skurczu. Związki polifenolowe (procyjanidyny) wpływają na poziom NO w nabłonku naczyń [26, 27].

Potwierdzono obecność w czerwonym winie licznych związków polifenolowych, które mają właściwości antyoksydacyjne i uczestniczą w wielu procesach metabolicznych, m.in. hamując zmiany miażdżycowe. W 2009 r. ukazała się publikacja pt. *Polyphenols are medicine: Is it time to prescribe red wine for our patients?* [28]. W 2023 r. można taką poradę lekarza uznać za racjonalną. Owoce aronii mają wyjątkowo wysoką zawartość cennych związków polifenolowych, można je zatem wykorzystać, podobnie jak ciemne winogrona. Aronia to polski czarny skarb – korzystajmy z niego dla zdrowia.

Literatura

- [1] Wawer I., Eggert P., Hołub B., Aronia. Superowoc, Wyd. Wektor, Warszawa 2012; wyd. III poszerzone 2019.
- [2] Fulkrand H., Cameira dos Santos P.J., Sarni-Manchado P., Cheynier V., Favre-Bonvin J., Structure of new anthocyanin-derived wine pigments, *Journal of the Chemical Society Perkin Transactions*, 1996, 1, s. 735–739.
- [3] Garcia-Alonso M., Rimbach G., Rivas-Gonzalo J.C., Antioxidant and cellular activities of anthocyanins and their corresponding visitins. A studies in platelets, monocytes and human endothelial cells, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2004, 52, s. 3378–3384.
- [4] Longo E., Rossetti F., Scampicchio M., Boselli E., Isotopic Exchange HPLC-HRMS/MS applied to cyclic proanthocyanidins in wine and cranberries, *Journal of the American Society of Mass Spectrometry*, 2018, 29(4), s. 663–674.
- [5] Longo E., Rossetti F., Jouin A., Teissedre P.L., Jourdes M., Boselli E., Distribution of crown hexameric procyanidin and its tetrameric and pentameric congeners in red and white wines, *Food Chemistry*, 2019, 299, s. 125125.
- [6] Brouillard R., Chassaing S., Fougères A., Why are grape/fresh wine anthocyanins so simple and why is it that red wine color lasts so long?, *Phytochemistry* 2003, 64, s. 1179–1186.
- [7] Brouillard R., Chassaing S., Fougères A., Why are grape/fresh wine anthocyanins so simple and why is it that red wine color lasts so long?, *Phytochemistry*, 2003, 64, s. 1179–1186.
- [8] Gralec M., Zawada K., Wawer I., *Aronia melanocarpa* berries: phenolics composition and antioxidant properties changes during fruit development and ripening, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 2019, 31(3), s. 214–221.
- [9] Naruszewicz M., Łaniewska I., Millo B., Dłużniewski M., Combination therapy of statin with flavonoids rich extract from chokeberry fruits enhanced reduction in cardiovascular risk markers in patients after myocardial infraction (MI), *Atherosclerosis*, 2007, 194, s. 179–184.
- [10] Broncel M., Kozioróg-Kołacińska M., Andryskowski G., Wpływ antocyjanin z aronii czarnoowocowej na ciśnienie tętnicze oraz stężenie endoteliny-1 i lipidów u pacjentów z zespołem metabolicznym, *Polski Merkuriusz Lekarski*, 2007, 134(23), s. 116–119.
- [11] Gawryś M., Zawada K., Wawer I., Aronia w diecie diabetyków, *Diabetologia Kliniczna*, 2012, 1(5), s. 196–200.
- [12] Fimognari C., Berti F., Nüsse M., Cantelli-Forti G., Hrelia P., Induction of apoptosis in two human leukemia cell lines as well as differentiation in human promyelocytic cells by cyanidin-3-O-beta-glucopyranoside, *Biochemistry and Pharmacology*, 2004, 67(11), s. 2047–2056.
- [13] Gasiorowski K., Szyba K., Brokos B., Kołaczyńska B., Jankowiak-Włodarczyk M., Oszmiański J., Antimutagenic activity of anthocyanins isolated from *Aronia melanocarpa* fruits, *Cancer Letters*, 1997, 119(1), s. 37–46.
- [14] Gill N.K., Rios D., Osorio-Camacena E., Mojica B.E., Kaur B., Soderstrom M.A., Gonzalez M., Plaat B., Poblete C., Kaur N., Singh H., Forester S.C., Anticancer effects of extracts from three different chokeberry species, *Nutrition and Cancer*, 2021, 73(7), s. 1168–1174.

