

MOŻLIWE KORZYŚCI Z PICIA SOKU Z BURAKÓW LUB SOKU Z ARONII U CHORYCH Z CHROMANIEM PRZESTANKOWYM

Possible benefits of drinking beetroot juice or chokeberry juice in patients with intermittent claudication



Anita Kulik¹, Anna Koszela², Ewelina Rostonic²

¹Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu, Zamiejscowy Wydział Kultury Fizycznej w Gorzowie Wielkopolskim

²Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie

Pielęgniarstwo Chirurgiczne i Angiologiczne 2016; 1: 21–25

Praca wptynęła: 3.06.2015; przyjęto do druku: 18.06.2015

Adres do korespondencji:

Anita Kulik, Zamiejscowy Wydział Kultury Fizycznej w Gorzowie Wielkopolskim, ul. Estkowskiego 13, 66-400 Gorzów Wielkopolski, e-mail: konikanita@gmail.com

Streszczenie

Zwiększenie biodostępności tlenu azotu w organizmie można uzyskać poprzez spożycie produktów bogatych w azotany, które w organizmie mogą zostać zredukowane do tlenu azotu. Popularnym produktem bogatym w azotany jest sok z buraków. Przypisuje się mu także działanie obniżające ciśnienie tętnicze krwi oraz antyoksydacyjne. W pracach badawczych poświęconych poszukiwaniu skutecznej metody wspomagania zasobów antyoksydacyjnych organizmu i/lub ograniczenia podatności na stres oksydacyjny podkreśla się znaczenie antocyjanów. W dużej koncentracji występują one w jagodach, a w szczególności w aronii. Z uwagi na łatwość przechowywania oraz spożycia, prace badawcze przeprowadza się najczęściej z wykorzystaniem soku bądź ekstraktów z aronii. W pracach tych wykazano, że zawarte w soku z aronii antocyjany wygaszają wolne rodniki tlenowe, przyczyniają się do ograniczenia reakcji prooksydacyjnych oraz aktywacji antyoksydacyjnych enzymów. Celem pracy jest przegląd prac badawczych, których wyniki wskazują na potencjalne korzyści picia soku z buraków lub soku z aronii przez chorych z chromaniem przestankowym.

Słowa kluczowe: chromanie przestankowe, sok z buraków, sok z aronii.

Wstęp

U około 1/3 chorych na miażdżycę zarostową tętnic kończyn dolnych stwierdza się chromanie przestankowe [1, 2]. Ten pojawiający się podczas wysiłku i ustępujący po odpoczynku niedokrwienny ból w jednej lub obu kończynach dolnych znacznie obniża jakość życia chorych [3–5]. Około 1/3 chorych z chromaniem doświadcza bólu podczas chodzenia w domu, u przybliżonej liczby chorych ból pojawia się po przejściu 100 metrów [2]. Te powtarzające się w ciągu dnia epizody nie-

Summary

Increased bioavailability of nitric oxide in the body can be achieved through the consumption of foods rich in nitrates, which might be reduced to nitric oxide. Beetroot juice is a popular product that contains high level of nitrates. It is also said to have lowering effect on blood pressure and antioxidant properties. The importance of anthocyanins is highlighted in research studies aimed to find effective methods for supporting the body's antioxidant resources and/or reducing vulnerability to oxidative stress. Anthocyanins are present in berries, especially in chokeberries. It was shown that chokeberry juice consumption results in scavenging of reactive oxygen species, limitation of prooxidative reactions and activation of antioxidant enzymes. The aim of the study is to review research, which results indicate the potential benefits of drinking beetroot juice or the chokeberry juice in patients with intermittent claudication.

Key words: intermittent claudication, beetroot juice, chokeberry juice.

