



¹ Katedra Warzywnictwa i Zielarstwa, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, 20–280 Lublin, ul. Doświadczalna 50a, Polska
* e-mail: renata.nurzynska@up.lublin.pl

RENATA NURZYŃSKA-WIERDAK *, ANNA KRAJEWSKA

Aktywność biologiczna bzu czarnego (*Sambucus nigra* L.)

Biological activity of elderberry (*Sambucus nigra* L.)

Streszczenie. Dziki bez czarny (*Sambucus nigra* L.) jest jedną z najczęściej użytkowanych roślin zielarskich na świecie. W medycynie ludowej surowce czarnego bzu stosowane były przede wszystkim jako środki napotne, przeciwgorączkowe i moczopędne. Współcześnie udowodniono również działanie przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, przeciwdepresyjne, przeciwnowotworowe i hipoglikemizujące oraz obniżające stężenie tłuszczu i lipidów ekstraktów z bzu czarnego. Skład chemiczny kwiatów i owoców bzu czarnego jest zmienny i podlega różnym czynnikom zmienności (genetyczne, ontogenetyczne, środowiskowe, pozbiornicze). Kwiaty bzu czarnego zawierają flawonoidy, kwasy fenolowe, olejek eteryczny, kwasy organiczne, cukry i związki mineralne, podczas gdy w owocach dominują antocyjany. Bogaty skład chemiczny surowców bzu czarnego oraz ich silna aktywność biologiczna stwarzają duże możliwości zastosowania w produkcji farmaceutycznej, spożywczej i kosmetycznej.

Słowa kluczowe: *Sambuci flos*, *Sambuci fructus*, flawonoidy, antocyjany, aktywność antyoksydacyjna

WSTĘP

Dziki bez czarny (*Sambucus nigra* L.) z rodziny piżmaczkowatych (*Adoxaceae*) posiada długą historię etnobotaniczną w wielu kulturach. Obecnie jest jedną z najczęściej stosowanych roślin leczniczych na świecie [Porter i Bode 2017, Barak i in. 2001, Wrońska-Pilarek i in. 2020, Ran i in. 2020, Martiś (Petruł) i in. 2021]. Ze względu na właściwości prozdrowotne i sensoryczne znajduje szerokie wykorzystanie w przemyśle farmaceutycznym, spożywczym i kosmetycznym [Młynarczyk i Walkowiak-Tomczak 2017]. W medycynie ludowej surowce bzu czarnego stosowane były przede wszystkim jako środki napotne, przeciwgorączkowe i moczopędne. W ostatnich latach udowodniono również działanie przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, przeciwdepresyjne, przeciwnowotworowe

i hipoglikemizujące oraz obniżające stężenie tłuszczu i lipidów w organizmie [Młynarczyk i in. 2018, Bartak i in. 2020]. Jako surowce zielarskie bzu czarnego uznawane są: liście, kwiaty, owoce, kora i korzenie [Zielińska-Pisklak i in. 2013, Petrut i in. 2017]. Kwiat bzu czarnego (*Sambuci flos*) został opisany w Farmakopei Polskiej XI [2017], natomiast owoc bzu czarnego (*Sambuci fructus*) w Farmakopei Polskiej IV [1970]. Aktywność farmakologiczna surowców uwarunkowana jest zawartością związków biologicznie czynnych [Cioch i in. 2017, Pliszka 2020, Marțiș (Petruț) i in., 2021], których ilość zależy od czynników wewnętrznych (uwarunkowania genetyczne, faza ontogenezy rośliny) oraz zewnętrznych (warunki środowiskowe, metoda suszenia, sposób przechowywania surowca) [Thomas i in. 2008, 2013, Petrut i in. 2017, Ferreira i in. 2020b, Marțiș (Petruț) i in. 2021].

Morfologia bzu czarnego

Gatunek występuje przeważnie jako krzew lub rzadziej niewielkie drzewo o silnie wzniesionych pędach (fot. 1). Dorasta zazwyczaj do 4–6 m wysokości, niekiedy nawet do 10 m [Stoilova i in. 2007, Ferreira i in. 2020a]. Pędy są często łukowato wygięte, z wydatnymi przetchlinkami. Mają szarawą barwę i biały porowaty rdzeń. Kora jest brązowo szara i głęboko bruzdowana. Liście bzu czarnego o długości do 30 cm są nieparzysto pierzaste (fot. 1), składają się z 5–7 ząbkowanych listków o kształcie jajowatym, jajowato-eliptycznym lub jajowato-lancetowatym. Dolna para listków znajduje się na krótkiej szypułce (4–5 mm), pozostałe są siedzące. Ogonek liściowy ma długość 3–4 cm, zawiera głęboką bruzdę w części na powierzchni doosiowej. Liść zazwyczaj nie posiada przylistków, natomiast gdy się pojawiają, są sztydłowe i małych rozmiarów. Pąki bzu czarnego są w przekroju trójkątne, pachwinowe, czerwono zabarwione, wielkości 2–3 mm [Atkinson i Atkinson 2002, Nurzyńska-Wierdak 2016]. Kwiaty, obupłciowe, odznaczają się białą lub kremowożółtą koroną [Woziwoda 2014]. Wydzielają odurzający, silny, słodkavo-mdły aromat [Nurzyńska-Wierdak 2016]. Kwiaty posiadają symetrię promienistą z 3–5 działkami kielicha, 3–5 gamopetalicznymi płatkami o długości 3–5 mm. Zawierają 3–5 wolnych pręcików z żółtymi pylnikami z trzema połączonymi szyjkami, które następnie tworzą 3 nasiona w owocu. Kwiaty zebrane są w duże, płaskie baldachogrona (fot. 1) [Woziwoda 2014, Sedláčková i in. 2018]. Mratinić i Fotirić [2007] określili, iż średnia długość kwiatostanów roślin ze stanu naturalnego wynosi od 106,7 mm do 143,2 mm, natomiast szerokość od 72,8 mm do 158,8 mm. Szypułki kwiatostanów są krótkie, owłosione, z dwoma przylistkami [Atkinson i Atkinson 2002].

Owoce bzu czarnego to jajowate, trzynasienne pestkowce o wielkości 6–8 mm (fot. 1), dojrzałe, mają barwę fioletowoczną i lśniącą powierzchnię, niedojrzałe są zielone. W jednym baldachogronie występuje po kilkadziesiąt owoców [Woziwoda 2014, Tabaszewska i in. 2015, Nurzyńska-Wierdak 2016]. Ciemna barwa owoców wynika z obecności antocyjanów, znajdujących się w wakuolach komórkowych w postaci glikozydów [Costică i in. 2019].



Fot. 1 Morfologia rośliny bzu czarnego (*Sambucus nigra* L.) [fot. A. Krajewska]
Phot. 1. The morphology of the elderberry (*Sambucus nigra*) plant [phot. A. Krajewska]

Skład chemiczny surowców bzu czarnego

Skład chemiczny kwiatów i owoców bzu czarnego, podobnie jak innych części rośliny, jest zmienny. Metabolizm rośliny oraz synteza metabolitów wtórnych jest wypadkową uwarunkowań genetycznych charakterystycznych dla danej formy/odmiany, pory kwitnienia/owocowania czy stopnia dojrzałości owoców/kwiatów. Warunki środowiskowe takie jak: światło, temperatura powietrza, wiatr, gleba, dostępność wody i składników pokarmowych mogą silnie modyfikować skład chemiczny surowca [Salvador i in. 2015, Sidor i Gramza-Michałowska 2015, Ferreira i in. 2020b].

Kwiat bzu czarnego (*Sambuci flos*)

Zgodnie z Farmakopeą Polską IX [2017] *Sambuci flos* powinien zawierać nie mniej niż 0,8% flawonoidów w przeliczeniu na izokwercytryzyd. Głównymi składnikami surowca odpowiedzialnymi za jego aktywność farmakologiczną są:

– flawonoidy (rutyna, kwercetyna, kemferol, izoramnetyna, astragalina, izokwercytryna, hyperozyd i nikotyfloryna oraz ich glikozydy) [Dawidowicz i in. 2006, Lin i Harnly 2007, Christensen i in. 2008, Kołodziej i Drożdżał 2011, Zielińska-Pisklak i in. 2013, Mikulic-Petkovsek i in. 2016],

– kwasy fenolowe (kwas chlorogenowy, di-kawoilochinowy, 3-kawoilochinowy, 4-kawoilochinowy, kawowy, p-kumarowy, galusowy, syringowy, ferulowy oraz

w niewielkich ilościach kwas p-hydroksybenzoesowy, protokatechowy, wanilinowy, salicylowy) [Celik i in. 2014, Viapiana i Wesolowski 2017, Oniszczyk i in. 2019, Vujanović i in. 2019, Kaltsa i in. 2020],

– olejek eteryczny oraz organiczne związki lotne (m.in.: tlenki różane, tlenek nerolu, hotrienol, linalol, pochodne linalolu, α -terpineol, monotereny, aldehydy alifatyczne i alkohole) [Kaack i in. 2006, Najar i in. 2021],

– kwasy organiczne (kwas jabłkowy, askorbinowy, cytrynowy, winowy, szikimowy, fumarowy, chinowy) [Mikulic-Petkovsek i in. 2016, Uzlasir i in. 2020],

– cukry (fruktoza, sacharoza, glukoza) [Uzlasir i in. 2020],

– substancje mineralne (potas, fosfor, wapń, sód, magnez, żelazo, miedź, cynk, mangan) [Młynarczyk i in. 2018, 2020].