- [15] Banji O.J.F., Banji D., Makeen H.A., Alqahtani S.S., Alshahrani S., Neuroinflammation: The role of anthocyanins as neuroprotectants, *Current Neuropharmacology*, 2022, 20(11), s. 2156–2174.
- [16] Carey A.N., Gomes, S.M., Shukitt-Hale B., Blueberry supplementation improves memory in middle-aged mice fed a high-fat diet, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2014, 62, s. 3972–3978.
- [17] Williams C.M., El Mohsen M.A., Vauzour D., Rendeiro C., Butler L.T., Ellis J.A., Whiteman M., Spencer J.P., Blueberry-induced changes in spatial working memory correlate with changes in hippocampal CREB phosphorylation and brain-derived neurotrophic factor (BDNF) levels, *Free Radical Biology and Medicine*, 2008, 45(3), s. 295–305.
- [18] Wawer I., Wolniak M., Paradowska K., Solid state NMR of dietary fiber powders from aronia, bilberry, black currant and apple, *Solid State Nuclear Magnetic Resonance*, 2006, 30, s. 106–113.
- [19] Jurendić T., Ščetar M., *Aronia melanocarpa* products and by-products for health and nutrition: A review, *Antioxidants*, 2021, 10(7), s. 1052.
- [20] Ochnik M., Franz D., Sobczyński M., Naporowski P., Banach M., Orzechowska B., Sochocka M., Inhibition of human respiratory influenza A virus and human betacoronavirus-1 by the blend of double-standardized extracts of *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott and *Sambucus nigra* L., *Pharmaceuticals*, 2022, 15, s. 619.
- [21] Zare R., Kimble R., Ali Redha A., Cerullo G., Clifford T., How can chokeberry (*Aronia*) (poly)phenol-rich supplementation help athletes? A systematic review of human clinical trials, *Food and Function*, 2023, 14(12), s. 5478–5491.
- [22] Pilaczyńska-Szcześniak L., Skarpanska-Steinborn A., Deskur E., Basta P., Horoszkiewicz-Hassan M., The influence of chokeberry juice supplementation on the reduction of oxidative stress resulting from an incremental rowing ergometer exercise, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 2005, 15(1), s. 48–58.
- [23] Stankiewicz B., Cieślicka M., Mieszkowski J., Kochanowicz A., Niespodziński B., Szwarz A., Waldziński T., Reczkowicz J., Piskorska E., Petr M. et al., Effect of supplementation with black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) extract on inflammatory status and selected markers of iron metabolism in young football players: A randomized double-blind trial, *Nutrients*, 2023, 15, s. 975.
- [24] Weiss J.F., Landauer M.R., Protection against ionizing radiation by antioxidant nutrients and phytochemicals, *Toxicology*, 2003, 189, s. 1–20.
- [25] Renaud S., de Lorgeril M., Wine, alcohol, platelets and the French paradox for coronary heart disease, *Lancet*, 1992, 339, s. 1523–1526.
- [26] Benito S., Lopez D., Sáiz M.P., Buxaderas S., Sánchez J., Puig-Parellada P., Mitjavila M.T., A flavonoid-rich diet increases nitric oxide production in rat aorta, *British Journal of Pharmacology*, 2002, 135(4), s. 910–916.
- [27] Kim J.H., Auger C., Kurita I., Anselm E., Rivoarilala L.O., Lee H.J., Lee K.W., Schini-Kerth V.B., *Aronia melanocarpa* juice, a rich source of polyphenols, induces endothelium-dependent relaxations in porcine coronary arteries via the redox-sensitive activation of endothelial nitric oxide synthase, *Nitric Oxide*, 2013, 35, s. 54–64.
- [28] Cordova A.C., Sumpio B.E., Polyphenols are medicine: Is it time to prescribe red wine for our patients?, *International Journal of Angiology*, 2009, 18(3), s. 111–117.

Proso włoskie (*Setaria italica* L.) – relikwt czy skarb?

Foxtail millet (*Setaria italica* L.) – relic or treasure?

Ewa Plażuk¹, Iwona Mystkowska², Beata Kosińska², Aleksandra Dmitrowicz¹

¹ Regionalne Centrum Badań Środowiska, Rolnictwa i Technologii Innowacyjnych EKO-AGRO-TECH, Akademia Bialska im. Jana Pawła II w Białej Podlaskiej, ul. Sidorska 107c, 21-500 Biała Podlaska, e-mail: e.plazuk@akademiabialska.pl

² Wydział Nauk o Zdrowiu, Zakład Dietetyki, Akademia Bialska im. Jana Pawła II w Białej Podlaskiej, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska

Słowa kluczowe: proso, niedożywienie, dieta bezglutenowa

Keywords: millet, malnutrition, gluten-free diet

Streszczenie

Proso włoskie (*Setaria italica* L.) to jedna z najstarszych roślin uprawnych na świecie, której kultywację rozpoczęto około 10 tys. lat temu w Chinach. Z jego ziaren wytwarzano kaszę i mąkę, a z niej chleb. W dawnych czasach gatunek ten uprawiano w Europie i Azji. Dziś uprawiany jest głównie w Afryce oraz Azji, jako źródło pożywienia, a w USA przede wszystkim na paszę jako pastewna trawa (m.in. pokarm dla papug). W Polsce proso włoskie ma wartość reliktową i jest uprawiane w skansenach, np. na Ostrowie Lednickim wokół dawnej historycznej osady Słowian. Chociaż powierzchnia upraw prosa jest znacznie mniejsza niż pszenicy, ryżu i kukurydzy, które stanowią około 60% wszystkich światowych upraw, coraz częściej docenia się je w produkcji żywności dla ludzi i zwierząt. Ma ono bowiem korzystny skład odżywczy i dużą przydatność jako zdrowa żywność bezglutenowa o niskim indeksie glikemicznym, co nabiera znaczenia wobec narastających chorób cywilizacyjnych związanych z niewłaściwą dietą. Ze względu na łatwość przystosowywania się do trudnych warunków klimatycznych rośliny te należą do upraw wysoce odpornych na stres abiotyczny. Proso, oprócz pełnionej dotychczas roli podstawowego produktu żywnościowego w biednych społecznościach żyjących w marginalnych regionach rolniczych, w ostatnich latach zaczyna być pożywieniem cenionym przez mieszkańców miast zainteresowanych zdrową dietą – jako pożywny i zdrowy pokarm, będący alternatywą dla pszenicy zawierającej gluten. Na jego korzyść przemawia to, że w dobie dużej chemizacji rolnictwa uprawy te nie wymagają stosowania środków ochrony roślin, mogą więc stanowić składnik żywności ekologicznej, i jako zasoby genetyczne są ważne dla bezpieczeństwa żywnościowego.

Summary

Annual Italian millet (*Setaria italica* L.) is one of the world's oldest domesticated crops, with cultivation beginning about 10 000 years ago in China. Its seeds were used to make porridge and flour, and bread was made from it. In remote times, the grass was cultivated in Europe and Asia. Today, it is also grown mostly in Africa and Asia as food and sustenance, and also in the USA, mainly for fodder as a forage grass (including food for parrots). In Poland Italian millet has relic value and is cultivated in open-air museums, such as at Ostrów Lednicki around the former historical settlements of the Slavs.