dokrwienia i następującej po nich reperfuzji prowadzą do wielu niekorzystnych zmian przyspieszających proces zapalny [6, 7]. Dochodzi do tworzenia się wolnych rodników tlenowych, aktywacji neutrofilów oraz uszkodzenia śródbłonka naczyniowego, które może się pojawić w miejscu odległym od niedokrwienia [6, 7]. Do zaburzeń funkcjonowania śródbłonka naczyniowego dochodzi już w okresie subklinicznego przebiegu miażdżycy. Ponadto wraz ze wzrostem stopnia zaawansowania choroby funkcjonowanie śródbłonka się pogar-

sza [8]. Uszkodzenie śródbłonna naczyniowego wyraża się zmniejszoną produkcją lub aktywnością tlenku azotu (NO) [8]. Może również prowadzić do szeregu zaburzeń sercowo-naczyniowych, takich jak: nadciśnienie tętnicze, choroba niedokrwienna serca, przewlekła niewydolność serca i miażdżycza zarostowa tętnic [9]. Wskazuje to na celowość podejmowania działań w kierunku zwiększenia i/lub poprawy biodostępności NO. W niewielkiej liczbie doniesień wykazano, że poprawę funkcjonowania śródbłonna naczyniowego u chorych z chromaniem przestankowym można uzyskać poprzez udział chorych w nadzorowanym treningu marszowym [10–14]. Wyniki niektórych badań wskazują, że spożywanie produktów bogatych w azotany (nitraty, NO_3^-) może zwiększyć biodostępność NO w organizmie i tym samym poprawić zależną od śródbłonna wazodylatację, zahamować agregację płytek i w efekcie polepszyć stan układu sercowo-naczyniowego [15].

Sok z buraków jako źródło azotanów

Za najbardziej bogate w azotany uznaje się zielone warzywa liściaste [16], aczkolwiek większa zawartość azotanów znajduje się w korzeniu niż w liściach i łodygach [17]. Przykładami warzyw o dużym stężeniu azotanów ($> 1000 \text{ mg/kg}$) są rukola, szpinak, sałata, rzodkiewka i buraki, które zawierają 140–260 mg azotanów na 100 g [15, 18].

Przypuszcza się, że to właśnie te warzywa odpowiadają za ochronne działanie na układ sercowo-naczyniowy, jakie przypisuje się diecie śródziemnomorskiej i nawykom żywieniowym w Japonii [19, 20]. Niewątpliwie, najpopularniejszym w ostatnich latach produktem bogatym w azotany jest sok z buraków [17, 21]. Oprócz wspomnianych azotanów, jest on źródłem antyoksydantów, potasu, betainy, sodu, magnezu oraz witaminy C [21]. Sokowi z buraków przypisuje się korzystny wpływ m.in. na trawienie i oczyszczanie organizmu. Ponadto sugeruje się, że ma on właściwości antynowotworowe, może obniżyć ryzyko powikłań sercowo-naczyniowych (udarów, powstawanie blaszek miażdżycowych w naczyniach obwodowych), ciśnienie tętnicze

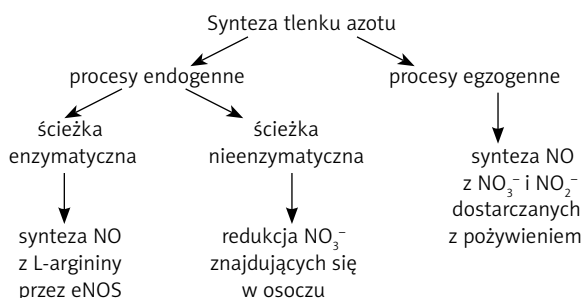
krwi oraz zmniejszyć stan zapalny [21]. Sok z buraków jako źródło azotanów, które w ustroju mogą zostać zredukowane do tlenku azotu, jest szczególnie ważny dla chorych z miażdżyczą zarostową tętnic kończyn dolnych.

Rola azotanów w powstawaniu i biodostępności tlenku azotu

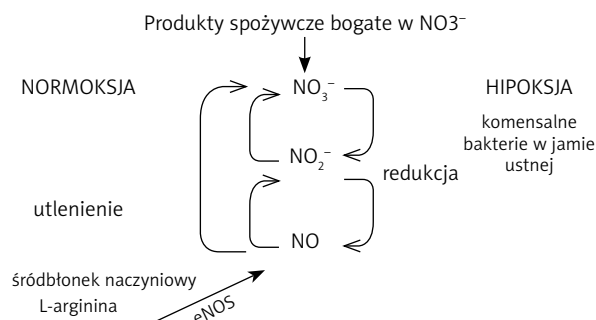
Tlenek azotu w organizmie syntezowany jest w procesach endogennych i egzogennych (ryc. 1.) [17].

