

WPŁYW SUPLEMENTÓW POCHODZENIA ROŚLINNEGO NA WYDOLNOŚĆ FIZYCZNĄ

PLANT SUPPLEMENTS AND EXERCISE CAPACITY

Grażyna Lutosławska

Katedra Nauk Biomedycznych, Akademia Wychowania Fizycznego, Warszawa

Streszczenie

W celu poprawy uzyskiwanych wyników sportowcy wyczynowi, ale także osoby aktywne rekreacyjnie stosują liczne środki wspomagające, czyli suplementy. Wśród stosowanych preparatów liczną grupę stanowią suplementy pochodzenia roślinnego znane i stosowane od dawna w tradycyjnych medycynach krajów azjatyckich. W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki badań naukowych dotyczących składu popularnych suplementów, ich wpływ na różne cechy wydolności i zmiany w tkance mięśniowej wywołane wysiłkiem.

Słowa kluczowe: suplementy roślinne, wytrzymałość, szybkość, siła, bolesność mięśni

Abstract

It is well documented that high performance athletes but also recreationally active subjects used many different supplements to improve exercise capacity. Among them there are many plant supplements well known from traditional medicine in countries of Asian region. This review summarizes scientific data concerning their effects on aerobic, anaerobic and strength performance and skeletal muscle in response to exercise.

Key words: plant supplements, aerobic capacity, anaerobic capacity strength, delayed muscle soreness

Wstęp

Niezależnie od dyscypliny sportu prawidłowy skład diety osób wyczynowo uprawiających sport ma istotne znaczenie dla uzyskiwanych wyników, a niedobór energii, a tym samym składników makro – i mikro-odżywczych jest przyczyną obniżenia formy sportowej i komplikacji zdrowotnych (np. zmniejszenia gęstości kości i odporności organizmu u obu płci czy zaburzeń menstruacji u kobiet) [1]. O konieczności przestrzegania zasad prawidłowego żywienia przez sportowców informują liczne publikacje Międzynarodowego Stowarzyszenia Żywienia w Sporcie (ISSN) [2-8]. Ponadto w licznych publikacjach ISSN przedstawia dane dotyczące stosowania dozwolonych środków wspomagających, takich jak witaminy, minerały, pochodne kreatyny, beta-hydroksy-maślan (HMB), aminokwasy rozgałęzione (BCAA) czy beta-alaninę, których działanie wspomaga wydolność organizmu [9-12].

W badaniach dotyczących wspomagania w sporcie również wiele uwagi poświęcono suplementom pochodzenia roślinnego, z których wiele jest znanych i stosowanych w medycynie tradycyjnej (ang. TM) w różnych częściach świata. Do tej grupy suplementów należą preparaty otrzymywane z roślin stosowanych w tradycyjnej medycynie chińskiej czy hinduskiej takich jak żeń-szeń właściwy (*Panax ginseng* C.A. Meyer), różeniec górski (*Rhodiola rosea* L.), miłorząb

chiński (*Ginkgo biloba* L.), zielona herbata (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), ale także wiele innych roślin uprawianych w różnych regionach świata (np. imbir (*Zingiber officinale*), buzdyganek naziemny (*Tribulus terrestris* L.) czy ostryż długi (*Curcuma longa*) [13,14].

Dane z piśmiennictwa wskazują, że preparaty otrzymywane z wymienionych roślin były przedmiotem badań jako potencjalne suplementy wspomagające różne cechy wydolności.

Żeń-szeń właściwy

Badania dotyczące wpływu wyciągów z żeń-szenia na wydolność fizyczną dotyczą głównie wysiłków o charakterze tlenowym. Jednak wyniki badań uzyskane zarówno osób uprawiających sport jak i nieaktywnych są sprzeczne. Wykazano bowiem zarówno efekt pozytywny (np. wzrost maksymalnego poboru tlenu, zmniejszenie produkcji mleczanu i obniżenie częstości skurczów serca, stymulację lipolizy) jak i brak wpływu wspomagania preparatami z żeń-szenia stosowanych w dawce 200 mg/dzień przez okres 1–8 miesięcy [15-18]. W innych badaniach wykazano wzrost stężenia hemoglobiny we krwi, korzystne zmiany w profilu lipidowym, a także stymulację przemian tlenowych w mitochondriach [19,20].

Znacznie mniej uwagi poświęcono wysiłkom o charakterze beztlenowym. Engels i wsp. [21] nie

wykazali wpływu stosowanych preparatów w dawce 400 mg/dzień na moc maksymalną i średnią w powtarzanym teście Wingate. Podobne wyniki uzyskali Kim i wsp. [22], ale jednocześnie stwierdzili istotne obniżenie stężenia mleczanu i amoniaku we krwi po wysiłku u osób, które stosowały wspomaganie wyciągiem z żeń-szenia.

Podobnie niewiele jest danych dotyczących wpływu suplementacji wyciągiem z żeń-szenia na efekty treningu siłowego, a uzyskane wyniki sugerują, że suplementacja pozytywnie wpływa na transport tlenu do mięśni, ale nie wpływa na zwiększenie siły mięśniowej [23,24].