Owoc bzu czarnego (*Sambuci fructus*)

Surowcem farmakopealnym są dojrzałe owoce, suszone w temperaturze nie wyższej niż 60°C [Farmakopea Polska IV 1970]. Do substancji aktywnych obecnych w *Sambuci fructus* należą przede wszystkim:

– antocyjany (3-sambubiozyd cyjanidyny i 3-glukozyd cyjanidyny, w mniejszych ilościach: 3-sambubiozyd-5-glukozyd cyjanidyny, 3,5-diglukozyd cyjanidyny i 3-rutynozyd cyjanidyny) [Wu i in. 2004, Lee i Finn 2007, Veberic i in. 2009, Anton i in. 2013, Duymuş i in. 2014, Olejnik i in. 2016, Džugan i in. 2019, Silva i in. 2019, Ferreira i in. 2020a],

– flawonole i ich pochodne (kwercetyna, kemferol, 3-rutynozyd kwercetyny (rutyna), 3-glukozyd kwercetyny, 3-glukozyd kemferolu, 3-rutynozyd mirycetyny) [Dawidowicz i in. 2006, Ochmian i in. 2009, Veberic i in. 2009, Mikulic-Petkovsek i in. 2012, Anton i in. 2013, Domínguez i in. 2020],

– kwasy fenolowe (kwas galusowy, kwas gentyzynowy, 4-kwas hydroksybenzoesowy, kwas wanilinowy, kwas kumarowy) [Domínguez i in. 2020],

– kwasy organiczne (kwas cytrynowy, kwas jabłkowy, kwas szikimowy, kwas fumarowy, kwas walerianowy, kwas benzoesowy, kwas winowy) [Ochmian i in. 2009, Veberic i in. 2009, Zielińska-Pisklak i in. 2013, Mikulic-Petkovsek i in. 2016],

– cukry (do 11,5% z czego 95% stanowią cukry redukujące: glukoza, fruktoza) [Mratinić i Fotirić 2007, Veberic i in. 2009],

– witaminy z grupy A i B, tokoferole oraz witamina C [Vulić i in. 2008, Akbulut i in. 2009, Jabłońska-Ryś i in. 2009],

– substancje mineralne (potas, fosfor, magnez, wapń, sód, żelazo, mangan, cynk, miedź) [Rauha i in. 2000, Koponen i in. 2007, Pliszka i in. 2020, Vulić i in. 2008, Szajdek i Borowska 2008, Diviš i in. 2015].

Liść bzu czarnego (*Sambuci folium*)

Liść bzu czarnego nie jest ujęty w Farmakopei Polskiej. Wśród składników czynnych tego surowca opisywane są:

– flawonoidy (rutyna, izokwercytryna, astragalina, glikozydy izoramnetyny, kemferolu i kwercetyny oraz naringenina) [Thomas i in. 2008, Dawidowicz i in. 2006, Senica i in. 2016],

- kwasy fenolowe (kwas chlorogenowy, pochodne kwasu p-kumarowego, kawowego, ferulowego) [Thomas i in. 2008, Senica i in. 2016],
 - śluz [Waszkiewicz-Robak i Biller 2018],
 - białko (3,3% s.m), w tym aminokwasy takie jak: kwas glutaminowy, alanina, kwas asparaginowy, prolina, glicyna, izoleucyna, seryna, lizyna, treonina, arginina, walina, fenyloalanina, leucyna, tyrozyna, metionina, histydyna [Kislichenko i Velma 2006]
 - witaminy (α -, β -, γ -tokoferole, stanowiące odpowiednio 313; 8,1 i 2,9 $\mu\text{g/g}$ suchej masy) oraz witamina C (200–300 mg/100 g) [Barros i in. 2011, Tabaszewska i in. 2015].
- Niedojrzałe lub nieprzetworzone organy *S. nigra* zawierają glikozydy cyjanogenne, m.in. sambunigrinę, prunazynę, holokalinę i jej acetylową pochodną [DellaGreca i in. 2000, Vlachoianis i in. 2010]. Substancje te, ulegając hydrolizie w przewodzie pokarmowym, rozkładane są do aldehydu oraz cyjanowodoru, który powoduje efekt toksyczny [Bolarinwa i in. 2014]. Senica i in. [2016] udowodnili, iż liście bzu czarnego charakteryzują się największą zawartością sambunigriny (27,68–209,61 $\mu\text{g/g}$ św. m) Mniejszą ilość tych związków stwierdzono w kwiatach (1,23–18,88 $\mu\text{g/g}$), natomiast najmniejszą w owocach (0,08–0,77 $\mu\text{g/g}$). Glikozydy cyjanogenne mogą powodować zaburzenia żołądkowo-jelitowe, w tym nudności, wymioty, biegunkę, osłabienie i zawroty głowy, jednak tylko wtedy, gdy spożywa się niedojrzałe owoce lub w zbyt dużych dawkach [Mladěnka i in. 2016, Senica i in. 2016, Krzykowski i in. 2018]. Podczas obróbki termicznej sambunigrina ulega degradacji, dzięki czemu możliwe jest bezpieczne użytkowanie surowca [Sidor i Gramza-Michałowska 2015, Nurzyńska-Wierdak 2016].

Aktywność farmakologiczna bzu czarnego

W medycynie ludowej dziki bez czarny był wykorzystywany w terapii wielu chorób i dolegliwości: w leczeniu przeziębienia i grypy, w stanach zapalnych, przy reumatyzmie, cukrzycy, obniżonej odporności [Barak i in. 2001, Roxas i Jurenka 2007, Christensen i in. 2008, Ulbricht i in. 2014, Sidor i Gramza-Michałowska 2015, Aǧalar i in. 2017, Mahboubi 2020]. Aktualne badania naukowe potwierdziły tradycyjne zastosowanie rośliny oraz wskazały na potencjalne możliwości jej innowacyjnego wykorzystania [Martuś (Petruć) i in. 2021].

Właściwości przeciwutleniające i antyrodnikowe

Surowce bzu czarnego stanowią cenne źródło związków polifenolowych, co potwierdza ich potencjał w redukcji stresu oksydacyjnego w organizmie człowieka [Ferreira i in. 2020a, 2020b].

Kwiat bzu czarnego (*Sambuci flos*). W badaniach prowadzonych w warunkach *in vitro* odnotowano neutralizację wolnych rodników oraz hamowanie reakcji współutleniania kwasu linolowego i β -karotenu przez ekstrakty metanolowe z liści, kwiatów oraz owoców *Sambucus nigra*. Wykazano, że temperatura ekstrakcji surowca ma silny wpływ na jego aktywność przeciwutleniającą [Dawidowicz i in. 2006]. Stoilova i in. [2007] stwierdzili, że ekstrakt z kwiatów bzu czarnego charakteryzowała znacznie większa aktywność wychwytu rodnika hydroksylowego ($\text{OH}\cdot$), w porównaniu z neutralizacją rodnika DPPH (2,2-difenylo-1-pikrylohydrazylu), jak również stwierdzili, że działanie ekstraktu było silniejsze niż rutyny. Udowodniono także, iż wyciąg skutecznie hamował

tworzenie sprzężonych dienów i wykazywał aktywność przeciwrodnikową w odniesieniu do drugorzędnych produktów peroksydacji lipidów. Jeszcze intensywniej hamowany był etap generowania produktów wtórnej autooksydacji badanych cząstek. Autorzy wskazali, iż ekstrakt z kwiatów bzu czarnego można stosować zarówno na wcześniejszym, jak i późniejszym etapie utleniania. Z kolei Viapiana i Wesolowski [2017] potwierdzili silniejszy potencjał antyoksydacyjny naparu z kwiatów w porównaniu z działaniem wyciągu z owoców *S. nigra*, przy czym aktywność przeciwutleniająca ekstraktów wodnych była wyrażona jako siła inhibicji stabilnego rodnika DPPH oraz zdolność redukcji jonów żelaza (FRAP). Udokumentowane zostało także silne przenikanie antocyjanów bzu czarnego do komórek śródbłonka, powodujące ich ochronę przed stresem oksydacyjnym [Youdim i in. 2000]. Wykazano, iż nawet niskie stężenie antocyjanów (4 mcg/ml) skutecznie regeneruje α -tokoferol z rodników α -tokoferoksylowych w modelach oksydacji lipoproteiny o niskiej gęstości (LDL) [Abuja i in. 1998]. W badaniach neutralizacji wolnego rodnika DPPH i kationorodnika ABTS [kwasu 2,2-azyno-bis(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonowego)] stwierdzono wysoką zdolność inhibicyjną ekstraktu metanolowego z owoców bzu czarnego, odnotowując przy tym działanie prooksydacyjne surowca.