W procesach endogennych wyróżnia się ścieżkę enzymatyczną i nieenzymatyczną. Pierwsza polega na syntezowaniu NO z L-argininy przez śródbłonną syntazę tlenku azotu (eNOS). Druga polega na reakcji redukcji jonów NO_3^- znajdujących się w osoczu do NO [3, 17]. Jest to reakcja odwracalna – tlenek azotu może być utleniony do jonów NO_2^- i NO_3^- [3]. Znajdujące się w ludzkim osoczu jony NO_2^- w ok. 70% pochodzą z aktywności eNOS [22]. Ich ilość można także zwiększyć poprzez spożycie produktów bogatych w azotany. Dostarczanie azotanów z pożywieniem zaliczane jest do procesów egzogennych [1, 16, 17]. Po spożyciu produktów zawierających azotany związki te są wchłaniane w jelicie cienkim do osocza [1]. Szczytowe stężenie azotanów w osoczu osiągnęte jest po ok. 1–2 godzinach od ich spożycia [23]. Mimo że większość dostarczonych z pożywieniem azotanów jest wydalanych z moczem, ok. 25% z nich jest przejmowana przez gruczoły ślinowe [1]. Przy udziale bakterii w jamie ustnej część jonów NO_3^- jest redukowana do NO_2^- [24]. Następnie, w kwaśnym środowisku żołądka oraz jelita cienkiego, część lub całość jonów NO_2^- może zostać zredukowana do tlenku azotu. W osoczu część tlenku azotu może być ponownie konwertowana do NO_2^- , NO_3^- [1, 3]. Poza tym NO_2^- może również być absorbowany z jelita do osocza z pominięciem fazy redukcji do NO (ryc. 2.) [1].

Pozyskiwanie tlenku azotu z jonów NO_3^- i NO_2^- dostarczanych wraz z pożywieniem ma szczególne znaczenie w warunkach niedotlenienia tkanek [17], które to na co dzień występują u chorych z chromaniem przestankowym. Związki te wraz z krwią mogą być dostarczane do niedotlenionych obszarów, gdzie po redukcji do



Ryc. 1. Synteza tlenku azotu [17]



Ryc. 2. Synteza NO z azotanów dostarczanych z pożywieniem [17]

tlenku azotu działają wazodylatacyjnie na ścianę tętnicy, zwiększając przez to ukrwienie i dostawę tlenu [1]. Na podstawie powyższych doniesień Kenjale i wsp. [1] postawili hipotezę, że suplementacja sokiem z buraków w grupie chorych z chromaniem przestankowym powinna wpłynąć na zwiększenie przepływu krwi przez mięśnie i dostawę tlenu do mięśni, przez co niedokrwienność ból w kończynach dolnych powinien się pojawiać później. Wyniki ich badań potwierdziły postawioną hipotezę – w analizowanej grupie chorych po jednorazowym spożyciu 500 ml soku z buraków bezbólowy dystans marszu wydłużył się istotnie o 18%, a maksymalny dystans marszu o 17%. Autorzy zaobserwowali również, że po wypiciu 500 ml soku z buraków stężenie NO_3^- oraz NO_2^- w osoczu było istotnie większe, a zmiana ta korelowała z wydłużonym bezbólowym oraz maksymalnym dystansem marszu [1]. Ostatnia obserwacja pozostaje w zgodzie z wynikami innych prac, w których wykazano, że przedwysiłkowe stężenie NO_2^- w osoczu jest niezależnym czynnikiem prognostycznym zdolności do wykonania wysiłku fizycznego [25–29]. W badaniach przeprowadzonych na osobach zdrowych o różnym stopniu wytrenowania wykazano, że najbardziej znaczącym efektem suplementacji sokiem z buraków jest zmniejszenie kosztu metabolicznego wysiłku, zwiększenie tolerancji wysiłku przy submaksymalnym obciążeniu oraz łagodzenie niekorzystnego działania niedotlenienia na tkanki podczas wysiłku fizycznego [17, 21]. Warto podkreślić, że u zdrowych osób ergogeniczne efekty picia soku z buraków były notowane zarówno po jednorazowej podaży (2–3 godziny przed rozpoczęciem wysiłku), jak i po dłuższej suplementacji (kilka podaży przez 2–15 dni) [17]. Do ciekawych wniosków doszli również Miller i wsp. [23], którzy analizowali wpływ picia soku z buraków i diety zawierającej produkty bogate w azotany na stężenie azotanów i azotynów w osoczu u zdrowych osób starszych. Badani zostali przydzieleni do 4 grup, które przez 3 kolejne dni poddawane były następującej interwencji: dwie grupy spożywały produkty bogate w azotany, dwie grupy miały tzw. dietę kontrolną. W każdej parze jedna z grup spożywała dodatkowo sok z buraków. Zwiększone stężenie azotanów i azotynów w osoczu notowano tylko w grupach, które spożywały sok z buraków. W grupie, która spożywała produkty bogate w azotany (ale bez soku) nie obserwowano istotnych zmian. Ważną informacją wynikającą z badań Miller i wsp. jest to, że spożycie soku z buraków przez osoby starsze podczas śniadania zwiększa stężenie osoczkowego NO_3^- i NO_2^- w ciągu dnia. Może to stanowić praktyczną implikację dla planowania wysiłku fizycznego dla osób starszych z dysfunkcją naczyń [23].

