

KATARZYNA PARADOWSKA, MARTA CZERNIEJEWSKA,
AGNIESZKA ZIELIŃSKA, JOANNA J. SAJKOWSKA-KOZIELEWICZ

AKTYWNOŚĆ PRZECIWUTLENIAJĄCA EKSTRAKTÓW Z SUSZONYCH OWOCÓW GOJI

Streszczenie

Owoce Goji (kolcowoju) są produktem spożywczym zawierającym m.in. polifenole, aminokwasy, polisacharydy, karotenoidy, nienasycone kwasy tłuszczowe. Celem pracy było określenie właściwości przeciwutleniających ekstraktów etanolowych i wodnych otrzymanych z liofilizowanych jagód Goji oraz oznaczenie zawartości grup związków odpowiedzialnych za te właściwości. Surowce do badań pochodziły z Chin i Uzbekistanu. Oznaczono całkowitą zawartość polifenoli, flawonoidów, witaminy C, karotenoidów i cukrów. Właściwości przeciwutleniające określono metodami FRAP (*Ferric reducing ability*), DDPH[•] (rodnik 1,1-difenylo-2-pikrylohydrazylu) i ORAC (*Oxygen-radical absorbance capacity*). Wszystkie próbki charakteryzowały się dużą zawartością kwasu askorbinowego ($2 \div 3$ mg/g) i karotenoidów ($1 \div 2,6$ mg/g). Zawartość polifenoli (ok. 11 mg GAE/g) i flawonoidów (ok. 2,5 mg CE/g) była duża, choć w ekstraktach wodnych oznaczono mniej tych związków niż w ekstraktach etanolowych. Wszystkie próbki charakteryzowały się wysoką aktywnością przeciwutleniającą. Wyniki pomiarów metodą ORAC wykazały największe zróżnicowanie ekstraktów. W przypadku ekstraktów etanolowych oznaczono ok. 1 mmol Troloxu/g, a wodnych – $0,03 \div 0,1$ mmol Troloxu/g. Wyniki testu DPPH również były niższe w przypadku ekstraktów wodnych. Analiza metodą FRAP nie wykazała dużych różnic między próbkami. Wyniki badań wskazują, że owoce Goji mogą stanowić uzupełnienie diety w związki bioaktywne o działaniu przeciwutleniającym, mające wpływ na prawidłowe funkcjonowanie organizmu.

Słowa kluczowe: jagody Goji, *Lycium barbarum*, kwas askorbinowy, przeciwutleniacze, flawonoidy

Wprowadzenie

„Owoc długowieczności” – tak w tradycyjnej medycynie chińskiej i tybetańskiej określane są jagody Goji. Pochodzą one z dwóch blisko spokrewnionych gatunków

Dr n. farm. K. Paradowska, mgr farm. M. Czerniejewska, dr n. farm. A. Zielińska, mgr farm. J. J. Sajakowska-Kozielewicz, Zakład Chemii Fizycznej, Wydz. Farmaceutyczny z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej, Warszawski Uniwersytet Medyczny, ul. Banacha 1, 02-097 Warszawa.
Kontakt: katarzyna.paradowska@wum.edu.pl

roślin z rodziny *Solanaceae*: *Lycium barbarum* (kolcowój pospolity) i *Lycium chinense* (kolcowój chiński) [2]. Ojczyzną *L. barbarum* i *L. chinense* jest Azja – północno-wschodnie Chiny aż do Tybetu. Rośliny te należą do rodzaju *Lycium* L. Gatunki *Solanaceae*, z których pochodzą jagody Goji, są odporne na niskie temperatury i wytrzymują dzienne jej wahania nawet do 20 °C [11].

Do Europy owoce Goji wprowadzono stosunkowo niedawno, szybko też zwróciły uwagę naukowców i konsumentów, szczególnie ze względu na doniesienia o ich wyjątkowych właściwościach prozdrowotnych, zgodnie z tendencją do zachowania zdrowego stylu życia i właściwego odżywiania. Wielokierunkowe działanie owoców Goji jest związane nie tylko z obecnością witamin, ale także wielu innych związków bioaktywnych. Do najważniejszych należą: polisacharydy [2, 5, 27], nienasycone kwasy tłuszczowe, aminokwasy (głównie izoleucyna i tryptofan), karotenoidy (β -karoten, zeaksantyna, luteina, likopen) [19, 24], betaina, fizalina, witaminy (C, E, B₁, B₂, B₆) oraz składniki mineralne (m.in. żelazo, wapń, cynk, selen) [21]. Owoce te są bogatym źródłem przeciwutleniaczy, do których należą m.in. polifenole, w tym flawonoidy [6, 7, 15, 24]. Ważnym składnikiem są również fitosterole (β -sitosterol) [26]. W Polsce gatunek *L. barbarum* jest zaliczany do roślin trujących ze względu na zawartość atropiny, szczególnie w niedojrzałych owocach. W suchych, dojrzałych owocach zawartość atropiny wynosi maksymalnie 0,019 mg/kg [1]. Jest to ilość o wiele mniejsza niż poziom toksyczny dla człowieka (dawka śmiertelna 60 ÷ 100 mg).