Owoc bzu czarnego (*Sambuci fructus* L.). Surowiec ten charakteryzuje bardzo wysoka zawartość fenoli, flawonoli oraz antocyjanin. Stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy ilością wymienionych związków, a działaniem antyrodnikowym [Leja i in. 2007]. W badaniach prowadzonych przez Denev i in. [2010] wykazano, że ekstrakt z owoców hamuje peroksydację kwasu α -linolenowego oraz skutecznie neutralizuje rodnik tlenu azotu (NO). Jabłońska-Ryś i in. [2009] w analizach zdolności inhibicji kationu rodnikowego ABTS dowiedli, iż owoce bzu czarnego odznaczają się wysoką aktywnością antyoksydacyjną. Właściwości przeciwutleniające potwierdzono również przy użyciu metody FRAP. Nakajima i in. [2004] odnotowali potencjał inhibicji DPPH przez sproszkowany ekstrakt z *Sambuci fructus*, mniejszy jednak niż najbardziej aktywny wyciąg z owoców borówki czarnej. W innych badaniach udowodniono, iż ekstrakt metanolowy z owoców dezaktywował rodnik DPPH w ponad 62% [Goud i Prasad 2020]. Mandrone i in. [2014] potwierdzili przy pomocy metod redukcji rodników DPPH, ABTS, FRAP oraz rodników biologicznych BCB potencjał antyoksydacyjny ekstraktów wodnych z owoców *S. nigra* zbieranych z czterech różnych obszarów Sycylii. Odnotowano przy tym, iż wyciąg zawierający najwięcej cyjanidyno-3-sambubiozydu-5-glukozydu cechował się najwyższą aktywnością przeciwutleniającą we wszystkich testach. Badania Pliszki [2020] dotyczące oceny aktywności przeciwrodnikowej ekstraktów z owoców czterech odmian bzu czarnego (Alleso, Korsor, Sampo, Samyl), dowiodły, iż ekstrakty z owoców odmian Korsor i Samyl w największym stopniu neutralizują kationorodnik ABTS, a wartość inhibicji rodnika DPPH była znaczna oraz porównywalna we wszystkich ekstraktach. Odnotowano także dodatnią korelację pomiędzy sumą polifenoli w owocach, a działaniem antyrodnikowym. Wu i in. [2004], oceniając potencjał przeciwutleniający 15 próbek owoców przy użyciu metody pomiaru neutralizacji rodników peroksylowych (ORAC), stwierdzili najsilniejszą aktywność przeciwrodnikową dla owoców aronii i czarnego bzu. Autorzy wykazali, że wartości dla związków hydrofilowych były wielokrotnie wyższe w porównaniu z wartościami związków liofilowych, jak również, że zdolność do wychwytywania rodnika peroksyloвого (ROO•) była blisko 11% wyższa niż aktywność aronii czarnej. Bratu i in.

[2012], mierząc potencjał antyoksydacyjny sproszkowanego ekstraktu z *Sambuci fructus*, o zawartości antocyjanów na poziomie 10% wskazali, że najmniejsza objętość próby, której przypisano aktywność przeciwutleniającą wyniosła 10 μ L i zawierała 5 μ g ekstraktu. Autorzy sformułowali wniosek, iż antyoksydacyjne działanie wyciągu, bez mutagennych skutków ubocznych, jest możliwe przy zastosowaniu niewielkich ilości. Moldovan i in. [2016] opracowali prostą i przyjazną dla środowiska metodę syntezy nanocząsteczek srebra (AgNP) z wykorzystaniem ekstraktów z *Sambuci fructus*, wykazując jednocześnie silne właściwości antyoksydacyjne produktu. Wskazuje to na potencjał *S. nigra* w opracowywaniu środków terapeutycznych przeciwko uszkodzeniom tkanek spowodowanych utlenianiem.

Działanie przeciwwirusowe

Bez czarny jest rośliną szeroko wykorzystywaną w leczeniu wspomagającym grypy i przeziębienia. Udowodniono działanie antywirusowe jego surowców [Kong 2009]. Właściwości przeciwwirusowe substancji aktywnych rośliny związane są prawdopodobnie z neutralizującą aktywności hemaglutyniny, białka powierzchniowego niektórych wirusów, w tym wirusa grypy A i B oraz wirusa opryszczki wargowej (*Herpes simplex virus*), co skutkuje hamowaniem procesu wnikania wirusów przez ściany komórkowe oraz ich replikacji [Roxas i Jurenka 2007]. Roschek i in. [2009] wykazali w warunkach *in vitro*, iż ekstrakt z owoców czarnego bzu hamuje proces zakażenia wirusem grypy A (H1N1). Autorzy wykazali, że flawonoidy czarnego bzu wiążą się z wirionami H1N1 i po związaniu blokują zdolność wirusów do infekowania komórki gospodarza. Barak i in. [2001, 2004] udowodnili aktywność preparatu Sambucol zawierającego standaryzowany ekstrakt z owoców bzu czarnego, wobec 10 szczepów wirusów grypy. Sambucol skrócił czas trwania objawów grypy do 3–4 dni, a surowica w fazie rekonwalescencji miała wyższy poziom przeciwciał w grupie stosującej lek niż w grupie kontrolnej. Podobnie Torabian i in. [2019] stwierdzili, iż związki aktywne bzu czarnego w sposób bezpośredni hamują wejście i replikację wirusa grypy do ludzkiej komórki, jak również są w stanie wzmocnić odpowiedź immunologiczną organizmu. Co ciekawe, substancje czynne były znacznie skuteczniejsze w hamowaniu rozprzestrzeniania się wirusa w późniejszych etapach rozwoju choroby, gdy materiał komórkowy został już zainfekowany. Krawitz i in. [2011] udowodnili działanie hamujące standaryzowanego ekstraktu z owoców *S. nigra* wobec namnażania się wirusa grypy typu A i B. Badania Kinoshita i in. [2012] *in vitro* oraz *in vivo* na myszach zainfekowanych ludzkim wirusem grypy typu A (IFV) pozwoliły wskazać, że zagęszczony sok z bzu czarnego hamuje wirusa podczas wprowadzania go wraz z infekcją oraz ma niewielki wpływ po wprowadzeniu po zakażeniu. Efektem podania soku zwierzętom był wzrost poziomu specyficznych przeciwciał oraz inhibicja replikacji wirusa. Podkreślić należy, że wyniki testów *in vivo* okazały się bardziej obiecujące niż przeprowadzone w warunkach *in vitro*.

Szczególnie interesującym aspektem badań nad aktywnością rodzaju *Sambucus* jest ocena wpływu etanolowego ekstraktu z łodyg *Sambucus formosana* Nakai i niektórych fenolokwasów na ludzkiego koronawirusa NL63 (HCoV-NL63), wywołującego schorzenia układu oddechowego, takie jak katar, kaszel, zapalenie oskrzeli i płuc [Weng i in. 2019]. Ekstrakt był mniej cytotoksyczny i w zależności od stężenia zwiększał aktywność

anty-HCoV-NL63, w tym cytotatyczność, frakcję sub-G1, wydajność wirusa (tworzenie wirionów potomnych), tworzenie blaszek i przyczepność wirusa. Wśród składników fenolowych, kwas kawowy, kwas chlorogenowy i kwas galusowy utrzymały aktywność anty-HCoV-NL63, która została uszeregowana w następującej kolejności zmniejszania wydajności wirusa: kwas kawowy ($IC_{50} = 3,54 \mu M$) > kwas chlorogenowy ($IC_{50} = 43,45 \mu M$) > kwas kumarowy ($IC_{50} = 71,48 \mu M$). Kwas kawowy znacząco hamował replikację HCoV-NL63 w sposób niezależny od typu komórki i specyficznie blokował przyłączanie wirusa ($IC_{50} = 8,1 \mu M$). Badania Weng i in. [2019] ujawniły, że ekstrakt etanolowy z łądyg *Sambucus formosana* Nakai wykazuje silny potencjał anty-HCoV-NL63, a kwas kawowy może być istotnym składnikiem o aktywności anty-HCoV-NL63, co może być pomocne w opracowywaniu leków przeciwwirusowych przeciwko HCoV-NL63. Można przypuszczać, że taki rodzaj aktywności jest prawdopodobny również dla innych gatunków z rodzaju *Sambucus*, na przykład wysoce aktywnego *Sambucus nigra*.

Fink i in. [2009] udowodnili, iż związki czynne ekstraktu etanolowego z owoców bzu czarnego skutecznie blokują zakażenie wirusem HIV typu 1 (HIV-1) komórek docelowych. W innym badaniu [Chen i in. 2014] sprawdzono aktywność ekstraktu etanolowego z owoców *S. nigra* wobec wirusa zakaźnego zapalenia oskrzeli kur (IBV). Uzyskane wyniki wskazały, że wyciąg może hamować IBV we wczesnym stadium infekcji, sprawiając, że wirus przestaje być zakaźny.

Działanie przeciwbakteryjne

Ramanauskieni i in. [2019] dowiedli, że ekstrakt z kwiatów bzu czarnego wykazuje działanie przeciwdrobnoustrojowe i przeciwdrobnoustrojowe na *Staphylococcus aureus* i *Bacillus cereus*. Chatterjee i in. [2004] przeprowadzili badania nad oceną wpływu ekstraktów z różnych owoców, z dodatkiem lub bez klaromycyny, na *Helicobacter pylori*, bakterię mającą związek z etiologią przewlekłego zapalenia żołądka i wrzodu trawiennego u dorosłych i dzieci. Wykazano, iż klarytromycyna po ekspozycji na 1% wyciąg z bzu czarnego zahamowała rozwój bakterii o prawie 100%, a sam 1% ekstrakt redukował wzrost bakterii w ok. 95%. Hearst i in. [2010] testowali właściwości przeciwbakteryjne ekstraktów z kwiatów, owoców i liści *S. nigra* wobec 13 patogenów szpitalnych, w tym szczep gronkowca złocistego opornego na metycylinę (MRSA). Największą inhibicją wzrostu bakterii odznaczał się wodno-etanolowy wyciąg z kwiatów. Ekstrakt rozcieńczony nawet 100-krotnie uniemożliwiał rozwój MRSA w znacznym stopniu. Z kolei Arjoon i in. [2012] analizowali skuteczność działania przeciwdrobnoustrojowego dwóch preparatów z owoców bzu czarnego, dostępnych na rynku Stanów Zjednoczonych, wobec *Mycoplasma mycoides* subsp. *capri* – bakterii opornej na wiele powszechnych antybiotyków, m.in. beta-laktamowych czy penicylinę. Aktywność wyciągów porównano także z działaniem w stosunku do *Escherichia coli* i *Bacillus subtilis*. Stwierdzono, iż ekstrakt Elderberry 365 działa bakteriobójczo na *E. coli*, natomiast bakteriostatycznie na *M. mycoides* subsp. *capri*. *B. subtilis* okazał się być odpornym na działanie preparatu. Drugi natomiast produkt (Elderberry Gaia) działał bakteriostatycznie na wszystkie uwzględnione w badaniu szczepy bakterii. Autorzy wskazali na duże znaczenie ekstraktów roślinnych wobec globalnego problemu antybiotykooporności. Rodino i in. [2015] sprawdzili skuteczność antybakteryjną ekstraktów czterech surowców, w tym

owoców i kwiatów *S. nigra*, przeciwko bakteriom Gram-ujemnym i Gram-dodatnim. Autorzy stwierdzili wyraźną hamującą aktywność etanolowych ekstraktów z bzu czarnego wobec *Pseudomonas fluorescens*, *Enterococcus faecalis* i *Escherichia coli*.