Wpływ soku z buraków na ciśnienie tętnicze

Oprócz zwiększenia biodostępności tlenu azotu, suplementacja sokiem z buraków u chorych z chroma-

niem przestankowym może działać korzystnie, obniżając ciśnienie tętnicze. W przytoczonych już wcześniej badaniach Kenjale i wsp. [1] autorzy po jednorazowej suplementacji 500 ml soku z buraków zanotowali u badanych istotne obniżenie rozkurczowego ciśnienia tętniczego. Obniżona wartość ciśnienia rozkurczowego notowana była po 3 godzinach od wypicia soku, czyli w tym samym czasie, kiedy stężenie NO_2^- w osoczu osiągnęło maksimum [1]. Pozostaje to w zgodzie z wynikami badań przeprowadzonych na osobach zdrowych [30] i podtrzymuje hipotezę, że opóźniony w czasie wzrost stężenia NO_2^- w osoczu wynika z jego biokonwersji w organizmie z NO_3^- do NO_2^- , a następnie do NO [16]. Warto zauważyć, że Kenjale i wsp. obniżone wartości rozkurczowego ciśnienia tętniczego obserwowali u badanych także podczas wysiłku fizycznego (stopniowana próba marszowa na bieżni według protokołu Gardnera). Co więcej, w grupie, która wypita sok z buraków, w porównaniu z grupą kontrolną 2 minuty po zakończeniu wysiłku do maksymalnego bólu notowano niższe wartości skurczów serca oraz skurczowego ciśnienia krwi, mimo że w grupie tej czas trwania wysiłku był dłuższy. Sugeruje to, że działanie soku z buraków na obniżenie ciśnienia tętniczego u chorych z chromaniem przestankowym może być niezależne od obciążenia chorego wysiłkiem fizycznym [1]. Potrzebne są jednak kolejne badania, które potwierdziłyby otrzymane dotychczas wyniki w grupie chorych z chromaniem przestankowym. Szczególne oczekiwania wiąże się również z możliwością obniżenia ciśnienia tętniczego poprzez suplementację sokiem z buraków u chorych z nadciśnieniem [16, 31].

Sok z buraków jako źródło antyoksydantów

Sok z buraków jest bogatym źródłem antyoksydantów [21]. Szczególne właściwości antyoksydacyjne przypisuje się głównym barwnikom buraka czerwonego. Sugeruje się, że regularne spożywanie soku z buraków może działać ochronnie w niektórych sytuacjach stresu oksydacyjnego u ludzi [21]. Wykazano, że azotyny mogą hamować produkcję wolnych rodników tlenowych w mitochondriach. Tym samym mogą działać ochronnie na endogenny proces syntezy NO z L-argininy [16]. Jednakże zagadnienie to wymaga potwierdzenia w kolejnych badaniach.