Although millet's cultivated area is much smaller than that of wheat, rice and corn, which account for about 60% of the world's crops, its importance in human and animal food production is increasingly recognized. This is because it has a favorable nutritional composition and high suitability in the category of healthy gluten-free foods with a low glycemic index, which is gaining importance in view of the growing diseases of civilization associated with poor diet. Due to their adaptability to harsh climatic conditions, these plants are among the crops highly resistant to abiotic stress. In addition to its current role as a staple food for poor societies – living in marginal agricultural regions. Nowadays millet is also gaining a new role for urban residents – interested in a healthy diet, as a nutritious and healthy food alternative to gluten-containing wheat. Particularly since, in an era of high chemicalization of agriculture, these crops do not require the use of pesticides, so they can be an ingredient in organic food and are important as a genetic resource for food security.

Wstęp

Na całym świecie proso włoskie (*Setaria italica* L.) uważane jest za gatunek o potencjalnie żywieniowym. Ziarno tego zboża jest bogate w korzystne dla zdrowia składniki odżywcze, dzięki czemu może być wykorzystywane jako żywność i pasza. Bogactwo jego składników odżywczych i związków fenolowych endogennych, a ponadto fakt, iż zostało zaliczone do roślin bezglutenowych jest dobrym wskaźnikiem przy wyborze prosa jako składnika diety chorych na celiakię i osób z innymi nietolerancjami pokarmowymi. Biorąc pod uwagę cechy agroekologiczne prosa, jego jakość odżywczą i możliwości zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego na dużą skalę, wydaje się, że uprawy tego zboża mogą być upowszechniane na wszystkich kontynentach. Rok 2023 został ogłoszony przez FAO-UN (Food and Agriculture Organization of the United Nations – Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa) Międzynarodowym Rokiem Prosa. Roślina ta została uznana za „inteligentną uprawę”, ponieważ pomaga w dbaniu o zdrowie i odżywianiu rosnącej populacji, utrzymaniu różnorodności środowiska Planety

i utrzymaniu zrównoważonego systemu rolnego [1]. Uważa się, iż proso i otrzymane z niego produkty – ze względu na ich cenne właściwości oraz wysoką zawartość składników odżywczych – są dobre dla naszego zdrowia. Ich obecność w diecie może zapobiec niedoborom minerałów, takich jak żelazo czy cynk, a także zmniejszyć ryzyko wielu chorób, w tym nowotworowych. Z dietetycznego punktu widzenia przetwory z prosa, takie jak kasza jaglana, płatki lub mąka, które w obecnych czasach można z łatwością nabyć w każdym sklepie spożywczym, powinny być jednym z ważniejszych źródeł węglowodanów w naszej diecie. Warto je spożywać nawet kilka razy w tygodniu, gdyż są bogate w lecytynę, która zmniejsza ryzyko występowania chorób układu krążenia, obniżając stężenie cholesterolu całkowitego i trójglicerydów we krwi, a co więcej – zapobiegają powstawaniu zakrzepów, będą też zatem korzystne dla osób z nadciśnieniem. Regularne spożywanie produktów wytwarzanych z tego zboża wpływa korzystnie na funkcjonowanie organizmu, gdyż działają one prewencyjnie względem niektórych chorób, w tym cywilizacyjnych. Proso wykazuje działanie jako probiotyk, ma właściwości antyoksydacyjne, wzmacnia ściany naczyń krwionośnych, zwiększa uczucie sytości po posiłku i chroni przed chorobami przewodu pokarmowego. Z uwagi na szerokie możliwości wykorzystania produktów pozyskiwanych z prosa w kuchni zboże to polecane jest zarówno dla dzieci, dorosłych, jak i osób starszych. Znajduje zastosowanie w diecie lekkostrawnej, wegetariańskiej i wegańskiej.

Charakterystyka prosa

Proso należy do tej samej rodziny (*Poaceae*) co najpowszechniej uprawiane zboża: ryż (*Oryza sativa* L.), pszenica (*Triticum aestivum* L.), kukurydza (*Zea mays* L.) i sorgo (*Sorghum bicolor* L.). Termin „proso” używane jest nie tylko w odniesieniu do prosa zwyczajnego lub właściwego (*Panicum miliaceum* L.), z którego uzyskujemy coraz popularniejszą u nas kaszę jaglaną, ale obejmuje bardzo liczną i zróżnicowaną grupę jednorocznych roślin zbożowych, które charakteryzują się małymi nasionami [2]. Należą do nich trawy pastewne i – używane do produkcji biopaliw oraz jako pokarm dla ludzi, głównie na mąki – kasze i pasze dla zwierząt. Są to m.in.: proso włoskie, nazywane też włosnica ber (*Setaria italica*), proso perłowe (*Pennisetum americanum*), proso kodo (*Paspalum scorbiculatum*), proso Barneard (*Echinochloa* sp.), proso japońskie, tzw. pajza (*Echinochloa frumentacea*), proso podwórkowe (*Echinochloa crus-galli*), proso małe (*Panicum sumatrense*), teff – miłka abisyńska (*Eragrostis tef*), fonio (*Digitaria exilis*), proso brunatne (*Urochloa ramosa*) proso jerozolimskie, inaczej łzawica ogrodowa (popularnie zwana łzami Hioba) (*Coix lacryma-jobi*) czy proso palczaste – afrykańskie (*Eleusine coracana*), z którego ludność Afryki wypieka chleb i produkuje piwo [3, 4] (Rysunek 1).



Rysunek 1. Przykłady prosa: a1, a2 – proso perłowe (*Pennisetum glaucum*); b1, b2 – proso palczaste (*Eleusine coracana*); c1, c2 – małe proso (*Panicum sumatrense*); d1, d2 – proso kodo (*Paspalum scrobiculatum*); e1, e2 – sorgo (*Sorghum bicolor*); f1, f2 – proso właściwe (*Panicum miliaceum*); g1, g2 – proso włoskie (*Setaria italica*).

Figure 1. Examples of millets: a1, a2 – pearl millet (*Pennisetum glaucum*); b1, b2 – finger millet (*Eleusine coracana*); c1, c2 – litle millet (*Panicum sumatrense*); d1, d2 – kodo millet (*Paspalum scrobiculatum*); e1, e2 – sorgum (*Sorghum bicolor*); f1, f2 – proso millet (*Panicum miliaceum*); g1, g2 – foxtail millet (*Setaria italica*).