Właściwości immunomodulujące

Wyniki badań naukowych potwierdziły zdolność modulowania mechanizmów obronnych organizmu przez zastosowanie ekstraktów z *S. nigra*, poprzez regulację produkcji cytokin prozapalnych [Barak i in. 2001]. Wykazano, iż ekstrakt z owoców bzu czarnego wpłynął na poprawę działania systemu odpornościowego, poprzez stymulację produkcji cytokin, interleukiny IL-1 β , IL-6 i IL-8, a zwłaszcza TNF- α , czyli czynnika nekrozy nowotworów-alfa. Kolejne analizy potwierdziły wzrost poziomu wymienionych cytokin, jak również interleukiny IL-10 [Barak i in. 2001, 2004].

Z badań Wakinne-Grinberg i in. [2009] wynika, że preparat Sambucol, zawierający ekstrakt z owoców bzu czarnego, znacząco stymuluje produkcję cytokin IL-1b β , IL-6, IL-8 i TNF α . Udowodniono także, iż podanie preparatu przyczyniło się do opóźnienia występowania objawów leiszmaniozy, co było spowodowane zwiększoną produkcją limfocytów Th1 u myszy. Frøkiær i in. [2012], wykorzystując komórki dendrytyczne ze szpiku kostnego myszy stymulowane m.in. *E. coli* wykazali, że wyciąg z owoców *S. nigra* zmniejsza produkcję TNF- α i IL-1 β oraz wzmacnia produkcję cytokin Th1, IL-12 i IFN-b w komórkach pobudzonych przez *Lactobacillus acidophilus*. Badescu i in. [2015] udowodnili, iż ekstrakt z owoców *S. nigra* moduluje specyficzne i niespecyficzne formy obrony immunologicznej w cukrzycy z niedoborem insuliny poprzez zwiększenie poziomów TNF- α i INF- γ u szczurów. Schön i in. [2021] wykazali, że ekstrakt z owoców czarnego bzu wykazuje znaczną bioaktywność przeciwwirusową, o czym świadczy wysoka aktywność wirusobójcza wobec wirusa MVA, zmniejszając jego zakaźne miano nawet o 95%. Badania te wskazują na potencjalne zastosowanie kliniczne surowca bzu czarnego w zwiększaniu odporności organizmu i zapobieganiu infekcjom wirusowym.

Aktywność przeciwzapalna

Harokopakis i in. [2006] określili zdolność zahamowania aktywności prozapalnej głównych czynników wirulencji patogenów przyzębia *Porphyromonas gingivalis* i *Actinobacillus actinomycetemcomitans* przez wodne ekstrakty z kwiatu *S. nigra*. Stwierdzono, iż wyciąg silnie ogranicza produkcję cytokin, aktywację integryny oraz wywołanie wyrzutu oksydacyjnego. Wskazano, iż w związku z działaniem przeciwzapalnym surowca, istnieje możliwość wykorzystania go w leczeniu zapalenia przyzębia u ludzi. Schön i in. [2021] opisali działanie przeciwzapalne preparatu z owoców czarnego bzu (eldosamb®), poprzez redukcję prozapalnych cytokin TNF- α , IFN- γ i IL-2. Autorzy wskazują preparat jako potencjalny modulator immunologiczny, zwłaszcza w sytuacjach obecnego lub pojawiającego się stanu zapalnego. Aktywność przeciwzapalną bzu czarnego potwierdzili również Ho i in. [2017]. Autorzy wykazali w warunkach *in vitro* oraz *in vivo* aktywność przeciwzapalną ekstraktu metanolowego otrzymanego ze świeżych kwiatów bzu czarnego, niekapsułkowanego oraz zamkniętego w dwóch rodzajach nanocząsteczek: kopolimerach kwasu mlekowego i glikolowego (PLGA) oraz polikaprolaktonach (PCL). Najwyższy wynik uzyskano w przypadku ekstraktu zawartego w PCL (inhibicja NO

wyniosła ok. 55%), z kolei w badaniach przeprowadzonych na szczurach, najsilniejszą aktywność przeciwzapalną stwierdzono dla wyciągu PLGA (inhibicja ponad 60%).

Olejnik i in. [2015] dowiedli, iż ekstrakt z owoców *S. nigra* jest zdolny do hamowania ścieżki prozapalnej stymulowanej przez lipopolisacharydy z *E. coli*, a mechanizm działania polega na zmniejszeniu ekspresji genów prozapalnych i produkcji mediatorów zapalnych, kluczowych dla inicjacji i progresji zapalenia. Przedstawione badanie *in vitro* po raz pierwszy objęło trawienie w sztucznym przewodzie pokarmowym i wchłanianie jelitowe jako podstawę określenia potencjału przeciwzapalnego owoców czarnego bzu. Wykazano, iż po przejściu przez przewód pokarmowy ekstrakt dociera do części jelita cienkiego w zmodyfikowanej, ale wciąż aktywnej postaci ma zdolność osłabiania odpowiedzi zapalnej u aktywowanych makrofagów, jak również zmniejszenia produkcji reaktywnych form tlenu, uznawanych za kluczowe cząsteczki sygnałowe odgrywające ważną rolę w progresji zaburzeń zapalnych. Zielińska-Wasielica i in. [2019] udowodnili, iż ekstrakt z liofilizowanych owoców *S. nigra* łagodzi komórkową reakcję w wyniku zmniejszenia ekspresji genów prozapalnych (TNF- α , IL-6, COX-2, NOS) i hamowania wzmożonej produkcji mediatorów zapalnych (TNF- α , IL-6, PGE₂, NO). Wyciąg podany w stężeniach 1 i 10 $\mu\text{g/ml}$ stłumił ekspresję mRNA IL-6 o 34% i 69%, w porównaniu z makrofagami kontrolnymi. W publikacji podkreślono możliwość wykorzystania potencjału profilaktycznego i terapeutycznego bzu czarnego w leczeniu otyłości i związanych z nią zaburzeń immunologiczno-metabolicznych, którym często towarzyszą stany zapalne czy zwiększony stres oksydacyjny.

Działanie napotne

Aktywność napotna *S. flos* i *S. fructus* wiązana jest z obecnością flawonoidów oraz kwasów fenolowych [Nowak i Nawrot 2009, Młynarczyk i in. 2018]. Wymienione substancje powodują obniżenie punktu aktywności ośrodków termoregulacji, czego efektem jest intensywne pocenie się nawet przy niewielkim wzroście temperatury ustroju. Istotnym mechanizmem aktywności jest także wzmocnienie reakcji gruczołów potowych [Zielińska-Pisklak i in. 2013]. Działanie napotne ekstraktu z kwiatów zostało potwierdzone w badaniach na zwierzętach, zarówno w warunkach *in vitro*, jak i *in vivo* [Nowak i Nawrot 2009].

Właściwości przeciwcukrzycowe

Dieta przeciwcukrzycowa powinna zawierać zwiększoną ilość produktów bogatych w związki polifenolowe, takich jak owoce czy ich przetwory [Sidor i Gramza-Michałowska 2015]. Gray i in. [2000] udowodnili, że substancje czynne *S. nigra* są w stanie bezpośrednio stymulować metabolizm glukozy i wzmacniać wydzielanie insuliny przez klonalne komórki β trzustki. Ekstrakt z kwiatów bzu czarnego w stężeniu 1 g/l znacząco zwiększa wychwyt i utlenianie glukozy, jak również glukoneogenezę w mięśniach brzucha myszy bez dodatku insuliny. Ciocoiu i in. [2012] ocenili wpływ związków polifenolowych wyekstrahowanych z owoców *S. nigra*, na stres oksydacyjny oraz zmiany sercowo-naczyniowe u szczurów cierpiących na cukrzycę wywołaną streptozotocyną. Wykazano znaczną poprawę zdolności antyoksydacyjnej surowicy, przywrócenie do normy stężenia zredukowanego glutationu, a także istotne obniżenie stężenia dialdehydu malonowego

(MDA) po podaniu polifenoli bzu czarnego. Autorzy podkreślili, iż substancje polifenolowe bzu czarnego redukują nadtlenki lipidów oraz neutralizują rodniki nadtlenków lipidów, przez co zapobiegają długoterminowym konsekwencjom sercowo-naczyniowym wywołanym cukrzycą. W innych badaniach [Badescu i in. 2012] wykazano znaczący wpływ stosowania *S. fructus* w leczeniu osteoporozy cukrzycowej, skorelowanej z długotrwałą hiperglikemią. Ekstrakt metanolowy poprawił gęstość mineralną kości i zredukował ilość tkanki tłuszczowej u szczurów z cukrzycą. Stężenie MDA w surowicy, będące wskaźnikiem peroksydacji lipidów, uległo obniżeniu. Udokumentowano także przywrócenie zredukowanego glutationu (GSH) do właściwego poziomu. Salvador i in. [2017] analizowali wpływ doustnej suplementacji szczurów ekstraktem lipofilowym (dichlorometanowym) oraz polarnym (zakwaszonym metanolem) z owoców bzu czarnego na przebieg cukrzycy typu II u szczurów, wywołanej streptozocotyną. Wyciąg polarny obniżył poziom glukozy we krwi na czczo, natomiast lipofilowy spowodował spadek sekrecji. Obydwa ekstrakty roślinne redukowały insulinooporność.