Przyczyną niejednoznacznych wyników zarówno w odniesieniu do wydolności tlenowej jak i beztlenowej mogą być różnice w składzie stosowanych preparatów żeń-szenia. Wiadomo, bowiem, że korzeń żeń-szenia zawiera kilkadziesiąt substancji aktywnych – ginsenozydów – których wpływ na organizm jest zróżnicowany [25,26]. Jednocześnie skład suplementów różni się w zależności od regionu, z którego pochodzi roślina [27]. Na skład suplementów wpływa także metoda postępowania z samym korzeniem, bowiem znaczne różnice w składzie chemicznym występują między preparatami uzyskanymi ze świeżego suszonego korzenia i korzenia poddanego działaniu pary wodnej i następnie suszonego [28,29]. Nie można także wykluczyć istotnych różnic w indywidualnej wrażliwości na działanie substancji aktywnych obecnych w żeń-szeniu, co sugerują badania Caldwell'a i wsp. [30].

Ponadto wiadomo, że substancje aktywne obecne w korzeniu żeń-szenia ulegają przemianom w przewodzie pokarmowym, a ich metabolity charakteryzują się znaczną aktywnością biologiczną [31]. Stąd też w nowszych badaniach oceniany jest wpływ pojedynczych składników żeń-szenia na przemiany metaboliczne. I tak Lee i wsp. [32] stwierdzili, że kompleks UGO712 zawierający kilka składników żeń-szenia stosowany w dawce 100 i 500 mg/dzień powoduje większy wzrost maksymalnego poboru tlenu i siły mięśni u osób nieaktywnych poddanych 12-tygodniowemu treningowi wytrzymałości i siły mięśni w porównaniu z osobami otrzymującymi placebo. Natomiast Wu i wsp. [33] stwierdzili, że suplementacja wyizolowanym z żeń-szenia związkiem Rg1 zapobiega zmniejszeniu liczby komórek satelitarnych po wysiłku. W konsekwencji, biorąc pod uwagę istotną rolę tych komórek w procesie regeneracji mięśni szkieletowych można przypuszczać, że Rg1 ma pozytywny wpływ na ten proces [34].

Dobrze udokumentowane w piśmiennictwie są także właściwości antyoksydacyjne suplementów z żeń-szenia, co jest konsekwencją wysokiej zawartości licznych polifenoli [35].

Należy jednocześnie zauważyć, że rośliny z rodzaju *Panax* to 20 różnych gatunków występujących zarówno na Dalekim Wschodzie jak i w Ameryce

Północnej [36] i niektóre z nich (np. *Panax notoginseng* czy żeń-szeń amerykański (*Panax quinquefolius*) były przedmiotem zainteresowania naukowców jako źródło suplementów w sporcie, choć liczba publikacji dotyczących ich działania jest znacząco mniejsza w porównaniu z tymi, które dotyczyły efektów żeń-szenia właściwego [37-39].

W piśmiennictwie dotyczącym wspomagania w sporcie dostępne są prace analizujące wpływ żeń-szenia syberyjskiego czy tajskiego na różne cechy wydolności organizmu [40-42]. Należy jednak podkreślić, że stosowanie obu terminów jest mylące, ponieważ obie rośliny wg obowiązującej systematyki nie należą do tego samego gatunku co żeń-szeń właściwy [43-45].

Różeniec górski

Badania dotyczące wpływu wyciągu z różenca górskiego na wydolność fizyczną są nieliczne, a wyniki badań sprzeczne. De Bock i wsp. [46] stwierdzili, że wyciąg z rośliny w dawce 200 mg/dzień stosowany przez 4 tygodnie istotnie poprawia wydolność młodych aktywnych mężczyzn zwiększając maksymalny pobór tlenu i wydłużając czas do wyczerpania w czasie wysiłku o wzrastającej intensywności na cykloergometrze rowerowym. Nie wykazano natomiast wpływu suplementacji na wskaźniki siły mięśniowej. Natomiast u sportowców uprawiających dyscypliny wytrzymałościowe nie wykazano wpływu wyciągu na maksymalny pobór tlenu w czasie wysiłku do wyczerpania, stwierdzono natomiast obniżenie stężenia mleczanu i spadek aktywności kinazy kreatynowej (CK) we krwi, co sugeruje poprawę możliwości wysiłkowych organizmu [47]. Należy podkreślić, że nowsze wyniki badań wskazują na pozytywny wpływ wyciągu z różenca górskiego w dawce 600 mg/dzień przez 4 tygodnie na wyniki testów psychomotorycznych, ale nie na maksymalny pobór tlenu [48]. Wydaje się również, że jednorazowa dawka wyciągu (3 mg/kg) stosowana przed wysiłkiem korzystnie wpływa na subiektywne odczucie zmęczenia po biegu na dystansie 6 mil [49].