Najlepiej poznanym bioaktywnym składnikiem owoców *Lycium* sp. jest kompleks polisacharydowy (LBP, ang. *Lycium barbarum polysaccharides*). Jego zawartość szacowana jest na 5 ÷ 8 % suchej masy owoców. Jest to grupa rozpuszczalnych w wodzie glikokoniugatów charakteryzujących się masą cząsteczkową $24 \times 10^3 \div 241 \times 10^3$ Da [5, 27]. W ich skład wchodzi sześć monosacharydów: glukoza, arabinoza, galaktoza, ksyluloza, mannoza i ramnoza oraz osiemnaście aminokwasów. Frakcję polisacharydową tworzą rozgałęzione polisacharydy oraz proteoglikany [5]. Część glikozydowa stanowi 90 ÷ 95 % masy kompleksu. Występuje w nim również kwas galakturonowy należący do kwasów uronowych, mający prawdopodobnie największy wpływ na aktywność biologiczną kompleksu. Uważa się, że kompleks polisacharydów *Lycium barbarum* może być najważniejszym składnikiem odpowiadającym za działanie prozdrowotne owoców Goji. Wyodrębnione z niego frakcje mają różną aktywność biologiczną, m.in. przeciwdziałają procesom starzenia i oksydacji, zwiększają odporność organizmu czy oddziałują przeciwnowotworowo. Wykazano działanie hipoglikemiczne i hipolipemiczne LBP, a także korzystny wpływ tego kompleksu w przypadku uszkodzenia wątroby [12, 28]. Prowadzone są badania przedkliniczne i kliniczne z wykorzystaniem kompleksu polisacharydowego *Lycium* w celu określenia jego terapeutycznego działania [14].

Bioaktywnymi składnikami owoców Goji o znacznej aktywności przeciwutleniającej są związki polifenolowe. Ich zawartość wynosi 22,7 mg GAE w 1 g ekstraktu. Dominującymi związkami są: diglikozyd kwercetyny, rutyna, kempferol-3-*O*-rutynozyd, kwas chlorogenowy i kawowy, a w niewielkich ilościach występują kwasy kawoilochinowy i *p*-kumarowy [8, 24].

Jagody Goji sprzedawane są w formie żywności i suplementów diety. W Polsce można je kupić w postaci suszonych owoców oraz przetworów, głównie soków.

Celem pracy było określenie właściwości przeciwutleniających wodnych i etanowych ekstraktów z owoców Goji (kolcowoju) oraz oznaczenie głównych grup związków obecnych w materiale.

Material i metody badań

Materiałem doświadczalnym były suszone jagody Goji (*Lycium barbarum*) dostępne w polskim handlu. Dwie próbki (1 i 2) pochodziły z Chin, trzecia (3) – z Uzbekistanu. Według deklaracji na opakowaniach (znak produkcji ekologicznej) jagody pochodziły z rolnictwa ekologicznego. Dodatkowo na opakowaniu 3. produktu umieszczony był napis „raw”, co oznacza, że jagody nie były poddawane obróbce termicznej w temperaturze wyższej niż 42 °C.

W doświadczeniach stosowano odczynniki: Folina-Ciocalteu'a, kwas galusowy, uraninę (sól sodowa fluoresceiny), (+)-katechinę, TPTZ (kompleks żelazowo-2,4,6-tripirydylo-S-tiazyny), Trolox, DPPH (1,1-difenylo-2-pikrylohydrazyl), AAPH (dichlorowodorek 2,2'-azobis(2-amidynopropanu), które pochodziły z firmy Sigma-Aldrich (USA). Pozostałe odczynniki zakupiono w firmie Avantor Performance Materials Poland S.A. Rozpuszczalniki do HPLC były czystości gradientowej (tzn. o małych zanieczyszczeniach fluoroscencyjnych, niskim dryfcie i minimalnym pikie zanieczyszczeń).