Działanie przeciwdrgawkowe

Ataee i in. [2016] przeanalizowali aktywność przeciwkonwulsyjną ekstraktów metanolowych z kory, owoców i liści *S. nigra* w dawkach 250, 500 i 1000 mg/kg. Badanie zostało przeprowadzone na myszach, w modelu drgawek elektrycznych, wywoływanych maksymalnym wstrząsem elektrycznym (MES). Spowodowano także konwulsje przy pomocy pentylenotetrazolu (PTZ). Wykazano, iż podawanie wyciągów opóźniło moment wystąpienia napadów, w sposób zależny od dawki, jak również skróciło czas trwania tonicznego wyprostu kończyn tylnych. Ekstrakt z kory w dawce 500 mg/kg i ekstrakt z liści w stężeniu 1000 mg/kg zapewniły 100-procentową ochronę przed wywoływaniem drgawek i przed śmiertelnością, co potwierdziło potencjał przeciwkonwulsyjny surowców. Autorzy sugerują, iż działanie przeciwpadaczkowe wyciągów wynika prawdopodobnie ze wzmacniania odpowiedzi receptorów GABA, a działanie depresyjne ekstraktów na OUN było związane ze zwiększaniem stężenia nefryny (NE) w mózgu myszy.

Działanie antydepresyjne

Mahmoudi i in. [2014] udowodnili aktywność przeciwdepresyjną ekstraktów metanolowych z owoców i liści bzu czarnego. Wykazano, iż wyciągi skracaly czas bezruchu i zwiększały aktywność myszy, której poziom był uzależniony od zastosowanej dawki. Odnotowano znacznie silniejsze działanie ekstraktu z owoców w dawce 1200 mg/kg niż imipraminy (10 mg/kg), uważanej za silny i skuteczny lek antydepresyjny. Zastosowanie wyciągu z liści *S. nigra* spowodowało aktywność na tym samym poziomie co imipramina.

Aktywność przeciwmiażdżycowa

Farrel i in. [2015a, 2015b] ocenili wpływ ekstraktu antocyjanowego z owoców *S. nigra* na modelu otyłości indukowanej dietą u myszy. Stwierdzono, że myszy otrzymujące ekstrakt odznaczały się mniejszą masą wątroby i zawartością trójglicerydów w surowicy. Wzbogacenie diety w wyciąg spowodowało obniżenie stężenia markerów stanu zapalnego, insulinooporności i lipidów wątrobowych, a także w przypadku 1,25% ekstraktu

pomogło obniżyć poziom cholesterolu w wątrobie i ekspresji mRNA PPAR γ 2. Ponadto, autorzy dowiedli wpływu suplementacji 1,25% ekstraktu z owoców czarnego bzu na zmniejszenie progresji miażdżycy u myszy z hiperlipidemią i dysfunkcją HDL.

Właściwości odchudzające

Jednym z głównych czynników, które odgrywają rolę w insulinooporności, jest otyłość [Golay i Ybarra 2005]. Bhattacharya i in. [2013] wykazali, że wyciągi z kwiatów czarnego bzu zawierają związki bioaktywne zdolne do modulowania metabolizmu glukozy i lipidów i mogą być stosowane w otyłości i cukrzycy. Autorzy wykazali, iż związki obecne w ekstrakcie z kwiatów bzu czarnego zmniejszają akumulację tłuszczu (FAc) u nicienia *Caenorhabditis elegans* w warunkach *in vivo*.

Badania Chrubasik i in. [2008] oraz Walz i Chrubasik [2008] dowiodły skuteczności działania odchudzającego i bezpieczeństwa suplementacji produktów z kwiatów i owoców *S. nigra*. Udokumentowano średni spadek masy ciała uczestników o około 2,6 kg [Walz i Chrubasik 2008]. Stosując ekstrakty z bzu czarnego, zredukowano BMI o około 3%, średnią wagę ciała zmniejszono o 3,2 kg, skurczowe ciśnienie krwi obniżono średnio o ponad 5%, rozkurczowe ciśnienie tętnicze o 2,5%. Ponadto, samopoczucie fizyczne i psychiczne oraz jakość życia pacjentów uległa znacznej poprawie [Chrubasik i in. 2008].

PODSUMOWANIE

Surowce bzu czarnego (*Sambucus nigra* L.) to popularne i tradycyjne leki stosowane w schorzeniach oddechowych. Współczesne badania potwierdzają skuteczność i zasadność ich działania w schorzeniach oddechowych. Wskazywane są też nowe kierunki aktywności biologicznej surowca: działanie antyoksydacyjne, przeciwdrobnoustrojowe, przeciwzapalne, immunomodulujące, napotne, przeciwmiażdżycowe, przeciw cukrzycowe, antydepresyjne. Podkreślenia wymagają duże możliwości potencjalnego zastosowania preparatów z bzu czarnego w profilaktyce i leczeniu chorób cywilizacyjnych, a także chorób sprzyjających rozwojowi pandemii. Ważnym aspektem prowadzonych badań są próby powiązania poszczególnych grup substancji aktywnych z określonym rodzajem aktywności biologicznej. Daje to możliwość opracowania leków celowanych, skutecznych w działaniu i niepowodujących skutków ubocznych. Należy zwrócić także uwagę na inne części tej wartościowej rośliny (liście, pędy, kora), które mogą okazać się ważnym źródłem cennych substancji leczniczych.

PIŚMIENNICTWO

- Abuja P., Murkovic M., Pfannhauser W., 1998. Antioxidant and prooxidant activities of elderberry (*Sambucus nigra*) extract in low-density lipoprotein oxidation. *J. Agric. Food Chem.* 46 (10), 4091–4096.
- Ağalar H., Demirci B., Demirci F., Kirimer N., 2017. The volatile compounds of the elderflowers extract and the essential oil. *Rec. Nat. Prod.* 11(5), 491–496. <http://doi.org/10.25135/rnp.63.16.08.058>

- Akbulut M., Ercisli S., Tosun M., 2009. Physico-chemical characteristics of some wild grown European elderberry (*Sambucus nigra* L.) genotypes. *Phcog. Mag.* 5(20), 320–323.
- Anton A., Pinteau A., Rugină D., Sconța Z., Hanganu D., Vlase L., Benedec D., 2013. Preliminary studies on the chemical characterization and antioxidant capacity of polyphenols from *Sambucus* sp. *Dig. J. Nanomater. Biostructures* 8(3), 973–980.
- Arjoon A., Saylor, C., May M., 2012. In vitro efficacy of antimicrobial extracts against the atypical ruminant pathogen *Mycoplasma mycoides* subsp. *capri*. *BMC Complement. Altern. Med.* 12, 169. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-169>
- Ataee R., Falahati A., Ebrahimzadeh M., Shokrzadeh M., 2016. Anticonvulsant activities of *Sambucus nigra*. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 20, 3123–3126.
- Atkinson M., Atkinson D., 2002. *Sambucus nigra* L. *J. Ecol.* 90, 895–923.
- Badescu L., Badulescu O., Badescu M., Ciocoiu M., 2012. Mechanism by *Sambucus nigra* extract improves bone mineral density in experimental diabetes. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* 7, 1–6. <http://doi.org/10.1155/2012/848269>
- Badescu L., Badulescu O., Badescu M., Ciocoiu M., 2015. Effects of *Sambucus nigra* and *Aronia melanocarpa* extracts on immune system disorders within diabetes mellitus. *Pharm. Biol.* 53(4), 533–539.
- Barak V., Halperin T., Kalickman I., 2001. The effect of Sambucol, a black elderberry-based, natural product, on the production of human cytokines: I. Inflammatory cytokines. *Eur. Cytokine Netw.* 12(2), 290–296.
- Barak V., Birkenfeld S., Halperin T., Kalickman I., 2004. The effect of herbal remedies on the production of human inflammatory and anti-inflammatory cytokines. *Israel Med. Assoc. J.* 4, 919.
- Barros L., Cabrita L., Boas M., Carvalho A., Ferreira I., 2011. Chemical, biochemical and electrochemical assays to evaluate phytochemicals and antioxidant activity of wild plants. *Food Chem.* 27(4), 1600–1608. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.024>
- Bartak M., Lange A., Słowska A., Cymerys J., 2020. Antiviral and healing potential of *Sambucus nigra* extracts. *Rev. Bionatura* 5(3), 1264–1270. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2020.05.03.18>
- Bhattacharya S., Christensen K., Olsen L., Christensen L., Grevsen K., Færgeman N., Kristiansen K., Young J., Oksbjerg N., 2013. Bioactive components from flowers of *Sambucus nigra* L. increase glucose uptake in primary porcine myotube cultures and reduce fat accumulation in *Caenorhabditis elegans*. *J. Agric. Food Chem.* 61(46), 11033–11040. <http://dx.doi.org/10.1021/jf402838a>
- Bolarinwa I., Orfila C., Morgan M., 2014. Amygdalin content of seeds, kernels and food products commercially-available in the UK. *Food Chem.* 152, 133–139. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.002>
- Bratu M., Doroftei E., Negreanu-Pirjol T., Hostina C., Porta S., 2012. Determination of antioxidant activity and toxicity of *Sambucus nigra* fruit extract using alternative methods. *Food Technol. Biotechnol.* 50(2), 177–182.
- Celik S., Ozyurek M., Guclu K., Capanoglu E., Apak R., 2014. Identification and anti-oxidant capacity determination of phenolics and their glycosides in elderflower by on-line HPLC-CUPRAC method. *Phytochem. Anal.* 25(2), 147–154. <http://dx.doi.org/10.1002/pca.2481>
- Chatterjee A., Yasmin T., Bagchi D., Stohs S., 2004. Inhibition of *Helicobacter pylori* in vitro by various berry extracts, with enhanced susceptibility to clarithromycin. *Mol. Cell. Biochem.* 265(1–2), 19–26. <http://dx.doi.org/10.1023/b:mcbi.0000044310.92444.ec>
- Chen C., Zuckerman D., Brantley S., Sharpe M., Childress K., Hoiczuk E., Pendleton A., 2014. *Sambucus nigra* extracts inhibit infectious bronchitis virus at an early point during replication. *BMC Vet. Res.* 10(24), 1–12. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-10-24>
- Christensen L., Kaack K., Fretté X., 2008. Selection of elderberry (*Sambucus nigra* L.) Genotypes best suited for the preparation of elderflower extracts rich in flavonoids and phenolic acids. *Eur. Food Res. Technol.* 227, 293–305. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-007-0723-8>