A zatem, podobnie jak w przypadku badań dotyczących aktywności wyciągu z żeń-szenia właściwego, brak jest jednoznacznej odpowiedzi w jaki sposób wyciąg z różenca wpływa na wydolność organizmu. Przyczyną zróżnicowania wyników jest zapewne stosowanie różnych dawek wyciągu, ale także różny ich skład na który istotny wpływ wywiera miejsce hodowli rośliny [50]. Wiadomo bowiem, że zarówno korzeń jak i kłącze różenca zawiera bardzo wiele substancji biologicznie aktywnych (np. tyrozol, salidrozyd, rozarin, rozawin trójterpeny, polifenole) o zróżnicowanym profilu działania, których ilość preparatach jest zróżnicowana [51-53]. Warto jednak podkreślić, że dobrze udokumentowane jest antyoksydacyjne i przeciwbakteryjne działanie wyciągu z różenca [54].

Miłorząb chiński

W dostępnym piśmiennictwie badania dotyczące wpływu wyciągu z liści miłorzębu na wydolność fizyczną są nieliczne. W badaniach z udziałem studentów wychowania fizycznego wykazano, że preparat uzyskany z miłorzębu w dawce 160 mg/dzień przez okres 6 tygodni nieznacznie zwiększa maksymalny pobór tlenu w czasie wysiłku o wzrastającej intensywności na ergometrze rowerowym [55]. W tych samych badaniach stwierdzono natomiast niewielki, choć istotny wzrost stężenia neurotroficznego czynnika pochodzenia mózgowego (BDNF) – białka o szerokim spektrum działania, które może istotnie i pozytywnie wpływać na regenerację komórek nerwowych i mięśniowych [56,57].

Powyższe wyniki nie wykluczają jednak szerokiego spektrum działania wyciągów z miłorzębu na funkcjonowanie centralnego układu nerwowego i funkcje poznawcze (np. przewidywanie i podejmowanie decyzji) – cechy istotne dla osiągnięcia sukcesu w sporcie [58,58]. Wymienione efekty mogą być konsekwencją wpływu substancji specyficznych dla miłorzębu – ginkgolidów A,B, C, J oraz bilobalidu [60,61].

Zielona herbata

Dane z piśmiennictwa wskazują, że u osób trenujących wyciąg z zielonej herbaty stosowany przez okres 3 tygodni nie wpływa na współczynnik wymiany gazowej w czasie wysiłku o intensywności 50 % mocy maksymalnej [62]. Podobnie nie stwierdzono wpływu wyciągu z zielonej herbaty na maksymalny pobór tlenu w czasie wysiłku [63]. Natomiast w innych badaniach wykazano pozytywny wpływ 4-tygodniowego stosowania wyciągu z zielonej herbaty (570 mg/dzień) na wytrzymałość mierzoną maksymalną długością dystansu w biegu o czasie trwania 40 min, co było konsekwencją istotnie większego wykorzystania tłuszczów w czasie wysiłku u osób stosujących wspomaganie [64]. Warto podkreślić, że istotny i stymulujący wpływ wspomagania wyciągiem z zielonej herbaty na wykorzystanie tłuszczów przez organizm jest dobrze udokumentowany [65, 66].

Nowsze badania wskazują na pozytywny wpływ wyciągu z zielonej herbaty na potencjał antyoksydacyjny osocza u biegaczy-sprinterów a także na przeciwdziałanie bólowi mięśni po wysiłku zarówno u osób nietrenujących jak i sportowców [67-69].

Właściwości antyoksydacyjne wyciągu z zielonej herbaty są dobrze udokumentowane i są konsekwencją wysokiej zawartości flawonoidów, a szczególnie galusanu epigallokatechiny [70]. Ponadto w wyciągu z zielonej herbaty obecna jest L-teanina – substancja wspomagająca proces uczenia się, ale także stymulująca układ odpornościowy [71,72]. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że skład chemiczny wyciągów z zielonej herbaty może być bardzo zróżnicowany

w zależności od miejsca pochodzenia rośliny i metod otrzymywania wyciągu [73,74].

Imbir

Badania dotyczące wpływu preparatów uzyskiwanych z kłączy imbiru na wydolność fizyczną dotyczą głównie przeciwzapalnego i antyoksydacyjnego działania suplementacji. Black i wsp. [75,76] stwierdzili, że jednorazowe podanie 2 g wyciągu z imbiru nie wpływa na ból mięśni odczuwany po wysiłku ekscentrycznym kończyn górnych, natomiast stosowanie wyciągu przez okres 11 dni znacząco zmniejsza odczucie bólu mięśni. Zmniejszenie bólu mięśni po wysiłku o charakterze siłowym odnotowali także inni autorzy [77]. Stwierdzono również skuteczny efekt przeciwbólowy imbiru po intensywnych wysiłkach biegowych wskutek obniżeniu stężenia cytokin prozapalnych (interleukiny – 1 β i interleukiny – 6 oraz czynnika martwicy nowotworu – TNF- α) we krwi po wysiłku [78-80]. Korzystny wpływ imbiru na organizm jest także konsekwencją właściwości antyoksydacyjnych suplementu [81,82].

Należy jednocześnie podkreślić, że kłącze imbiru zawiera wiele substancji aktywnych (np. gingerole, gingediole, gingediony) spośród których wysoką aktywnością przeciwzapalną charakteryzuje się gingerol-6 [83]. Jednak, podobnie jak w przypadku innych suplementów pochodzenia roślinnego zawartość substancji aktywnych w wyciągu z imbiru może różnić się w zależności od miejsca uprawy czy metody otrzymywania preparatu [84].

