

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, procyanidyn, 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 procyjanidyny 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 kardioprotekcyjnych), 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 ułożenia 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 pożądanym. 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 procyjanidyn.

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 cyjanidyny 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 odytu 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%, hemicalulozę – 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. Awaryjne elektrownie jądrowe (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? Jedyne możliwe sposoby 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 vitinins. 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., Fougerousse 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., Fougerousse 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., Koziaróg-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.