- Chrubasik C., Maier T., Dawid C., Torda T., Schieber A., Hofmann T., Chrubasik S., 2008. An observational study and quantification of the actives in a supplement with *Sambucus nigra* and *Asparagus officinalis* used for weight reduction. *Phytother. Res.* 22(7), 913–918. <http://dx.doi.org/10.1002/ptr.2415>
- Cioch M., Satora P., Skotniczny M., Semik-Szczurak D., Tarko T., 2017. Characterization of antimicrobial properties of extracts of selected medicinal plants. *Pol. J. Microbiol.* 66(4), 463–472. <http://dx.doi.org/10.5604/01.3001.0010.7002>
- Ciocoiu M., Badescu L., Badulescu O., Tutunaru D., Badescu M., 2012. Protective intervention of *Sambucus nigra* polyphenols in the diabetic heart. *Ann. Romanian Soc. Cell Biol.* 17(1), 312–317.
- Costică N., Stratu A., Boz I., Gille E., 2019. Characteristics of elderberry (*Sambucus nigra* L.) fruit. *Agric. Conspec. Sci.* 84(1), 115–122.
- Dawidowicz A., Wianowska D., Baraniak B., 2006. The antioxidant properties of alcoholic extracts from *Sambucus nigra* L. (antioxidant properties of extracts). *LWT – Food Sci. Technol.* 39, 308–315. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2005.01.005>
- DellaGreca M., Fiorentino A., Monaco P., Previtera L., Simonet., 2000. Degraded cyanogenic glucosides from *Sambucus nigra*. *Tetrahedron Lett.* 41, 6507–6510. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(00\)00994-1](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(00)00994-1)
- Denev P., Ciz M., Ambrozova G., Lojek A., Yanakieva I., Kratchanova M., 2010. Solid phase extraction of berries' anthocyanins and evaluation of their antioxidative properties. *Food Chem.* 123(4), 1055–1061. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.061>
- Diviš P., Pořízka J., Vespalcová M., Matějček A., Kaplan J., 2015. Elemental composition of fruits from different black elder (*Sambucus nigra* L.) cultivars grown in the Czech Republic. *J. Elem.* 20(3), 549–557. <https://doi.org/10.5601/jelem.2015.20.1.758>
- Domínguez R., Zhang L., Rocchetti G., Lucini L., Pateiro M., Munekata P., Lorenzo J., 2020. Elderberry (*Sambucus nigra* L.) as potential source of antioxidants. Characterization, optimization of extraction parameters and bioactive properties. *Food Chem.* 330, 127266. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127266>
- Duymuş H., Göger F., Başer C., 2014. *In vitro* antioxidant properties and anthocyanin compositions of elderberry extracts. *Food Chem.* 155, 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.028>
- Dżugan M., Pizoń A., Tomczyk M., Kapusta I., 2019. A new black elderberry dye enriched in antioxidants designed for healthy sweets production. *Antioxidants* 8(8), 257. <https://doi.org/10.3390/antiox8080257>
- Farmakopea Polska IV, 1970. PZWL, Warszawa.
- Farmakopea Polska XI, 2017. PZWL, Warszawa.
- Farrel N., Norris, G., Ryan J., Porter C., Jiang C., Blesso C., 2015a. Black elderberry extract attenuates inflammation and metabolic dysfunction in diet-induced obese mice. *Br. J. Nutr.* 114, 1123–1131. <https://doi.org/10.1017/S0007114515002962>
- Farrel N., Norris G., Lee S., Chun O., Blesso C., 2015b. Anthocyanin-rich black elderberry extract improves markers of HDL function and reduces aortic cholesterol in hyperlipidemic mice. *Food Funct.* 6(4), 1278–1287. <https://doi.org/10.1039/c4fo01036a>
- Ferreira S., Silva A., Nunes F., 2020a. *Sambucus nigra* L. fruits and flowers: Chemical composition and related bioactivities. *Food Rev. Int.*, 1–29. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1788578>
- Ferreira S., Silva P., Silva A., Nunes F., 2020b. Effect of harvesting year and elderberry cultivar on the chemical composition and potential bioactivity: a three-year study. *Food Chem.* 302, 1253–1266. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125366>
- Fink R., Roschek B., Randall A., 2009. HIV type-1 entry inhibitors with a new mode of action. *Antivir. Chem. Chemother.* 19, 243–255. <https://doi.org/10.1177/095632020901900604>
- Frøkiær H., Henningsen L., Metzдорff S.B., Weiss G., Roller M., Flanagan J., Fromentin E., Ibarra A., 2012. Astragalus root and elderberry fruit extracts enhance the IFN- β stimulatory effects

- of *Lactobacillus acidophilus* in murine-derived dendritic cells. PLoS One 7(10), e47878. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047878>
- Golay A., Ybarra J., 2005. Link between obesity and type 2 diabetes. Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab. 19(4), 649–663. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2005.07.010>
- Goud S., Prasad G., 2020. Antioxidant, antimicrobial activity and total phenol and flavonoids analysis of *Sambucus nigra* (elderberry). Int. J. Curr. Pharm. Res. 12(1), 35–37. <https://doi.org/10.22159/ijcpr.2020v12i1.36829>
- Gray A., Flatt P., Abdel-Wahab Y., 2000. The traditional plant treatment, *Sambucus nigra* (elder), exhibits insulin-like and insulin-releasing actions *in vitro*. J. Nutr. 130, 15–20. <https://doi.org/10.1093/jn/130.1.15>
- Harokopakis E., Albzreh M., Haase E., Scannapieco F., Hajishengallis G., 2006. Inhibition of proinflammatory activities of major periodontal pathogens by aqueous extracts from elder flower (*Sambucus nigra*). J. Periodontol. 77 (2), 271–279. <https://doi.org/10.1902/jop.2006.050232>
- Hearst C., McCollum G., Nelson D., Ballard L., Millar B., Goldsmith C., Rooney P., Loughrey A., Moore J., Rao J., 2010. Antibacterial activity of elder (*Sambucus nigra* L.) flower or berry against hospital pathogens. J. Med. Plant Res. 4, 1805–1809. <https://doi.org/10.5897/JMPR10.147>
- Ho G.T.T., Wangenstein H., Barsett H., 2017. Elderberry and elderflower extracts, phenolic compounds, and metabolites and their effect on complement, RAW264.7 macrophages and dendritic cells. Int. J. Mol. Sci. 18, 584. <https://doi.org/10.3390/ijms18030584>
- Jabłońska-Ryś E., Zalewska-Korona M., Kalbarczyk J., 2009. Antioxidant capacity, ascorbic acid and phenolics content in wild edible fruits. J. Fruit Orn. Plant Res. 17(2), 115–120.
- Kaack K., Christensen L., Hughes M., Eder R., 2006. Relationship between sensory quality and volatile compounds of elderflower (*Sambucus nigra* L.) extracts. Eur. Food Res. Technol. 223, 57–70. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0122-y>
- Kaltsa O., Lakka A., Grigorakis S., Karageorgou I., Batra G., Bozinou E., Lalas S., Makris D., 2020. A green extraction process for polyphenols from elderberry (*Sambucus nigra* L.) flowers using deep eutectic solvent and ultrasound-assisted pretreatment. Molecules 25(4), 921. <https://doi.org/10.3390/molecules25040921>
- Kinoshita E., Hayashi K., Katayama H., Hayashi T., Obata A., 2012. Anti-influenza virus effects of elderberry juice and its fractions. Biosci. Biotechnol. Biochem. 76(9), 1633–1638. <https://doi.org/10.1271/bbb.120112>
- Kislichenko V., Velma V., 2006. Amino-acid composition of flowers, leaves, and extract of *Sambucus nigra* flower. Chem. Nat. Compd. 42, 125–126. <http://dx.doi.org/10.1007/s10600-006-0058-x>
- Kołodziej B., Drożdżal K., 2011. Właściwości przeciwutleniające kwiatów i owoców bzu czarnego pozyskiwanego ze stanu naturalnego. Żywn. Nauka Technol. Jakość, 4(77), 36–44.
- Kong F., 2009. Pilot clinical study on a proprietary elderberry extract: efficacy in addressing influenza symptoms. J. Pharmacol. Pharmacokinet. 5, 32–43.
- Koponen J.M., Happonen A.M., Mattila P.H., Torronen A.R., 2007. Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland. J. Agric. Food Chem. 55, 1612–1619. <http://dx.doi.org/10.1021/jf062897a>
- Krawitz C., Mraheil M., Stein M., Imirzalioglu C., Domann E., Pleschka S., Hain T., 2011. Inhibitory activity of a standardized elderberry liquid extract against clinically-relevant human respiratory bacterial pathogens and influenza A and B viruses. BMC Complement. Altern. Med. 11(16), 1–6. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-11-16>
- Krzykowski A., Dziki D., Domin M., Kupryaniuk K., 2018. Wpływ parametrów konwekcyjnego i sublimacyjnego suszenia owoców bzu czarnego (*Sambucus nigra* L.) na kinetykę procesu i barwę suszu. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 593, 39–48. <https://doi.org/10.22630/ZPPNR.2018.593.14>