Buzdyganek naziemny

W omawianiu efektów metabolicznych buzdyganka naziemnego należy bardzo wyraźnie oddzielić obecne na różnych forach internetowych popularne opinie od tych, które znalazły potwierdzenie w badaniach naukowych. Wyciąg z buzdyganka jest reklamowany jako środek stymulujący poziom testosteronu we krwi i potencję, choć działanie to nie zostało potwierdzone wynikami badań naukowych [85,86]. Natomiast w badaniach naukowych nie stwierdzono wpływu wspomagania wyciągiem z buzdyganka masę mięśni i na wyniki uzyskiwane w testach oceniających siłę mięśni [87,88]. Nie można jednak wykluczyć, że stosowanie wyciągu działa ochronnie na mięśnie szkieletowe na co wskazuje niższa aktywność kinazy kreatynowej (CK) po wysiłku u osób stosujących wspomaganie wyciągiem przez okres 4 tygodni w dawce 1,25/g/dzień [89]. Ponadto, podobnie do innych suplementów roślinnych, wyciąg z buzdyganka posiada właściwości antyoksydacyjne [90].

Ostryż długi

W piśmiennictwie ostatnich lat zauważalny jest wzrost zainteresowania stosowaniem wyciągu z kłączy ostryżu długiego u osób aktywnych i sportowców jako

środku zmniejszającego opóźnioną bolesność mięśni jako konsekwencję obciążenia wysiłkiem fizycznym (ang. DOMS) [91]. Drobnic i wsp. [92] stwierdzili, że u osób umiarkowanie aktywnych stosowanie suplementu w dawce 1g dwa razy dziennie 48 godzin przed wysiłkiem ekscentrycznym istotnie zmniejsza uszkodzenie mięśni oraz bóle mięśni po wysiłku. Podobnie korzystny wpływ suplementacji preparatami z ostryżu wykazali inni autorzy analizując uszkodzenie mięśni w odpowiedzi na wysiłki ekscentryczne, choć stosowane dawki preparatów były różne [93-95]. Sugeruje się również, że większą ochronę przed DOMS uzyskuje się stosując suplementację po, a nie przed wysiłkiem [96].

Za opisane efekty suplementacji zapewne odpowiada obecna w preparatach z ostryżu kurkumina – polifenol o szerokim spektrum działania – zarówno antyoksydacyjnym jak i przeciwzapalnym [97]. Warto także zauważyć, że kurkumina jako substancja E100 jest powszechnie stosowanym barwnikiem w przemyśle spożywczym [98].

Podsumowując – suplementy pochodzenia roślinnego mogą pozytywnie wpływać na różne cechy wydolności człowieka. Stosując wspomaganie nie można jednak pominąć licznych doniesień dotyczących wysokiej częstości występowania w nich zanieczyszczeń także substancjami zakazanymi przez Światową Organizację Antydopingową (WADA) [99-101]. Dlatego też stosowane preparaty powinny spełniać kryteria jakości ustalane przez odpowiednie organizacje w tym przez Europejską Agencję Leków (EMA) czy Światową Organizację Zdrowia (WHO) [102-104].