Jagody Goji poddawano procesowi liofilizacji (w temp. -30 °C i 0,37 atm, w ciągu 48 h), a następnie mielono. Próbkę liofilizatu o masie 1 g ekstrahowano z użyciem dwóch rozpuszczalników: 50 ml gorącej (ok. 100 °C) wody demineralizowanej oraz 50 ml 70-procentowego etanolu. Mieszaninę poddawano działaniu ultradźwięków przez 15 min i sączono. Dobór rozpuszczalnika do ekstrakcji, jego stężenia czy temperatura miały na celu uzyskanie jak największej ilości różnorodnych składników o właściwościach przeciwutleniających. Dla sprawdzenia jak temperatura ekstrakcji wodnej wpłynie na zawartość związków o charakterze polifenolowym, ekstrakty sporządzano także w temp. 50 °C (jako kontrolne). Zawartość tych związków w ekstraktach kontrolnych z owoców Goji była mniejsza niż w ekstraktach uzyskanych w temp. 100 °C.

Oznaczenia spektrofotometryczne wykonywano przy użyciu spektrofotometru UV-VIS Evolution 60S (Thermo Scientific, USA) w temp. 20 ± 2 °C. Długości fal

podano w opisach metod. Wyniki analiz przeliczano na 1 gram liofilizatu (suchej masy) owoców.

Oznaczanie zawartości polifenoli ogółem wykonywano metodą Folina-Ciocalteu'a [16]. Wyniki wyrażano jako ekwiwalent kwasu galusowego w 1 g owoców liofilizowanych [mg GAE/g] na podstawie krzywej wzorcowej: $y = 1,059x + 0,004$, $r^2 = 0,998$, gdzie y – wartość absorbancji, x – stężenie kwasu galusowego [mg/g]. Oznaczanie zawartości flawonoidów wykonywano według Kima i wsp. [10]. Wartości obliczano na podstawie krzywej wzorcowej: $y = 1,408x - 0,003$, $r^2 = 0,989$, gdzie y – wartość absorbancji, x – stężenie katechiny [mg/ml] i wyrażano jako ekwiwalent (+)katechiny (CE) w 1 g owoców liofilizowanych [mg/g]. Wykonano po trzy oznaczenia z każdego ekstraktu.

Zawartość karotenoidów oznaczano według Carvalhia i wsp. [4]. Próbkę liofilizatu o masie 1 g ekstrahowano dwukrotnie mieszaniną n-heksanu i acetonu (2×25 ml) przygotowaną w stosunku 6 : 4. Po przesączeniu mierzono absorbancję ekstraktu przy $\lambda = 450$ nm wobec próby zerowej (mieszanina n-heksanu i acetonu). Wykonano po trzy pomiary absorbancji otrzymanego ekstraktu. Zawartość karotenoidów obliczano na podstawie równań podanych przez Nagatę i wsp. [18] i wyrażano jako mg karotenoidów w 1 g owoców.

Zawartość witaminy C oznaczano metodą HPLC przy użyciu chromatografu Merck-Hitachi LaChrom L-7100 (Merck, Niemcy), z detektorem UV L-7400, kolumna ACE, RP-18, 5 μ m, temp. 30 °C, detekcja przy $\lambda = 254$ nm. Eluenty: 0,5-procentowy kwas mrówkowy i acetonitryl ACN. Przebieg gradientu: 1 ÷ 5 min – 0 % ACN, 5 ÷ 25 min – 0 ÷ 70 % ACN, 25 ÷ 40 min – 70 % ACN. Zawartość witaminy C obliczano na podstawie krzywej wzorcowej: $y = 456933 \cdot 10^2 x - 234861$, gdzie y – powierzchnia piku, x – stężenie kwasu askorbinowego w mg/ml.

Zawartość cukrów redukujących i ogółem oznaczano metodą Fehlinga [22]. Jako substancji odniesienia używano sacharozy. Wyniki przedstawiono w mg sacharozy w 1 g owoców.

Właściwości przeciwutleniające oznaczano spektrofotometrycznie według Sanny i wsp. [23]. W oznaczeniu stosowano rodnik DPPH (1,1-difenylo-2-pikrylohydrazyl). Analizę *Ferric Reducing Ability* (FRAP) wykonywano zgodnie z procedurą, którą opisali Benzie i Strain [3]. Oznaczenie ORAC (*Oxygen – Radical Absorbance Capacity*) wykonywano według Ou'a i wsp. [17] w spektrofotometrycznej przystawce do pomiarów na mikroplótkach Hitachi F-7000. Wszystkie wyniki wyrażano w ekwiwalentach Troloxu – μ mol Troloxu/g liofilizowanych owoców.

Do statystycznego opracowania wyników zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Tukeya na poziomie istotności $p < 0,05$. Obliczenia wykonano przy uży-

ciu programu GraphPad Prism 6 dla Windows (GraphPad Software Inc., wersja 6.01, San Diego, USA) oraz Microsoft Excel™ 2010.

Wyniki i dyskusja

Zawartość polifenoli ogółem i flawonoidów w 1g liofilizowanych owoców ekstrahowanych etanolem była podobna, choć najwyższe wyniki uzyskano w jagodach pochodzących z Uzbekistanu (tab. 1). Ekstrakty wodne były bardziej zróżnicowane, np. największą zawartość flawonoidów oznaczono w próbie 1. Ogólnie zawartość polifenoli w owocach liofilizowanych wynosiła $0,76 \div 1,24$ %, a flawonoidów: $0,10 \div 0,27$ %.