Źródło: [38].

Source: [38].

Jeśli chodzi o cechy agroekologiczne, proso cechuje wysoka efektywność wykorzystania wody i azotu, co pozwala mu na adaptację w sytuacji ograniczonej ilości wody [5]. Proso jest odporne na stres, dzięki czemu może być uprawiane na glebie o niskiej jakości [6]. Gatunek ten może rosnąć zarówno na obszarach podmokłych lub wilgotnych, jak i w regionach, gdzie panuje susza [7]. Proso zapewnia spożywającej je ludności większość zapotrzebowania na energię i składniki odżywcze, szacunkowo daje bowiem bardzo dużą ilość węglowodanów w diecie (60–70%), a także błonnik pokarmowy (12–20%), białko (6–9%), niewielką ilość tłuszczu (1,5–5%) i znaczną ilość minerałów (2–4%) [8].

Ziarno prosa stanowi wysoce odżywczy surowiec spożywczy, zawiera bowiem dużo błonnika pokarmowego, niezbędnych kwasów tłuszczowych, minerałów, takich jak: potas, magnez, wapń, żelazo, mangan, a także witaminy, głównie kompleks witamin z grupy B. Karotenoidy występujące w ziarnie prosa cechują się bardzo wysoką komórkową aktywnością antyoksydacyjną, porównywalną do owoców i warzyw. Rośliny te zawierają wiele endogennych związków fenolowych, takich jak: kwas kawowy, kwas chlorogenowy, kwas ferulowy, które są korzystne dla zdrowia ludzkiego [9, 10]. Ziarno tego gatunku jest bezglutenowe, uważane jest za jedno z najbardziej odpowiednich ziaren dla osób z celiakią i innymi schorzeniami jelit związanymi z nietolerancją glutenu. Proso jest bardzo łagodne dla układu trawiennego, a także ma właściwości prebiotyczne, a zatem wspiera zdrową mikroflorę jelitową. Ze względu na te właściwości, a także wysoką zawartość błonnika potrawy wytwarzane z tego zboża pomagają również zapobiegać zaparciom i innym dolegliwościom trawiennym [11]. Ponadto spożywanie prosa może pomóc w zwalczaniu wielu chorób, takich jak: cukrzyca czy choroby układu krążenia – poprzez utrzymywanie odpowiedniego ciśnienia krwi i poziomu cukru [12].

Zalety żywieniowe tego gatunku powinny zapewnić mu właściwą pozycję wśród upraw alternatywnych i w odniesieniu do innych upraw zbożowych. Jednak z powodu braku zainteresowania ze strony rolników i konsumentów proso przez długi czas nazywane było „utraconą uprawą”. W ostatnich latach wyzwania związane ze zrównoważoną produkcją żywności, zmianami klimatycznymi i niedoborem wody, w połączeniu z przeludnieniem, sprawiły, iż zwiększyło się zainteresowanie tym gatunkiem [13].

Proso alternatywą dla pszenicy

W dawnych czasach proso było szeroko uprawiane jako tradycyjny gatunek na obszarach niemalże całego świata, jednak wprowadzenie upraw dochodowych ograniczyło jego uprawę do określonych rejonów [14]. Obecnie pszenica, ryż i kukurydza stanowią 60% wszystkich podstawowych upraw, czego efektem jest monotonna dieta. Ten brak różnorodności pokarmów zwiększa również ryzyko zakłóceń w produkcji i dostawach pożywienia w czasie klęsk żywiołowych, takich jak ostatnia pandemia COVID-19 czy działania wojenne. W porównaniu z innymi roślinami, zwłaszcza zbożowymi, proso ma wiele unikalnych cech, takich jak tolerancja na stresy abiotyczne (np. suszę i zasolenie), łatwość uprawy przy niskim zapotrzebowaniu na nawozy oraz możliwość uprawy na glebach nieurodzajnych. Co ważne, proso to gatunek należący do roślin C₄, a zatem takich, które mogą przekształcać CO₂ w węglowodany z wyższą wydajnością fotosyntezy niż rośliny C₃ [2, 15].

Proso – jako pokarm wysoce odżywczy, niekwasotwórczy, bezglutenowy, o niskim indeksie glikemicznym (IG) i posiadający wiele właściwości dietetycznych – ma ogromny potencjał do zastąpienia w diecie tradycyjnych, powszechnie spożywanych zbóż. Jest to zboże bogate w przyjazny dla jelit błonnik pokarmowy. Zawiera fenole i lecytynę, które wzmacniają serce i układ krwionośny oraz układ immunologiczny, pomagają w obniżaniu poziomu cholesterolu. Spożywanie produktów pochodzących z prosa może przyczynić się do zmniejszenia poziomu cholesterolu oraz złagodzenia symptomów w chorobach sercowo-naczyniowych [16]. Proso jest kojące, lekkostrawne i wspiera zdrowie mikroflory jelitowej, co sprawia, że działa podobnie jak prebiotyki [17]. Według R. Kunchala i wsp. [18], którzy analizowali pro- i prebiotyczne efekty spożywania produktów z prosa, wykorzystanie tego zboża jako prebiotyku jest dopuszczalne i bardzo korzystne. Natomiast C.M. Mancebo i wsp. [19] opracowali wiele bezglutenowych produktów spożywczych funkcjonalnych na bazie prosa, w tym makaron, ciasteczka, pieczywo itp., które są stosowane u osób z nietolerancją glutenu i wzmacniają skład odżywczy spożywanych posiłków o witaminy i minerały z ziaren tego zboża.