Piśmiennictwo/References

- Mountoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L et al. The IOC consensus statement: beyond the female athlete triad – relative energy deficiency in sport (RED-S). *Br J Sports Med* 2014; 48: 491-7.
- Kerksick Ch, Harvey T, Stout J et al. International Society of Sports Nutrition Stand: nutrient timing. *Int J Soc Sports Nutr* 2008; 5: 17. doi: 10.1186/1550-2783-5-17.
- Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L et al. ISSN exercise & sport nutrition review: research and recommendations. *Int J Soc Sports Nutr* 2010; 7: 7. <http://www.jissn.com/content/7/1/7>.
- La Bounty PM, Campbell BI, Wilson J et al. International Society of Sports Nutrition position stand: meal frequency. *Int J Soc Sports Nutr* 2011; 8: 4. <http://www.jissn.com/content/8/1/4>.
- Kerksick Ch, Arent SD, Schoenfeld BJ et al. International Society of Sports Nutrition Stand: nutrient timing. *Int J Soc Sports Nutr* 2017; 14: 33. doi: 10.1186/s12970-017-0189-4.
- Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI et al. International Society of Sports Nutrition Stand: protein and exercise. *Int J Soc Sports Nutr* 2017; 14: 20. doi: 10.1186/s12970-017-0177-8.
- Kerksick Ch, Wilborn CD, Roberts CD et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Int J Soc Sports Nutr* 2018; 15: 38. doi: 10.1186/s12970-018-0242-y.
- Tiller NB, Roberts JD, Beasley L et al. International Society of Sports Nutrition Stand: nutritional considerations for a single-stage ultra-marathon training and racing. *Int J Soc Sports Nutr* 2019; 16: 50. doi: 10.1186/s12970-019-0312-9.
- Trexler ET, Smith-Ryan AE, Stout JR et al. International Society of Sports Nutrition Stand: beta-alanine. *Int J Soc Sports Nutr* 2015; 12: 30. doi: 10.1186/s12970-015-0090-y.
- Kreider RB, Kalman DS, Antonio J et al. International Society of Sports Nutrition Stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport and medicine. *Int J Soc Sports Nutr* 2017; 14: 18. doi: 10.1186/s12970-017-0173-z.
- Rahimi MH, Mohammadi H, Eshaghi H et al. the effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation on recovery following exercise-induced muscle damage: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Nutr* 2018; 37: 640-649.
- Santos CS, Nascimento FE. Isolated –branched-chain amino-acid intake and muscle protein synthesis in humans: a biochemical review. *Einstein (São Paulo)* 2019; 17: 3. doi: 10.1037/1744/einstein_journal/2019RB4898.
- Pargavi AS, Aanandoroopan A, Priya TS et al. Review of medical plants common to traditional Chinese and Indian medicines with relevance to non-communicable diseases. *Curr Traditional Med* 2015; 1: 116-21.
- Chinese herbology. <https://en.wikipedia.org> [dostęp grudzień 2019].
- Barett M. Ginseng. The handbook of clinically tested herbal remedies. The Haworth Herbal press 2004; 1: 673-90.
- Engels HJ, Wirth JC. No ergogenic effects of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) during graded maximal aerobic exercise. *J Am Diet Assoc* 1997; 97: 1110-15.
- Ping FWCh, Keoung ChCh. Effects of supplementation of *Panax ginseng* on endurance running in a hot & humid environment. *Indian J Med Res* 2011; 133: 96-102.
- Wong ChPE, Bandyopadhyah A, Chen ChK. Effects of *Panax ginseng* supplementation on physiology responses during endurance performance. *J Men's Health* 2011; 8: 578-80.
- Lee NH, Jung HCh, Lee S. Red ginseng as an ergogenic aid: a systematic review of clinical trials. *J Exerc Nutrition Biochem* 2016; 20: 13-19.
- Hernandez-Garcia D, Granado-Serrano AB, Martin-Gari M et al. Efficacy of *Panax ginseng* supplementation on blood lipid profile. A meta-analysis and systematic review of clinical randomized trials. *J Ethnopharmacol* 2019; 243: 112090. doi: 10.1016/j.jep.2019.112090.
- Engels HJ, Fahlman MM, Wirth JC. Effects of ginseng on secretory IgA, performance and recovery from interval exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 690-96.
- Kim S, Kim J, Lee Y et al. Anti-fatigue effects of acute red ginseng intake in recovery from repetitive anaerobic exercise. *Iran J Public Health* 2016; 43: 387-89.
- Rattu AJM. The effect of ginseng supplementation on strength development in response to resistance exercise training. *Med J Indones* 1998; 7: 198-203.
- Zaheri S, Marandi SM. The effect of ginseng supplementation on heart rate, systolic and diastolic blood pressure to resistance training in trained males. *Artery Res* 2016; 15: 6-11.
- Shi ZY, Zeng JZ, Wong ASzT. Chemical structure and pharmacological profiles of ginseng saponins. *Molecules* 2019; 24: 2443. doi: 10.3390/molecules24132443.
- Ludwiczuk A, Kołodziej B, Wolski T. Zawartość i skład ginsenosydów w różnych organach żeń-szenia pięciolistnego (*Panax quinquefolium* L.). *Acta Agrobotanica* 2006; 59: 507-14.
- Lim W, Mudge KW, Vermeylen F. Effects of population, age and cultivation methods on ginsenoside content of wild American ginseng (*Panax quinquefolium*). *J Agric Food Chem* 2005; 53: 8498-505.
- He M, Huang X, Liu S et al. The difference between white and red ginseng: variations in ginsenosides and immunomodulation. *Planta Med* 2018; 84: 845-54.
- In G, Ahn N-G, Bae B-S et al. *In situ* analysis of chemical components induced by steaming between fresh ginseng, steamed ginseng and red ginseng. *J Ginseng Res* 2017; 41: 361-9.
- Caldwell LK, DuPont WH, Beeler MK et al. The effects of a Korean ginseng, GINST15, on a perceptual effort, psychomotor performance and physical performance in men and women. *J Sports Sci Med* 2018; 17: 92-100.
- Kim D-H. Gut microbiota – mediated pharmacokinetics of ginseng saponins. *J Ginseng Res* 2018; 42: 255-63.
- Lee ES, Yang YJ, Lee JH et al. Effects of high-dose ginsenoside complex (UG0712) supplementation on physical performance

