

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

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

Bernadetta Bienia, Małgorzata Mrocza, 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, mrówkowy), 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: sambunigryna i sambucyna [2].

Antocyjaniny oraz flawonoidy mogą przyczyniać się do zmniejszenia ryzyka chorób układu krążenia, nowotworowych, zapalnych oraz cukrzycy. Ponadto czarna bez może przeciwdziałać otyłości, poprzez obniżanie popoślukowego 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, antyalergiczenie, przeciwzapalnie, przeciwmiażdżycowo, przeciwbakteryjnie i kardioprotekcyjnie [4–6].

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

Flawonoidy są ważnym źródłem antyoksydantów ze względu na ich wysoki potencjał redoks, który umożliwia ich 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 CH<sub>3</sub>COONa × 3H<sub>2</sub>O). 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 ślepe próby. 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-Ciocalteu (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-difenylo-1-pikrylohydrazyl) jest stabilnym rodnikiem o niesparowanym elektronie na po-

włóce walencyjnej. Jego roztwór ma intensywnie purpurową barwę, a maksimum absorbancji 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 metanolem z roztworem DPPH. Tak sporządzone roztwory wymieszano i zabezpieczono przed dostępem światła. Po 5 min zmierzono absorbancję przy długości fali maksimum 517 nm z zastosowaniem ślepej próby. Dla każdego badanego produktu wykonano trzy powtórzenia pomiaru.

Na podstawie uzyskanych wartości absorbancji 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 (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<sup>-1</sup> (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 <sup>-1</sup> ]	Polifenole ogółem [mg GAE·100 ml <sup>-1</sup> ]	Zdolność neutralizowania rodnika DPPH [mg DPPH·100 ml <sup>-1</sup> ]
T-1	2,20 ± 0,03 <sup>b</sup>	16,59 ± 1,06 <sup>a</sup>	19,20 ± 0,18 <sup>b</sup>
T-2	3,90 ± 0,31 <sup>a</sup>	39,31 ± 1,02 <sup>b</sup>	42,02 ± 0,05 <sup>a</sup>
S-1	1,22 ± 0,01 <sup>c</sup>	9,89 ± 0,33 <sup>c</sup>	14,11 ± 0,50 <sup>ce</sup>
S-2	0,75 ± 0,03 <sup>d</sup>	10,14 ± 0,79 <sup>c</sup>	11,16 ± 0,57 <sup>d</sup>
S-3	0,56 ± 0,02 <sup>e</sup>	10,11 ± 0,55 <sup>c</sup>	13,48 ± 0,35 <sup>e</sup>
S-4	0,78 ± 0,01 <sup>d</sup>	11,25 ± 0,42 <sup>c</sup>	14,61 ± 0,49 <sup>c</sup>

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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>s.m. [17], 827 mg·100 g<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>, 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. Próbka S-2 cechowała się najniższym poziomem aktywności antyoksydacyjnej, inhibując 11,16 mg DPPH·100 ml<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup> 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., Goelb 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 miódów 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.