Stres oksydacyjny i potencjał antyoksydacyjny w chromaniu przestankowym

U chorych z chromaniem przestankowym w wyniku powtarzających się podczas chodzenia i odpoczynku stanów niedokrwienia-reperfuzyj dochodzi do produkcji reaktywnych form tlenu (RFT) [7, 32]. Ilość gene-

rowanych RFT przewyższa możliwości obrony antyoksydacyjnej organizmu. Ten brak równowagi między działaniem RFT a potencjałem antyoksydacyjnym nazywany jest stresem oksydacyjnym. W tych warunkach dochodzi do uszkodzenia śródbłonna naczyniowego, co przyczynia się do zmniejszenia ilości NO. Wśród działań podejmowanych w celu ograniczenia stresu oksydacyjnego u chorych z chromaniem wymienia się regularny trening fizyczny. Partyka i wsp. [32] opisali w tej grupie pacjentów wzrost potencjału antyoksydacyjnego po 12-tygodniowym treningu marszowym na bieżni (3 × 30 min/tydzień, 1,8 km/godz.), połączonym z podażą pentoksyfiliny (3 × 400 mg/dobę). Autorzy sugerują, że uzyskany wynik świadczy o mniejszej podatności na stres oksydacyjny lub o jego ograniczonym nasileniu, jak również o mniejszym zużyciu mechanizmów ochronnych lub też o zwiększonej regeneracji tych mechanizmów.

Ostatnio w pracach badawczych poświęconych poszukiwaniu skutecznej metody wspomagania zasobów antyoksydacyjnych organizmu i/lub ograniczenia podatności na stres oksydacyjny podkreśla się znaczenie antocyjanów [33–36]. Antocyjany to barwniki roślinne, zaliczane do grupy flawonoidów [37]. W dużej koncentracji występują one w jagodach, a w szczególności w aroniach [34]. Z uwagi na łatwość przechowywania oraz spożycia, prace badawcze przeprowadza się najczęściej z wykorzystaniem soku bądź ekstraktów z aronii [35, 36]. W pracach tych wykazano, że zawarte w soku z aronii antocyjany wygaszają wolne rodniki tlenowe, przyczyniają się do ograniczenia reakcji prooksydacyjnych oraz aktywacji antyoksydacyjnych enzymów [36]. Z badań wynika również, że antocyjany wpływają na chelatowanie metali grup przejściowych, przede wszystkim żelaza (Fe), wpływając tym samym na ograniczenie tworzenia niezwykle reaktywnego rodnika hydroksylowego [38]. Wykazano ponadto, że związki zawarte w soku mają wpływ na ograniczenie stanu zapalnego. Sugeruje się, że dzięki temu sok z aronii może pośrednio działać ochronnie na śródbłonek naczyniowy. W pojedynczej pracy ochronne działanie antocyjanów na komórki śródbłonna naczyniowego obserwowano przy ich wyjątkowo niskiej koncentracji, która w organizmie człowieka może zostać osiągnięta poprzez spożycie produktów z aronii [39]. Niestety, przeprowadzono niewiele badań klinicznych, w których analizowano działanie soku z aronii [35]. Skoczyńska i wsp. [37] wykazali korzystne działanie soku z aronii na profil lipidowy, stężenie glukozy, homocysteiny oraz fibrynogenu u osób z łagodną hipercholesterolemią. Ponadto u badanych zanotowali znaczące obniżenie ciśnienia tętniczego. Należy podkreślić, że efekty te zostały osiągnięte po regularnym 6-tygodniowym spożywaniu 100-procentowego soku z aronii (250 ml/dobę). W kolejnej pracy [40] u chorych z łagodną hipercholesterolemią po 6-tygodniowej suplementacji sokiem

z aronii również obserwowano korzystne zmiany w profilu lipidowym oraz znaczne zwiększenie stężenia tlenu azotu wraz z poprawą zależnej od przepływu wazodylatacji. Wydaje się, że suplementacja sokiem z aronii mogłaby się okazać szczególnie korzystna dla chorych z chromaniem przestankowym. Na chwilę obecną brak jest jednak prac, które potwierdziłyby powyższą hipotezę.

Podsumowanie

Pojedyncza praca Kenjale i wsp., jak również wyniki innych autorów uzyskane u osób zdrowych zdają się dostarczać argumentów przemawiających za słusznością zalecenia picia soku z buraków przez chorych z chromaniem przestankowym. Wymaga to jednak potwierdzenia w kolejnych badaniach z udziałem tej grupy chorych. Istnieje ponadto wiele wątpliwości dotyczących wielkości skutecznej dawki, czasu suplementacji czy też możliwych działań niepożądanych. Zastanawiająca jest również możliwość połączenia suplementacji sokiem z buraków z udziałem w nadzorowanym treningu marszowym. Allen i wsp. zanotowali istotne zwiększenie stężenia NO₂⁻ w osoczu u chorych z chromaniem przestankowym, którzy uczestniczyli w 3-miesięcznym nadzorowanym treningu marszowym na bieżni [41]. Nasuwa to przypuszczenie, że połączenie suplementacji sokiem i treningu przyniosłoby jeszcze większe korzyści w tej grupie pacjentów.