- of healthy adults during a 12-week supervised exercise program: a randomized placebo-controlled clinical studies. *J Ginseng Res* 2017; 41: 1-7.
33. Wu J, Saovieng S, Cheng J-S et al. Satellite cells depletion in exercising human muscle is restored by ginseng component Rg1 supplementation. *J Func Foods* 2019; 58: 27-33.
34. Yoseph B, Soker S. Redefining the satellite cell as the motor of skeletal muscle regeneration. *J Sci Appl* 2015; 5: 76-82.
35. Kim JS. Investigation of phenolic, flavonoid and vitamin contents in different parts of Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). *Prev Nutr Food Sci* 2016; 21: 263-70.
36. Wolski T, Ludwiczuk A, Baj T et al. Rodzaj *Panax* – systematyka, skład chemiczny, działanie i zastosowanie oraz analiza fitochemiczna nadziemnych i podziemnych organów żeń-szenia amerykańskiego – *Panax quinquefolium* L. *Postępy Fitoterapii* 2008; 2: 96-114.
37. Liang MT, Podolka TD, Chuang WJ. *Panax notoginseng* supplementation enhances physical performance during endurance exercise. *J Strength Cond Res* 2005; 19: 108-14.
38. Pumpa KL, Fallon KE, Bensoussan A et al. The effects of *Panax notoginseng* on delayed onset muscle soreness and muscle damage in well-trained males: a double-blind randomized trial. *Comp Ther Med* 2013; 21: 131-40.
39. Hsu ChCh, Ho MCh, Lin LCh et al. American ginseng supplementation attenuates creatine kinase level induced by submaximal exercise in human beings. *World J Gastroenterol* 2005; 11:5327-31.
40. Eschbach LF, Webster MJ, Boyd JC et al. The effect of siberian ginseng (*Eleuterococcus senticosus*) on substrate utilization and performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000; 10: 444-51.
41. Gaffney BT, Hügel HM, Rich PA. The effects of *Eleuterococcus senticosus* and *Panax ginseng* on steroidal hormone indices of stress and lymphocyte subset numbers in endurance athletes. *Life Sci* 2001; 14: 431-42.
42. Goulet ED, Dionne IJ. Assessment of the effects of *Eleuterococcus senticosus* on endurance performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2005; 15: 75-83.
43. Wasuntarawat C, Pangnet S, Walaikavanan N et al. No effect of acute ingestion on Thai ginseng (*Kaemferia parviflora*) on spritn and endurance exercise performance in humans. *J Sports Sci* 2010; 28: 1243-50.
44. *Eleuterococcus senticosus*. <http://en.wikipedia.org> [dostęp grudzień 2019].
45. *Kaemferia parviflora*. <http://en.wikipedia.org> [dostęp grudzień 2019].
46. De Bock K,Eljnde BO, Ramaekers M et al. Acute rhodiola rosea intake improve endurance exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2004; 14: 292-301.
47. Parisi A, Tranchita E, Duranti G et al. Effects of chronic rhodiola rosea supplementation on sport performance and antioxidant capacity in trained males: preliminary results. *J Sports Med Phys Fitness* 2010; 50: 57-63.
48. Jówko E, Sadowski J, Długolecka B et al. Effects of *Rhodiola rosea* supplementation on mental performance, physical capacity and oxidative stress biomarkers in healthy men. *J Sport Health Sci* 2016. doi: 10.1016/jsbs.2016.05.005.
49. Noreen EE, Buckley JG, Lewis SL et al. The effects of an acute dose of *Rhodiola rosea* on endurance exercise performance. *J Strength Cond Res* 2013; 27: 839-47.
50. Zhou T, Zheng J, Zhou Y et al. Chemical components and bioactivities of *Rhodiola rosea*. *Int J Trad Nat Med* 2015; 5: 23-51.
51. Alperth F, Turek I, Weiss SD et al. Qualitive and quatitative analysis of different *Rhodiola rosea* rhizome extracts by a UHPLC-DAD-ESI-MS. *Sci Pharm* 2019; 87:8. doi: 10.3390/scipharm870020008.
52. Gupta P. A review on *Rhodiola rosea* L. : a herb with anti-stress, anti-oxidant and anti-carcinogenic properties. *J Med Plants Studies* 2019; 7: 278-81.
53. Booker A, Jalil B, Frommenwiler D et al. The authenticity and quality of *Rhodiola rosea* products. *Phytomedicine* 2016; 23: 754-62.