- Lee J., Finn C., 2007. Anthocyanins and other polyphenolics in American elderberry (*Sambucus canadensis*) and European elderberry (*S. nigra*) cultivars. *J. Sci. Food Agric.* 87, 2665–2675. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3029>
- Leja M., Mareczek A., Nanaszko B., 2007. Antyoksydacyjne właściwości owoców wybranych gatunków dziko rosnących drzew i krzewów. *Rocz. AR Pozn. CCCLXXXIII, Ogrodn.* 41, 327–331.
- Lin L., Harnly J., 2007. A screening method for the identification of glycosylated flavonoids and other phenolic compounds using a standard analytical approach for all plant materials. *J. Agric. Food Chem.* 55(4), 108496. <https://doi.org/10.1021/jf062431s>.
- Mahboubi M., 2020. *Sambucus nigra* (black elder) as alternative treatment for cold and flu. *Adv. Tradit. Med.* 10, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s13596-020-00469-z>
- Mahmoudi M., Ebrahimzadeh M., Dooshan A., Arimi A., Ghasemi N., Fathiazad F., 2014. Antidepressant activities of *Sambucus ebulus* and *Sambucus nigra*. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 18, 3350–3353.
- Mandrone M., Lorenzi B., Maggio A., Mantia T., Scordino M., Bruno M., Poli F., 2014. Polyphenols pattern and correlation with antioxidant activities of berries extracts from four different populations of Sicilian *Sambucus nigra* L. *Nat. Prod. Res.* 28(16), 1246–1253. <https://doi.org/10.1080/14786419.2014.898147>
- Martiş (Petruţ) G., Mureşan V., Marc R., Mureşan C., Pop C., Buzgău G., Mureşan A., Ungur R., Muste S., 2021. The physicochemical and antioxidant properties of *Sambucus nigra* L. and *Sambucus nigra* Haschberg during growth phases: from buds to ripening. *Antioxidants* 10, 1093. <https://doi.org/10.3390/antiox10071093>
- Mikulic-Petkovsek M., Ivancic A., Schmitzer V., Veberic R., Stampar F., 2016. Comparison of major taste compounds and antioxidative properties of fruits and flowers of different *Sambucus* species and interspecific hybrids. *Food Chem.* 200, 134–40. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.044>.
- Mikulic-Petkovsek M., Schmitzer V., Slatnar A., Stampar F., Veberic R., 2012. Composition of sugars, organic acids, and total phenolics in 25 wild or cultivated berry species. *J. Food Sci.* 77, 1064–1070. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02896.x>
- Mladěnka P., Říha M., Martin J., Gorová B., Matějček A., Spilková J., 2016. Fruit extracts of 10 varieties of elderberry (*Sambucus nigra* L.) interact differently with iron and copper. *Phytochem. Lett.* 18, 232–238.
- Młynarczyk K., Walkowiak-Tomczak D., 2017. Bioactive properties of elderflowers (*Sambucus nigra* L.). *World Sci. News* 73(2), 115–119.
- Młynarczyk K., Walkowiak-Tomczak D., Łysiak G., 2018. Bioactive properties of *Sambucus nigra* L. As a functional ingredient for food and pharmaceutical industry. *J. Funct. Foods* 40, 377–390. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.11.025>
- Młynarczyk K., Walkowiak-Tomczak D., Staniek H., Kidoń M., Łysiak G., 2020. 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* 25, 876. <https://doi.org/10.3390/molecules25040876>
- Moldovan B., David L., Achim M., Clichici S., Filip G., 2016. A green approach to phytomediated synthesis of silver nanoparticles using *Sambucus nigra* L. fruits extract and their antioxidant activity. *J. Mol. Liq.* 221, 271–278. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.06.003>
- Mratinić E., Fotirić M., 2007. Selection of black elderberry (*Sambucus nigra* L.) and evaluation of its fruits usability as biologically valuable food. *Genetica* 3(39), 305–314. <https://doi.org/10.2298/GENSR0703305M>
- Najar B., Ferri B., Cioni P., Pistelli L., 2021. Volatile emission and essential oil composition of *Sambucus nigra* L. organs during different developmental stages. *Plant Biosyst.* 155(4), 721–729. <https://doi.org/10.1080/11263504.2020.1779841>

- Nakajima J., Tanaka I., Seo S., Yamazaki M., Saito K., 2004. LC/PDA/ESI-MS profiling and radical scavenging activity of anthocyanins in various berries. *J. Biomed. Biotechnol.* 5, 241–247. <https://doi.org/10.1155/S1110724304404045>
- Nowak G., Nawrot J., 2009. Surowce roślinne i związki naturalne stosowane w chorobach układu oddechowego. *Herba Pol.* 55(4), 178–213.
- Nurzyńska-Wierdak R., 2016. Właściwości lecznicze i wykorzystanie w fitoterapii niektórych gatunków roślin drzewiastych. Krzewy półkuli północnej. *Ann. UMCS Sec. EEE* 26(2), 27–46.
- Ochmian I., Oszmiański J., Skupień K., 2009. Chemical composition, phenolics, and firmness of small black fruits. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 83(1), 64–69.
- Olejnik A., Kowalska K., Olkowicz M., Rychlik J., Juzwa W., Myszką K., Dembczyński R., Białas W., 2015. Anti-inflammatory effects of gastrointestinal digested *Sambucus nigra* L. fruit extract analysed in co-cultured intestinal epithelial cells and lipopolysaccharide-stimulated macrophages. *J. Funct. Foods* 19, 649–660. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.09.064>
- Olejnik A., Olkowicz M., Kowalska K., Rychlik J., Dembczyński R., Myszką K., Juzwa W., Białas W., Moyer M., 2016. Gastrointestinal digested *Sambucus nigra* L. fruit extract protects in vitro cultured human colon cells against oxidative stress. *Food Chem.* 197, 648–657. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.017>
- Oniszczyk A., Olech M., Oniszczyk T., Wojtunik-Kulesza K., Wójtowicz A., 2019. Extraction methods, LC-ESI-MS /MS analysis of phenolic compounds and antiradical properties of functional food enriched with elderberry flowers or fruits. *Arab. J. Chem.* 12, 4719–4730. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.09.003>
- Petrut G., Muste S., Muresan C., Paucean A., Muresan A., Nagy M., 2017. Chemical profiles and antioxidant activity of black elder (*Sambucus nigra* L.) – a review. *J. Food Sci. Technol.* 74(1), 9–16. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst:11591>
- Pliszka B., 2020. Content and correlation of polyphenolic compounds, bioelements and antiradical activity in black elder berries (*Sambucus nigra* L.). *J. Elem.* 25(2), 595–605. <https://doi.org/10.5601/jelem.2019.24.1.1829>
- Porter R., Bode R., 2017. A review of the antiviral properties of black elder (*Sambucus nigra* L.) products. *Phyther. Res.* 32(3), 413–425. <https://doi.org/10.1002/ptr.5782>
- Ramanauskienė K., Inkenienė A.M., Puidokaite E., Grigonis A., 2019. Quality analysis of semisolid formulations with the liquid extract of elderflower (*Sambucus nigra* L.). *Acta Pol. Pharm. – Drug Res.* 76(6), 1061–1071. <https://doi.org/10.32383/appdr/112052>
- Ran H., Yanyan L., Cui W., Yanan C., 2020. Phylogenetic and comparative analyses of complete chloroplast genomes of Chinese *Viburnum* and *Sambucus* (Adoxaceae). *Plants* 9(9), 1143. <https://doi.org/10.3390/plants9091143>
- Rauha J., Remes S., Heinonen M., Hopia A., Kahkonen M., Kujala T., Pihlaja K., Vuorela H., Vuorela P., 2000. Antimicrobial effects of Finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds. *Int. J. Food Microbiol.* 56, 3–12. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00218-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00218-X)
- Rodino S., Butu A., Butu M., Cornea B., 2015. Comparative studies on antibacterial activity of licorice, elderberry and dandelion. *Dig. J. Nanomater. Biostructures* 10(3), 947–955.
- Roschek B., Fink R., McMichael M., Li D., Alberte R., 2009. Elderberry flavonoids bind to and prevent H1N1 infection *in vitro*. *Phytochemistry* 70(10), 1255–1261. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.06.003>
- Roxas M., Jurenka J., 2007. Colds and influenza: a review of diagnosis and conventional, botanical, and nutritional considerations. *Altern Med Rev.* 12(1), 25–48.
- Salvador Â, Król E., Lemos V., Santos S., Bento F., Costa C., Almeida A., Szczepankiewicz D., Kulczyński B., Krejpcio Z., Silvestre A., Rocha S., 2017. Effect of elderberry (*Sambucus nigra* L.) extract supplementation in STZ-induced diabetic rats fed with a high-fat diet. *Int. J. Mol. Sci.* 18(13), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ijms18010013>