Niestety, rośliny te, należące do upraw charakteryzujących się stosunkowo małymi nasionami, nadal są określane jako „uprawy niewykorzystane”, a to z racji ich niedostatecznej popularności wśród rolników, jak i konsumentów. Proso najpowszechniej uprawiane jest w regionach suchych i półpustynnych, gdzie gleby są mało żyzne, opady są ograniczone, zaś pola narażone są na niewielkie ataki szkodników. Należy podkreślić, że pokarmy z tych upraw są wysoce bogate w składniki odżywcze i mają potencjał do zróżnicowania diety. Mogą przyczyniać się do uzupełniania niedoborów żywnościowych nie tylko w społecznościach marginalnych, ale także w bogatych społeczeństwach, coraz częściej dotkniętych chorobami cywilizacyjnymi [13, 20, 21].

Proso włoskie

Proso włoskie (*Setaria italica* L.) należy do rodzaju *Setaria* z rodziny *Poaceae*. To jeden z gatunków najwcześniej uprawianych roślin na świecie, którego kultywację rozpoczęto około 10 tys. lat temu w Azji [21, 22]. Uważa się, że wywodzi się od dzikiego gatunku wyczyńca zielonego (*Setaria viridis*) [23]. Jest to druga co do wielkości upraw roślina uprawna na świecie, wykorzystywana głównie jako pożywienie w półpustynnych tropikach Azji i w Afryce Północnej oraz jako pasza w Europie, Ameryce Północnej oraz Australii [24]. Gatunek ten znany jest w Polsce jako włosznica ber, czumiza lub proso pałkowe. Tworzy smukłe, wyprostowane, ulistnione łodygi o znacznej wysokości. Łodyga jest bardzo gruba, ma nawet 1 cm średnicy, wzniesiona, osiąga wysokość od 30 do 150 cm, zaś wiecha osiąga długość od 4 do 30 cm, kwitnie w okresie od lipca do września. Kłoski mają od 2 do 3 mm długości.

Ziarniak może mieć do 1,8 mm średnicy, jest kulisty. Nasiona znajdują się w kłoso-watych, ściśniętych wiechach przypominających żółto-pomarańczowy ogonek, stąd pochodzi angielska nazwa *foxtail* – lisi ogon. Małe i wypukłe nasiona są zamknięte w kolorowych łupinach, których kolor zależy od odmiany [25, 26] (Rysunek 1, 2).



Rysunek 1. Wiechy prosa włoskiego.

Figure 1. Foxtail millet panicles.

Źródło: [26].

Source: [26].

Na przestrzeni wieków w uprawach na ziemiach Polski dominowały zboża: pszenica, proso, żyto, owies i jęczmień [27]. Z materiałów historycznych, które dokumentują roślinność z czasów wczesnego średniowiecza z różnych regionów Polski, wynika, że było to przede wszystkim proso (prawie we wszystkich wykopaliskach najczęściej odnajdywano właśnie to zboże). W materiale badawczym z Ostrowa Lednickiego znaleziono największe dotychczas ilości prosa zwęglonego – ziarno z plewkami oraz kaszę jaglaną [28]. Według M. Dembińskiej [29] najstarszą odmianą prosa jest właśnie włosznica ber (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) (Rysunek 2). W epoce neolitu na ziemiach polskich uprawiano przede wszystkim proso właściwe (*Panicum miliaceum*) i ber (*Setaria italica*). Współcześnie beru prawie w ogóle się już nie uprawia. W XX w. uprawy tego zboża zostały odnotowane przez K. Moczyńskiego w kilku punktach Polski i Białorusi, m.in. na Polesiu. Jeszcze w XIX w. proso zwyczajne hodowano na całej Słowiańszczyźnie, poza północno-zachodnimi kresami, oraz w zachodniej i środkowej Europie [27]. Proso dobrze obradzało nawet podczas lat nieurodzaju, na co wskazują materiały źródłowe z 1124 r.: „nastąpił pomór wołów, owiec i świń, wymarło dużo pszczół i był wielki brak miodu, nie obrodziły także zboża zarówno ozime, jak i jare z wyjątkiem prosa i grochu” [30, 31].



Rysunek 2. Proso włoskie uprawiane w warunkach polowych: a – w pełni rozwinięte rośliny prosa z kwiatostanami, b – wiecha, c – dojrzałe nasiona.

Figure 2. Italian millet grown under field conditions: a – fully developed millet plants with inflorescences, b – panicles, c – mature seeds.

Źródło: [47].

Source: [47].

Zalety uprawowe i odżywcze prosa

Proso, będąc rośliną fotosyntetyczną C₄, jest naturalnie wyposażone we właściwe cechy morfofizjologiczne, w tym specyficzny system korzeniowy, mniejszą powierzchnię liści i grube ściany komórkowe, które dają tym roślinom trwałą tolerancję na szereg czynników abiotycznych – głównie suszę, upał i zasolenie [32–36]. Roślina ta ma duże wymagania termiczne i świetlne, a bardzo małe wilgotnościowe. W stosunku do bardziej wymagających roślin ziarna prosa potrzebują tylko 26% wody do kiełkowania, podczas gdy inne główne zboża, takie jak ryż, pszenica i kukurydza, wymagają minimum 45% wilgotności. Podobnie aby wyprodukować 1 g suchej biomasy prosa, potrzebne jest tylko 257 g wody, co jest wartością minimalną, biorąc pod uwagę inne zboża. Pszenica i kukurydza wymagają odpowiednio 470 i 510 g wody [34].

Korzyści wynikające z uprawy i spożywania prosa znane są od tysięcy lat. Ziarna tego zboża to bogate źródło składników odżywczych. Mogą z pewnością w diecie bezglutenowej zastąpić ryż czy ziemniaki. W związku z tym regularne spożywanie produktów takich jak kasza jaglana, mąka czy płatki jaglane korzystnie wpływa na stan zdrowia i samopoczucie człowieka. W ostatnich latach zainteresowanie kaszą jaglaną znacznie wzrosło, jednak nie każdy wie, że pozyskuje się ją właśnie z prosa. Z kolei mąka jaglana może posłużyć jako zamiennik tradycyjnej mąki pszennej lub żytniej. Znajdzie zastosowanie w przygotowaniu pieczywa, ciast i ciastek, naleśników, gofrów, a także może służyć jako zagęstnik zup i sosów. Płatki jaglane można traktować jako alternatywę dla płatków owsianych i stosować je zamiennie. Nie zawierają glutenu, więc mogą stanowić zamiennik innych płatków dla osób chorujących na celiakię. Podobnie jak inne produkty tego typu, mogą służyć do przygotowywania ciastek i różnego rodzaju deserów, przekąsek czy też roślinnych napojów wysokobiałkowych, np. tzw. mleka jaglanego.