54. Kosakowska O, Bączek K, Przybył JL et al. Antioxidant and antibacterial activity of roseroot (*Rhodiola rosea* L.) dry extracts. *Molecules* 2018; 23: 1767. doi: 10.3390/molecules23071767.
55. Sadowska-Krępa E, Kłapcińska B, Pokora I et al. Effects of six-week *Ginkgo biloba* supplementation on aerobic performance, blood pro/antioxidant balance and serum brain-derived neurotropic factor in physically active men. *Nutrients* 2017; 9: 803. doi: 10.3390/nu9080803.
56. Machaliński B, Łażewski-Banasiański P, Dąbkowska E et al. Rola czynników neurotroficznych w procesach regeneracji układu nerwowego. *Neurologia i Neurochirurgia Polska* 2012; 46: 579-90.
57. Clow Ch, Jasmin BJ. Brain-derived neurotrophic factor regulates satellite cell differentiation and skeletal muscle regeneration. *Mol Biol Cell* 2010;21: 2182-90.
58. Kennedy DO. Phytochemicals for improving aspects of cognitive function and psychological state potentially relevant to sport performance. *Sport Med* 2019; 49 (Suppl 1): 539-58.
59. Broadbent DP, Causer J, Williams AM et al. Preperceptual-cognitive skill training and its transfer to expert performance in the field: future research directions. *Eur J Sport Sci* 2014; 15: 322-31.
60. Gawron-Gzela A, Marek P, Chanaj J et al. Comparative analysis of pharmaceuticals and dietary supplements containing extracts from the leaves of *Ginkgo biloba* L. *Acta Polon Pharm* 2010; 67: 335-43.
61. Feng Z, Sun Q, Chen W et al. The neuroprotective mechanism of ginkgolides and bilobalide in cerebral ischemic injury: a literature review. *Mol Med* 2019; 25: 57. doi: 10.1186/s10020-019-0125-y.
62. Eichenberger P, Colombani PC, Mettler S. Effects of 3-week consumption of green tea extracts on whole body metabolism during cycling exercise in endurance-trained men. *Int J Vitam Nutr Res* 2009; 79: 24-33.
63. Sadowska-Krępa E, Domaszewski P, Pokora I et al. Effects of medium-term green tea extract supplementation combined with CrissFit workout on blood antioxidant status and serum brain-derived neurotrophic factor in young men: a pilot study. *J Inter Soc Sports Nutr* 2019; 16:13. doi: 10.1186/s12970-019-0280-0.
64. Roberts JD, Roberts MG, Tarpey MD et al. The effect of a decaffeinated green tea extract formula on fat oxidation, body composition and exercise performance. *J Inter Soc Sports Nutr* 2015; 12:1. doi: 10.1186/s12970-014-0062-7.
65. Venables MC, Hulston CJ, Cox HR et al. Green tea extracts, fat oxidation, and glucose tolerance in healthy humans. *Am J Clin Nutr* 2008; 87: 778-84.
66. Kim J, Park J, Lim K. Nutrition supplements to stimulate lipolysis: a review in relation to endurance exercise capacity. *J Nutr Sci Vitaminol* 2016; 62: 141-61.
67. Jówko E, Długolecka B, Makaruk B et al. The effect of green tea extracts supplementation on exercise-induced oxidative stress parameters in male sprinters. *Eur J Nutr* 2015; 54: 783-91.
68. da Silva W, Macado AS, Souza MA et al. Effect of green tea extracts supplementation on exercise-induced delayed onset muscle soreness and muscle damage. *Physiol Behav* 2018; 194: 77-82.
69. Machado AS, da Silva W, Souza MA et al. Green tea extracts preserves neuromuscular activation and muscle damage markers in athletes under cumulative fatigue. *Front Physiol* 2018; 9: 1137-44. doi: 10.3389/fphys.2018.01137.
70. Lambert JD, Elias RJ. The antioxidant and pro-oxidant activities of green tea polyphenols: a role in cancer prevention. *Arch Biochem Biophys* 2010; 501: 65-72.
71. Vuong QV, Bowyer MC, Roach PD. L-theanine: properties, synthesis and isolation from tea. *J Sci Food Agric* 2011; 91: 1931-39.
72. Juszkievicz A, Glapa A, Basta P et al. The effect of L-theanine supplementation on the immune system of athletes exposed to strenuous physical exercise. *J Int Soc Sport Nutr* 2019; 16:7. doi: 10.1186/s12970-019-0274-y
73. Chen Q, Zhao J, Lin H. Study on discrimination of roast green tea (*Camellia sinensis* L.) according to geographical origin by FT-NIR spectroscopy and supervised pattern recognition. *Spectrochim Acta* 2009; 72: 845-50.