- Schön C., Mödinger Y., Krüger F., Doebeis C., Pischel I., Bonnländer B., 2021. A new high-quality elderberry plant extract exerts antiviral and immunomodulatory effects in vitro and ex vivo. *Food Agric. Immunol.* 32(1), 650–662. <https://doi.org/10.1080/09540105.2021.1978941>
- Sedláčková V., Grygorieva O., Fatrcová-Šramková K., Vergun O., Vinogradova Y., Ivanišová E., Brindza J., 2018. The morphological and antioxidant characteristics of inflorescences within wild-growing genotypes of elderberry (*Sambucus nigra* L.). *Potravinárstvo Slovak J. Food Sci.* 12(1), 444–453. <https://doi.org/10.5219/919>
- Senica M., Stampar F., Veberic R., Mikulic-Petkovsek M., 2016. Processed elderberry (*Sambucus nigra* L.) products: A beneficial or harmful food alternative? *LWT – Food Sci. Technol.* 72, 182–188. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.056>
- Sidor A., Gramza-Michałowska A., 2014. Advanced research on the antioxidant and health benefit of elderberry (*Sambucus nigra*) in food – a review. *J. Funct. Foods* 18, 941–958. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.07.012>
- Silva R., Barreira J., Heleno S., Barros L., Calhella R., Ferreira I., 2019. Anthocyanin profile of elderberry juice: a natural-based bioactive colouring ingredient with potential food application. *Molecules* 24(13), 2359. <https://doi.org/10.3390/molecules24132359>
- Stoilova I., Wilker M., Stoyanova A., Krastanov A., Stanchev V., 2007. Antioxidant activity of extract from elder flower (*Sambucus nigra* L.). *Herba Pol.* 53(1), 45–54.
- Szajdek A., Borowska E., 2008. Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits a review. *Plant Foods Hum. Nutr.* 63, 147–156. <https://doi.org/10.1007/s11130-008-0097-5>
- Tabaszewska M., Słupski J., Lisiewska Z., Ślęzyk A., 2015. Wybrane właściwości prozdrowotne produktów z bzu czarnego (*Sambucus nigra* L.). *Przem. Ferment. Owoc.-Warz.* 3, 14–16.
- Thomas A.L., Byers P.L., Finn C.E., Lee J., Chen Y.C., Rottinghaus G.E., Malone A.M., Applequist W.L., 2008. Occurrence of rutin and chlorogenic acid in elderberry leaf, flower, and stem in response to genotype, environment, and season. *Proc. XXVII IHC – Plants as Food and Medicine, Acta Hort.* 765, 197–206.
- Thomas A.L., Perkins-Veazie P., Byers P.L., Finn C.E., Lee J., 2013. A comparison of fruit characteristics among diverse elderberry genotypes grown in Missouri and Oregon. *J. Berry Res.* 3(3), 159–168. <https://doi.org/10.3233/JBR-130054>
- Torabian G., Valtchev P., Adil Q., Dehghani F., 2019. Anti-influenza activity of elderberry (*Sambucus nigra*). *J. Funct. Foods* 54, 353–360. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.01.031>
- Ulbricht C., Basch E., Cheung L., Goldberg H., Hammerness P., Isaac R., Khalsa K.P.S., Romm A., Viapiana A., Wesolowski M., 2017. The phenolic contents and antioxidant activities of infusions of *Sambucus nigra* L. *Plant. Foods Hum. Nutr.* 72, 82–87. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0594-x>
- Uzlasir T., Kadiroglu P., Selli S., Kelebek H., 2020. LC-DAD-ESI-MS/MS Characterization of elderberry flower (*Sambucus nigra*) phenolic compounds in ethanol, methanol, and aqueous extracts. *J. Food Process Preserv.* 45, e14478. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14478>
- Veberic R., Jakopič J., Stampar F., Schmitzer V., 2009. European elderberry (*Sambucus nigra* L.) rich in sugars, organic acids, anthocyanins and selected polyphenols. *Food Chem.* 114, 511–515. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.080>
- Viapiana A., Wesolowski M., 2017. The phenolic contents and antioxidant activities of infusions of *Sambucus nigra* L. *Plant. Foods Hum. Nutr.* 72, 82–87. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0594-x>
- Vlachojannis J., Cameron M., Chrubasik S., 2010. A systematic review on the *Sambuci fructus* effect and efficacy profiles. *Phytother. Res.* 24(1), 1–8. <https://doi.org/10.1002/ptr.2729>
- Vujanović M., Majkić T., Zengin G., Beara I., Cvetanović A., Mahomoodally Fawzi M., Radjoković M., 2019. Advantages of contemporary extraction techniques for the extraction of

- bioactive constituents from black elderberry (*Sambucus nigra* L.) flowers. *Ind. Crops Prod.*, 136, 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.04.058>
- Vulić J., Vračar M., Šumić M., 2008. Chemical characteristics of cultivated elderberry fruit. *Acta Period. Technol.* 39, 85–90. <https://doi.org/10.2298/APT0839085V>
- Waknine-Grinberg J., El-On J., Barak V., Barenholz Y., Golenser J., 2009. The immunomodulatory effect of Sambucol on leishmanial and malarial infections. *Planta Med.* 75(6), 581–586. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1185357>
- Walz B., Chrubasik S., 2008. Impact of a proprietary concentrate of *Sambucus nigra* L. on urinary pH. *Phytother. Res.* 22(7), 977–978. <https://doi.org/10.1002/ptr.2407>
- Waszkiewicz-Robak B., Biller E., 2018. Właściwości prozdrowotne czarnego bzu. *Probl. Hig. Epidemiol.* 99(3), 217–224.
- Weng J., Linb C., Laic H., Line Y., Wange C., Tsaie Y., Wuf K., Huangg S., Lin C., 2019. Antiviral activity of *Sambucus Formosana Nakai* ethanol extract and related phenolic acid constituents against human coronavirus NL63. *Virus Res.* 273, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2019.197767>
- Wozniwoda B., 2014. Leśne rośliny o jadalnych owocach – przegląd botaniczny. *Stud. Mater. Cent. Eduk. Przyr.-Leśn.* 6(38), 105–118.
- Wrońska-Pilarek, D., Jagodziński, A., Bocianowski, J., Marecik M., Janyszek-Sołtysiak M., 2020. Pollen morphology and variability of *Sambucus nigra* L. – *Adoxaceae*. *Biologia* 75, 481–493. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00396-8>
- Wu X., Gu L., Prior R., McKay S., 2004. Characterization of anthocyanins and proanthocyanidins in some cultivars of *Ribes*, *Aronia*, and *Sambucus* and their antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem.* 52(26), 7846–7856.
- Youdim M., Martin A., Joseph J., 2000. Incorporation of the elderberry anthocyanins by endothelial cells increases protection against oxidative stress. *Free Radic. Biol. Med.* 29(1), 51–60. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(00\)00329-4](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(00)00329-4)
- Zielińska-Pisklak M., Szeleszczuk Ł., Młodzianka A., 2013. Bez czarny (*Sambucus nigra*) domowy sposób nie tylko na grypę i przeziębienie. *Lek Pol.* 23(6–7), 48–54.
- Zielińska-Wasielica J., Olejnik A., Kowalska K., Olkowicz M., Dembczyński R., 2019. Elderberry (*Sambucus nigra* L.) fruit extract alleviates oxidative stress, insulin resistance, and inflammation in hypertrophied 3t3-11 adipocytes and activated raw 264.7 macrophages. *Foods* 8(326), 1–19. <https://doi.org/10.3390/foods8080326>

Abstract. Black elderberry (*Sambucus nigra* L.) is one of the most used herbal plants in the world. In folk medicine, its raw materials were used primarily as a diaphoretic, antipyretic and diuretic remedies. Nowadays, the antibacterial, antiviral, antidepressant, antitumor and hypoglycemic properties as well as lowering the concentration of fat and lipids of elderberry extracts have also been proven. The chemical composition of elderberry flowers and fruits is variable and depends on many factors (genetic, ontogenetic, environmental, post-harvest). Elderberry flowers contain flavonoids, phenolic acids, essential oil, organic acids, sugars and minerals, while the fruit, apart from the same, is dominated by anthocyanins. The rich chemical composition of elderberry raw materials and their strong biological activity create great possibilities of application in pharmaceutical, food and cosmetic production.

Key words: *Sambuci flos*, *Sambuci fructus*, flavonoids, anthocyanins, antioxidant activity

Otrzymano/Received: 14.12.2021
Zaakceptowano/Accepted: 1.03.2022