Autorki deklarują brak konfliktu interesów.

Piśmiennictwo

1. Kenjale AA, Ham KL, Stabler T, et al. Dietary nitrate supplementation enhances exercise performance in peripheral arterial disease. *J Appl Physiol* 2011; 110: 1582-1591.
2. Hiatt WR. Medical treatment of peripheral arterial disease and claudication. *N Engl J Med* 2001; 344: 1608-1621.
3. Allen JD, Giordano T, Kevil CG. Nitrite and nitric oxide metabolism in peripheral artery disease. *Nitric Oxide* 2012; 26: 217-222.
4. Khaira HS, Hanger R, Shearman CP. QOL in patients with intermittent claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1996; 11: 65-69.
5. Breek JC, Aquarius AEAM, De Vries J, et al. Quality of life in patients with intermittent claudication using the World Health Organisation (WHO) questionnaire. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2001; 21: 118-122.
6. Tisi PV, Hulse M, Chulakadabba A, et al. Exercise training for intermittent claudication: does it adversely affect biochemical markers of the exercise-induced inflammatory response? *Eur J Endovasc Surg* 1997; 14: 344-350.
7. Tan KH, Cossart L, Edwards PR. Exercise training and peripheral vascular disease. *Br J Surg* 2000; 87: 553-562.
8. Brevetti G, Schiano V, Chiariello M. Endothelial dysfunction: A key to the pathophysiology and natural history of peripheral arterial disease? *Atherosclerosis* 2008; 197: 1-11.
9. Cannon RO III. Role of nitric oxide in cardiovascular disease: focus on the endothelium. *Clin Chem* 1998; 44: 1809-1819.
10. Brendle DC, Joseph LJ, Corretti MC, et al. Effects of exercise rehabilitation on endothelial reactivity in older patients with peripheral arterial disease. *Am J Cardiol* 2001; 87: 324-329.