74. Aboulwafa MM, Youssef FS, Gad HA et al. Authentication and discrimination of green tea samples using UV-vis, FTIR and HPLC techniques with chemometrics analysis. *J Pharm Biomed Anal* 2019; 164: 653-58.
75. Black CD, O'Connor PJ. Acute effects of dietary ginger on muscle pain induced by eccentric exercise. *Phytother Res* 2010; 24: 1620-26.
76. Black ChD, Herring MP, Hurley DJ et al. Ginger (*Zingiber officinale*) reduces muscle pain caused by eccentric exercise. *J Pain* 2010; 11: 894-903.
77. Matsumura MD, Zavorsky GS, Smoliga JM. The effects of pre-exercise ginger supplementation on muscle damage and delayed onset muscle soreness. *Phytother Res* 2015; 29: 887-93.
78. Wilson PB, Fitzgerald JS, Rhodes GS et al. Effectiveness of ginger root (*Zingiber officinale*) on running-induced muscle soreness and function: a pilot study. *Int J Athletic Ther Train* 2015; 20: 44-50.
79. Zehsaz F, Farhangi N, Mirheidari L. The effect of *Zingiber officinale* R. rhizomes (ginger) on plasma pro-inflammatory cytokine levels in well-trained male endurance runners. *Clin Immunol* 2014; 39: 174-80.
80. Wilson PB. A randomized double-blind trial of ginger root for reducing muscle soreness and improving physical performance recovery among experienced recreational distance runners. *J Diet Suppl* 2018; 9: 1-12.
81. Mashhadi NS, Ghiasvand R, Hariri M et al. Effects of ginger and cinnamon intake on oxidative stress and exercise performance and body composition in Iranian female athletes. *Int J Prev Med* 2013; 4 (Suppl 1): S38-42.
82. Li Y, Hong Y, Han Y et al. Chemical characterization and antioxidant activities comparison in fresh, dried, stir-frying and carbonized ginger. *J Chromatogr B. Analyt Technol Biomed Life Sci* 2016; 1011: 223-32.
83. Wang Sh, Zhang C, Yang G et al. Biological properties of 6-gingerol: a brief review. *Nat Prod Commun* 2014; 9: 1027-30.
84. Glibowski P, Długolecka A, Grdeń A et al. Właściwości prozdrowotne imbiru. *Bromat Chem Toksykol* 2017; 2: 115-21.
85. Quershi A, Naughton DP, Petroczi A. A systemic review on the herbal extract *Tribulus terrestris* and the root of its putative aphrodisiac and performance enhancing effects. *J Diet Suupl* 2014; 11: 64-79.
86. Neychev V, Mitev V. Pro-sexual and androgen enhancing effects of *Tribulus terrestris* L.: fact or fiction. *J Ethnopharmacol* 2016; 179: 345-55.
87. Antonio J, Uelman J, Rodriguez R et al. The effects of *Tribulus terrestris* on body composition and exercise performance in resistance – trained athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000; 10: 208-15.
88. Rogerson Sh, Riches ChJ, Jennings C et al. The effect of five weeks of *Tribulus terrestris* supplementation on muscle strength and body composition during pre-season training in elite rugby league players. *J Strength Cond Res* 2007; 21: 348-53.
89. Ma Y, Guo Z, Wang X. *Tribulum terrestris* extracts alleviate muscle damage and promote anaerobic performance in trained male boxers and its mechanism: role of androgen, IGF-1 and IGF binding protein-3. *J Sport Health Sci* 2017; 6: 474-81.
90. Tian C, Zhang Z, Wang H et al. Extraction technology, component analysis and in vitro antioxidant and antibacterial activities of total flavonoids and fatty acids from *Tribulus terrestris* L. fruits. *Biomed Chromatogr* 2019; 33: e4474. doi: 10.1002/bmc.4474.
91. Contrò V, Mancuso EP, Proia P. Delayed onset muscle soreness (DOMS) management: present state of art. *Trends Sport Sci* 2016; 3: 121-7.
92. Drobnic F, Riera J, Appendino G et al. Reduction of delayed onset muscle soreness by a novel curcumin delivery system (Meriva®): a randomized, placebo-controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr* 2014; 11:31. <http://www.jissn.com/content/11/1/13>.
93. Tanabe Y, Maeda S, Akazawa N et al. Attenuation of indirect marker of eccentric –induced muscle damage by curcumin. *Eur J Appl Physiol* 2015; 115: 1949-57.
94. Nicol LM, Rowlands DS, Fazakerly R et al. Curcumin supplementation likely attenuates delayed onset muscle soreness (DOMS). *Eur J Appl Physiol* 2015; 115:1769-77.
95. Jäger R, Purpura M, Kerksick ChM. Eight weeks of a high dose of curcumin supplementation may attenuate performance decrements following muscle-damaging exercise. *Nutrients* 2019; 11: 1692. doi: 10.3390/nu11071692.
96. Tanabe Y, Chino K, Sagayama H et al. Effective timing of curcumin ingestion attenuate eccentric exercise-induced muscle soreness in men. *J Nutr Sci Vitaminol* 2019; 65: 82-9.
97. Niranjana A, Prakash D. Chemical constituents and biological activities of tumeric (*Curcuma longa* L.) – a review. *J Food Sci Technol* 2005; 45: 109-16.
98. Sikora-Polaczek M, Bielak-Żmijewska A, Sikora E. Molekularne i komórkowe mechanizmy działania kurkuminy – dobroczynny wpływ na organizm. *Post Bioch* 2011; 57: 75-84.
99. Pokrywka A, Kwiatkowska D, Krzywański J et al. Higenamina i metyloheksanoamina – dopingujące składniki suplementów diety. *Medicina Sportiva Practica* 2017; 18: 50-3.
100. Ichim AC. The DNA-based authentication of commercial herbal products reveals their globally widespread adulteration. *Front Pharmacol* 2019; 10: 1227. doi: 10.3389/fphar.2019.01227.
101. Bonilla Ocampo DA, Vargas Molina S, Pazo S et al. Supplements contamination: a real enemy in physical activity & sport. *J Anal Pharm Res* 2017; 5: 126-8.
102. Herbal medicinal products. The European Medicines Agency. <https://www.ema.europa.eu>
103. World Health Organization. WHO Monographs on Selected Medicinal Plants.
104. World Health Organization. WHO Traditional Medicine Strategy 2014-2023.

Adres do korespondencji/Address for correspondence:

Grażyna Lutosławska

Katedra Nauk Biomedycznych

Akademia Wychowania Fizycznego w Warszawie

00-968 Warszawa

e-mail: grazyna.lutoslawska@awf.edu.pl