Proso jako surowiec od dawna jest cenione przez wegetarian ze względu na wysoką zawartość białka. Ma również niski indeks glikemiczny i zawiera lignany, które mogą pomóc zmniejszyć ryzyko chorób serca. Produkty uzyskiwane z prosa są bogate w niezbędne dla organizmu ludzkiego aminokwasy, kwasy tłuszczowe i minerały oraz są lekkostrawne i pozbawione alergizującego glutenu, co jest szczególnie ważne dla osób z celiakią i innymi schorzeniami jelitowymi [37, 38]. Zawierają dużą ilość białka, błonnika pokarmowego, witamin, magnezu, wapnia, żelaza, miedzi, a także poprawiają odporność na choroby [39]. Jest to surowiec niekwasotwórczy i niekleisty, więc lekkostrawny. Zwiększa uwalnianie cukrów w organizmie bez spowalniania metabolizmu, naprawia komórki i tkanki organizmu, zapobiega tworzeniu się kamieni żółciowych, może zapobiegać chorobom sercowo-naczyniowym i rakowi piersi w okresie przedmenopauzalnym [40]. Zawiera katechinę, kwercetynę, apigeninę, kemferol i pomaga w zwalczaniu cukrzycy, chorób sercowo-naczyniowych oraz obniża poziom cholesterolu i trójglicerydów. Ze względu na wysoką zawartość magnezu proso zostało uznane za pokarm wspomagający pracę serca [41]. Lin i wsp. [42] donieśli, że zboże to ma działanie przeciwwrzodowe oraz przeciwutleniające i chroni błonę śluzową żołądka. Działa przeciwbakteryjnie, przeciwnowotworowo i pomaga w detoksykacji organizmu [38]. Według Kunachowicz 100 g kaszy jaglanej dostarcza: 346 kcal; 10,5 g białka; 2,9 g tłuszczu; 71,6 g węglowodanów oraz 3,2 g błonnika [43]. Ponadto zawiera stosunkowo dużą ilość witamin z grupy B: 0,73 mg tiaminy; 0,38 mg ryboflawiny; 2,3 mg niacyny na 100 g produktu [43]. W porównaniu do popularnego w naszym kraju ryżu białego w kaszy jaglanej występuje dwukrotnie więcej potasu, cynku i fosforu, aż sześciokrotnie więcej żelaza i prawie ośmiokrotnie więcej magnezu [43].

Proso w uprawie jest odporne na choroby i może rosnać bez zabezpieczenia w postaci oprysku pestycydami, co ma znaczenie w prowadzeniu upraw ekologicznych. Nie wymaga fumigantów, a niektóre gatunki, np. proso włoskie, samo działa jak środek przeciw szkodnikom w warunkach przechowywania ryżu i roślin strączkowych [38]. Roślina ta, należąca do grupy roślin C4, może również posłużyć jako model do badań nad odpornością roślin na stres w warunkach hodowli czy przyczynić się do poszerzenia upraw roślin wysokoenergetycznych, służących do produkcji biopaliw – wykazuje bowiem takie właściwości, dystansując inne rośliny z grupy C4. Dzięki nowoczesnym technikom z zakresu biochemii i genetyki rośliny te zarówno są badane pod kątem ich pochodzenia filogenetycznego, jak i ulepszone na drodze postępu hodowlanego, gdyż posiadają wiele korzystnych cech, branych pod uwagę w tego typu badaniach naukowych [44–48] (Rysunek 3).



Rysunek 3. Proso włoskie może służyć jako wzorcowy model zboża wykorzystywanego w różnych dziedzinach życia, takich jak: rolnictwo, dietetyka, ekologia itp., oraz zapewniać bezpieczeństwo żywieniowe i zdrowotne.

Figure 3. Italian millet can serve as a model system in various fields of life, such as agriculture, dietetics, ecology, etc. also ensure security nutrition and health.

Źródło: [48].

Source: [48].

Podsumowanie

Rozpowszechnianie upraw prosa może przyczynić się do budowania bezpieczeństwa żywnościowego, gdyż czynniki zewnętrzne (tj. klimat, opady deszczu czy choroby), które wpływają na produktywność, mają mniejszy wpływ na jego uprawy w porównaniu z głównymi zbożami. Chociaż powierzchnia produkcji i plony prosa są znacznie mniejsze niż w przypadku głównych zbóż, proso mogłoby zapewnić lepszy zysk oraz stosunek korzyści do kosztów uprawy. Niewątpliwą zaletą jego uprawy jest wysoka jakość uzyskanej z tego zboża żywności oraz brak konieczności przeprowadzania oprysków chemicznych obsianych nim pól. Obecnie ma to duże znaczenie, gdyż wiele osób jest uczulonych na środki ochrony roślin i poszukuje produktów pochodzących z rolnictwa ekologicznego. Proso ma wysoką wartość odżywczą oraz dobry smak i odpowiednią konsystencję, które są uważane za podstawowe cechy preferencji konsumentów. Jest to zboże bezglutenowe o wysokiej wartości odżywczej i dobrej przyswajalności. Warto propagować rozwój tradycyjnego rolnictwa opartego na pradawnych gatunkach zbóż, nazywanych relikwami i uprawianych od czasów Słowian, również w naszej szerokości geograficznej. Ogłoszenie roku 2023 Rokiem Prosa to wyraźna próba przywrócenia go do upraw na całym świecie jako rezerwuaru żywności.