11. Andreozzi GM, Leone A, Laudani R, et al. Acute impairment of the endothelial function by maximal treadmill exercise in patients with claudication, and its improvement after supervised physical training. *Int Angiol* 2007; 26: 12-17.
12. McDermott MM, Ades P, Guralnik JM, et al. Treadmill exercise and resistance training in patients with peripheral arterial disease with and without intermittent claudication. *JAMA* 2009; 301: 165-174.
13. Mika P, Konik A, Januszek R. Comparison of two treadmill training programs on walking ability and endothelial function in intermittent claudication. *Int J Cardiol* 2013; 168: 838-842.
14. Rosłonec E, Krzywkowska M, Konik A. Czy trening marszowy na bieżni poprawia wazodylatoryjną funkcję śródbłonna naczyniowego u chorych z chropaniem przestankowym? *Pielęg Chir Angiol* 2014; 3: 133-138.
15. Lidder S, Webb AJ. Vascular effects of dietary nitrate (as found in green leafy vegetables & beetroot) via the nitrate-nitrite-nitric oxide pathway. *Br J Clin Pharmacol* 2012; 75: 677-696.
16. Hobbs DA, George TW, Lovegrove JA. The effects of dietary nitrate on blood pressure and endothelial function: a review of human intervention studies. *Nutr Res Rev* 2013; 26: 210-222.
17. Zafeiridis A. The Effects of Dietary Nitrate (Beetroot Juice) Supplementation on Exercise Performance: A Review. *Am J Sports Sci* 2014; 2: 97-110.
18. Alexander J, Benford D, Cockburn A, et al. Nitrate in vegetables. *EFSA Journal* 2008; 689: 1-79.
19. Raat NJ, Noguchi AC, Liu VB, et al. Dietary nitrate and nitrite modulate blood and organ nitrite and the cellular ischemic stress response. *Free Radic Biol Med* 2009; 47: 510-517.
20. Sobko T, Marcus C, Govoni M, et al. Dietary nitrate in Japanese traditional foods lowers diastolic blood pressure in healthy volunteers. *Nitric Oxide* 2010; 22: 136-140.
21. Ormbose MJ, Lox J, Arciero PJ. Beetroot juice and exercise performance. *Nutrition and Dietary Supplements* 2013; 5: 27-35.
22. Kleinbongard P, Dejam A, Lauer T, et al. Plasma nitrite reflects constitutive nitric oxide synthase activity in mammals. *Free Radic Biol Med* 2003; 35: 790-796.
23. Miller GD, Marsh AP, Dove RW, et al. Plasma nitrate and nitrite are increased by a high-nitrate supplement but not by high-nitrate foods in older adults. *Nutr Res* 2012; 32: 160-168.
24. Lundberg JO, Weitzberg E, Cole JA, Benjamin N. Nitrate, bacteria and human health. *Nat Rev Microbiol* 2004; 2: 593-602.
25. Dreissigacker U, Wendt M, Wittke T, et al. Positive correlation between plasma nitrite and performance during high-intensive exercise but not oxidative stress in healthy men. *Nitric Oxide* 2010; 23: 128-135.
26. Rassaf T, Lauer T, Heiss C, et al. Nitric oxide synthase-derived plasma nitrite predicts exercise capacity. *Br J Sports Med* 2007; 41: 669-673.
27. Totzeck M, Hendgen-Cotta UB, Rammos C, et al. Higher endogenous nitrite levels are associated with superior exercise capacity in highly trained athletes. *Nitric Oxide* 2012; 27: 75-81.
28. Wilkerson DP, Hayward GM, Bailey SJ, et al. Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol* 2012; 112: 4127-4134.
29. Wylie LJ, Mohr M, Krstrup P, et al. Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance. *Eur J Appl Physiol* 2013; 113: 1673-1684.
30. Webb AJ, Patel N, Loukogeorgakis S, et al. Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. *Hypertension* 2008; 51: 784-790.
31. Weitzberg E, Lundberg JO. Novel aspects of dietary nitrate and human health. *Ann Rev Nutr* 2013; 33: 129-159.
32. Partyka Ł, Hartwich J, Drożdż W i wsp. Zmiany w parametrach stresu oksydacyjnego i mechanizmów antyoksydacyjnych u chorych z miażdżycą naczyń obwodowych poddanych leczeniu chirurgicznemu i zachowawczemu. *Acta Angiologica* 2001; 7: 29-41.
33. Bell DR, Gochenaur K. Direct vasoactive and vasoprotective properties of anthocyanin-rich extracts. *J Appl Physiol* 2006; 100: 1164-1170.
34. Basu A, Rhone M, Lyons TJ. Berries: emerging impact on cardiovascular health. *Nutr Rev* 2010; 68: 168-177.
35. Chrubasik C, Li G, Chrubasik S. The clinical effectiveness of chokeberry: a systematic review. *Phytother Res* 2010; 24: 1107-1114.
36. Denev PN, Kratchanov CG, Ciz M, et al. Bioavailability and antioxidant activity of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) polyphenols: in vitro and in vivo evidences and possible mechanisms of action: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2012; 11: 471-489.
37. Skoczynska A, Jędrychowska I, Poręba R, et al. Influence of chokeberry juice on arterial blood pressure and lipid parameters in men with mild hypercholesterolemia. *Pharmacol Rep* 2007; 59 (Suppl 1): 177-182.
38. Zielińska-Przyjemna M, Olejnik A, Grajek W. Wpływ soku z buraka ćwikłowego i aronii in vitro na metabolizm tlenowy i apoptozę ludzkich granulocytów obojętnochłonnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2007; 2: 174-186.
39. Zapolska-Downar, D, Bryk, D, Małecki, M, et al. Aronia melanocarpa fruit extract exhibits anti-inflammatory activity in human aortic endothelial cells. *Eur J Nutr* 2012; 51: 563-572.
40. Poreba R, Skoczynska A, Gac P, et al. Drinking of chokeberry juice from the ecological farm Dzieciolowo and distensibility of brachial artery in men with mild hypercholesterolemia. *Ann Agric Environ Med* 2009; 16: 305-308.
41. Allen JD, Stabler T, Kenjale A, et al. Plasma nitrate flux predicts exercise performance in peripheral arterial disease following 3 months of exercise training. *Free Radic Biol Med* 2010; 49: 1138-1144.