Literatura

- [1] Home International Year of Millets, 2023, Food and Agriculture Organization of the United Nations (fao.org), Home, International Year of Millets 2023, Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.fao.org/home/en/> (dostęp 13.07.2023).
- [2] Muthamilarasan M., Prasad M., Small millets for enduring food security amidst pandemics, *Trends Plant Science*, 2021, 26(1), s. 33–40.
- [3] Dwivedi S., Upadhyaya H., Senthilvel S., Hash C., Fukunaga K., Diao X., Santra D., Baltensperger D., Prasad M., Millets: genetic and genomic resources, *Plant Breeding Reviews*, 2012, t. 35, (red.) J. Janick, s. 247–375.
- [4] Reiner H., Proso uprawiane w różnych regionach świata, *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 2017, 6(6), s. 34.
- [5] Feldman M.J., Paul R.E., Banan D., Barrett J.F., Sebastian J., Yee M.C., Jiang H., Lipka A.E., Brutnell T.P., Dinneny J.R., Leakey A.D.B., Baxter I., Components of water use efficiency have unique genetic signatures in the model C4 grass *Setaria*, *Plant Physiology*, 2018, 178, s. 699–715.
- [6] Malathi B., Appaji C., Reddy G.R., Dattatri K., Sudhakar N., Growth pattern of millets in India, *Indian Journal of Agricultural Research*, 2016, 50(4), s. 382–386.
- [7] Michaelraj P.S.J., Shanmugam A., A study on millets based cultivation and consumption in India, *International Journal of Marketing, Financial Services and Management Research*, 2013, 2(4), s. 49–58.

- [8] Annor G.A., Tyl C., Marccone M., Ragaee S., Why do millets have slower Starch and protein digestibility than other cereals?, Trends Food Science Technology, 2017, 66, s. 73–83.
- [9] Zhang L., Li R., Niu W., Phytochemical and antiproliferative activity of proso millet, PLOS ONE, 2014, 9(8), 104058.
- [10] Zhang L.Z., Liu R.H., Phenolic and carotenoid profiles and antiproliferative activity of foxtail millet, Food Chemistry, 2015, 174, s. 495–501.
- [11] Thakur M., Significance of prebiotics, probiotics and synbiotics as health potentiators, Food Science Journal, 2016, 7(2), s. 327–334.
- [12] Ambati K., Sucharitha K.V., Millets – review on nutritional profiles and health benefits, International Journal of Recent Scientific Research, 2019, 10(7), s. 33943–33948.
- [13] Padulosi S., Hodgin, T., Williams J.T., Haq, N., Underutilized Crops: Trends, Challenges and Opportunities in the 21st century, Managing Plant Genetic Diversity, 2002, (red.) J.M.M. Engels, Rao V. Ramanatha, A.H.D. Brown and M.T. Jackson, s. 323–338.
- [14] Goron T.L., Raizada M.N., Genetic diversity and genomic resources available for the small millet crops to accelerate a new green revolution, Frontiers in Plant Science, 2015, 6, s. 157.
- [15] Rodríguez J.P., Rahman H., Thushar S., Singh R.K., Healthy and resilient cereals and pseudo-cereals for marginal agriculture: molecular advances for improving nutrient bioavailability, Frontiers in Genetics, 2020, 11, s. 49.
- [16] Rao B.D., Ananthan R., Hariprasanna K., Bhatt V., Rajeswari K., Sharma S., Tonapi V.A., Nutritional and health benefits of nutri cereals. Rajendranagar, Hyderabad: Nutri hub TBI, ICAR Indian Institute of Millets research (IIMR), Telangana 2018.
- [17] Banerjee D.P., Chowdhury R., Bhattacharya P., Sustainability of the probiotic lactobacillus casei in fortified indian milk cakes under different preservation conditions-effects of co-immobilization of *L. casei* and commercial prebiotic inulin (chicory based) and millet inulin, International Journal of Pharmaceutics and Pharmaceutical Sciences, 2017, 9(1), s. 152–157.
- [18] Kunchala R., Banerjee R., Mazumdar S.D., Durgalla P., Srinivas V., Gopalakrishnan S., Characterization of potential probiotic bacteria isolated from sorghum and pearl millet of the semi-arid tropics, African Journal of Biotechnology, 2016, 15(16), s. 613–621.
- [19] Mancebo C.M., Picón J., Gómez M., Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies, LWT – Food Science and Technology, 2015, 64(1), s. 264–269.
- [20] Dawson I.K., Powell W., Hendre P., Bančič J., Hickey J.M., Kindt R., Hoad S., Hale I., Jamnadass R., The role of genetics in mainstreaming the production of new and orphan crops to diversify food systems and support human nutrition, New Phytology, 2019, 224, s. 37–54.
- [21] Fuller D.Q., Korisettar R., Venkatasubbaiah P.C., Jones M.K., Early plant domestications in Southern India: some preliminary archaeobotanical results, Vegetation History And Archaeobotany, 2004, 13, s. 115–129.
- [22] Lu H., Zhang J., Liu K.B., Wu N., Li Y., Zhou K., Ye M., Zhang T., Zhang H., Yang X., Shen L., Xu D., Li Q., Earliest domestication of common millet (*Panicum miliaceum*) in East Asia extended to 10,000 years ago, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2009, 106, s. 7367–7372.

- [23] Jia G., Shi S., Wang C., Niu Z., Chai Y., Zhi H., Diao X., Molecular diversity and population structure of Chinese green foxtail [*Setaria viridis* (L.) Beauv.] revealed by microsatellite analysis, *Journal of Experimental Botany*, 2013, 12(64), s. 3645–3655.
- [24] Austin D., Fox-tail millets (*Setaria: Poaceae*): abandoned food in two hemispheres, *Economic Botany*, 2006, 60, s. 143–158.
- [25] Baker R.D., Millet production-guide A-414, New Mexico State University, College of Agriculture and Home Economics, Las Cruces 2003.
- [26] Wirtualny atlas roślin: Włośnica ber, *Setaria italica* (atlas.roslin.pl), <https://atlas.roslin.pl/plant/9601> (dostęp 15.07.2023).
- [27] Moszyński K., Kultura ludowa Słowian, t. 1, Kultura materialna, Książka i Wiedza, Warszawa 1967.
- [28] Klichowska M., Z badań nad roślinami uprawnymi Polski wczesnośredniowiecznej, *Dawna Kultura*, 1955, 1, s. 22–30.
- [29] Dembińska M., Konsumpcja żywnościowa w Polsce średniowiecznej, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław-Warszawa-Kraków 1963.
- [30] Teterycz-Puzio A., Kronikarzy rozkosze stołu: przyjemność – umiar – czy niezbędna potrzeba? Jedzenie w świetle wybranych kronik środkowoeuropejskich z XI–XIV wieku, [w:] *Historia naturalna jedzenia. Między antykiem a XIX wiekiem*, (red.) B. Możejko, E. Barylewska-Szymańska, Gdańsk 2012, s. 33–43.
- [31] Renn K., Uprawa roślin przy zagrodzie na Ostrowie Lednickim, *Studia Lednickie*, 2013, 12, s. 127–142.
- [32] Lata C., Gupta S., Prasad M., Foxtail millet: a model crop for genetic and genomic studies in bioenergy grasses, *Critical Review of Biotechnology*, 2013, 33(3), s. 328–343.
- [33] Jaiswal V., Gupta S., Gahlaut V., Muthamilarasan M., Bandyopadhyay T., Ramchiary N., Manoj P.M., Genome-Wide Association study of Major Agronomic traits in Foxtail Millet (*Setaria italica* L.) Using ddRAD sequencing, *Scientific Reports*, 2019, 9, s. 5020.
- [34] Diao X., Schnable J., Bennetzen J., Li J. Initiation of *Setaria* as a model plant, *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 2014, 1, s. 16–20.
- [35] Yang X., Wan Z., Perry L., Lu H., Wang Q., Zhao C., Li J., Xie F., Yu J., Cui T., Wang T., Li M., Ge Q., Early millet use in northern China, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(10), s. 3726–3730.
- [36] Bettinger R.L., Barton L., Morgan C., The origins of food production in north China: a different kind of agricultural revolution, *Evolutionary Anthropology*, 2010, 19(1), s. 9–21.
- [37] Lu H.E., Zhang B., Wang X., Hongying L.I., Han Y., Foxtail millet: nutritional and eating quality, and prospects for genetic improvement, *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 2015, 2(2), s. 124–33.
- [38] Thakur M., Tiwari P., Millets: the untapped and underutilized nutritious functional foods, *Plant Archives*, 2019, 19(1), s. 875–883.
- [39] Rao B.D., Ananthan R., Hariprasanna K., Bhatt V., Rajeswari K., Sharma S., Tonapi V.A., Nutritional and health benefits of nutri cereals. Rajendranagar, Hyderabad: Nutri hub TBI, ICAR Indian Institute of Millets research (IIMR), 2018.
- [40] Gupta A., Sood S., Agrawal P.K., Bhatt J.C. Under-utilized food crops of Himalayan region: Utilization and prospective, [w:] *Newer Approaches To Biotechnology*, Narendra Publishing House, red. Kambaska Kumar Behera, 2013, s. 101–120.

- [41] Saini S., Saxena S., Samtiya M., Puniya M., Dhewa T., Potential of underutilized millets as Nutri-cereal: an overview, *Journal of Food Science and Technology*, 2021, 58(12), s. 4465-4477.
- [42] Lin H.C., Sheu S.Y., Sheen L.Y., Sheu P.W., Chiang W., Kuo T.F., The gastroprotective effect of the foxtail millet and adlay processing product against stress-induced gastric mucosal lesions in rats, *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 2020, 10(4), s. 336–344.
- [43] Kunachowicz H., Wartość odżywcza produktów i potraw. Dieta bezglutenowa – co wybrać?, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2017, s. 82–83.
- [44] Doust A.N., Kellogg E.A., Devos K.M., Bennetzen J.L., Foxtail millet: a sequence-driven grass model system, *Plant Physiology*, 2009, 149(1), s. 137–141.
- [45] Brutnell T.P., Wang L., Swartwood K., Goldschmidt A., Jackson D., Zhu X.G., Kellogg E.A., Van Eck J., *Setaria viridis*: a model for C4 photosynthesis, *Plant Cell*, 2010, 22(8), s. 2537–2544.
- [46] Li P., Brutnell T.P., *Setaria viridis* and *Setaria italica*, model genetic systems for the Panicoid grasses, *Journal of Experimental Botany*, 2011, 62(9), s. 3031–3037.
- [47] Singh R.K., Muthamilarasan M., Prasad M., Foxtail Millet: An Introduction, [w]: The Foxtail Millet Genome. *Compendium of Plant Genomes*, (red.) M. Prasad, Springer, Cham 2017.
- [48] Singh R.K., Prasad M., Foxtail Millet: A climate-resilient crop species with potential to ensure food and agriculture security amidst global climate change, *International Journal of Plant and Environment*, 2020, 6, s. 165–169.



Państwowa Akademia
Nauk Stosowanych
w Krośnie

STUDIA LICENCJACKIE i INŻYNIERSKIE

Państwowa
Akademia
Nauk Stosowanych
w Krośnie zaprasza
do studiowania
na kierunkach

- inżynierskich
- humanistycznych
- kultury fizycznej
- pielęgniarstwa



- Kształcimy na bezpłatnych studiach stacjonarnych
- Praktyczny profil kształcenia
- Wysokie miejsca w konkursach i rankingach ogólnopolskich i regionalnych
- Nowoczesna baza dydaktyczna i sportowa
- Możliwość realizacji pasji naukowych (koła naukowe), artystycznych i sportowych (AZS)
- Możliwość studiowania na ponad 60 partnerskich uczelniach zagranicznych w 19 krajach
- Wewnętrzny Ośrodek Egzaminacyjny British Council
- Uczelnia przyjazna dla osób niepełnosprawnych

Nasze studia
Nasza przyszłość

Samorząd
Studencki
PANS
w Krośnie

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



WWW.PANS.KROSNO.PL