Tabela 1. Zawartość polifenoli ogółem i flawonoidów w etanolowych i wodnych ekstraktach z suszonych owoców Goji, w przeliczeniu na 1 g jagód liofilizowanych

Table 1. Content of polyphenols and flavonoids in ethanol and water extracts made of dried Goji fruit, per 1 g of freeze-dried berries

Próbka Sample	Polifenole / Polyphenols [mg GAE/g]		Flawonoidy / Flavonoids [mg CE/g]	
	EtOH 70 %	Woda / Water	EtOH 70 %	Woda / Water
1	12,12 ^a ± 0,67	9,89 ^a ± 0,62	2,21 ^a ± 0,12	1,66 ^a ± 0,06
2	10,02 ^b ± 0,74	7,61 ^b ± 0,17	2,32 ^b ± 0,17	1,02 ^a ± 0,04
3	12,47 ^a ± 0,26	10,57 ^a ± 0,54	2,70 ^b ± 0,14	1,18 ^a ± 0,15

Objaśnienia / Explanatory notes:

1 i 2 – owoce Goji pochodzące z Chin / Goji fruit from China; 3 – owoce Goji pochodzące z Uzbekistanu / Goji fruit from Uzbekistan. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; a, b – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in columns and denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0.05$).

Zawartość flawonoidów w stosunku do całkowitej zawartości polifenoli wahała się w granicach $11 \div 23$ %. Spektrofotometryczna metoda oznaczania flawonoidów uwzględnia tylko związki w formie aglikonów, a w roślinach flawonoidy występują tylko w postaci glikozydów. Stąd otrzymane wyniki mogą być zaniżone w stosunku do rzeczywistej zawartości flawonoidów w owocach Goji.

Ważną grupą związków biologicznie czynnych warunkujących właściwości prozdrowotne owoców Goji są karotenoidy. Związki te są odpowiedzialne za pomarańczowo-czerwony kolor jagód. Stanowią one ok. $0,03 \div 0,5$ % suchej masy owoców [19]. Zeaksantyna, obecna w postaci dipalmitynianu zeaksantyny, może stanowić nawet $31 \div 56$ % całkowitej zawartości karotenoidów. Uważa się, że jagody Goji są najlepszym dotychczas poznany naturalnym źródłem tego karotenoidu. W mniejszych ilościach występują: β -karoten, neoksantyna i kryptoksantyna [19, 24]. W badaniach własnych

suszone owoce Goji zawierały dość dużo karotenoidów (ok. $1 \div 2$ mg/g), choć wyniki poszczególnych próbek różniły się znacznie (tab. 2). Dane literaturowe dotyczące zawartości karotenoidów w jagodach Goji są jeszcze bardziej rozbieżne i obejmują przedział $0,03 \div 0,5$ % [19]. Wpływ na te wyniki mogło mieć wiele czynników, w tym także warunki suszenia i przechowywania.

Tabela 2. Zawartość karotenoidów, witaminy C oraz cukrów w ekstraktach z suszonych owoców Goji, w przeliczeniu na 1 g jagód liofilizowanych

Table 2. Content of carotenoids, vitamin C, and sugars in extracts of dried Goji fruit, per 1 g of freeze-dried berries

Próbka Sample	Karotenoidy Carotenoids [mg/g]	Witamina C / Vitamin C [mg/g]		Cukry / Sugars [mg/g]	
		EtOH 70 %	*Woda / Water	Redukujące Reducing	Ogółem Total
1	$2,60^a \pm 0,01$	$3,71^a \pm 0,10$	$2,12 \pm 0,04$	$18,8^a \pm 0,2$	$27,1^a \pm 0,4$
2	$1,19^a \pm 0,04$	$3,12^b \pm 0,09$	$2,32 \pm 0,09$	$24,1^a \pm 0,4$	$33,4^a \pm 0,7$
3	$0,81^a \pm 0,02$	$3,38^b \pm 0,09$	$2,32 \pm 0,07$	$25,5^a \pm 0,7$	$35,2^b \pm 0,7$

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różną się (z wyjątkiem oznaczonych*) statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in columns and denoted by different letters differ (excluding those denoted by *) statistically significantly ($p < 0,05$).

Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.

Owoce Goji zawierają także witaminy, przede wszystkim: tiaminę, ryboflawinę oraz kwas askorbinowy wraz z jego glikozylowanym prekursorem (2-O-β-D-glukopiranozylem). Zawartość witaminy C w jagodach wynosiła powyżej 3 mg w 1 g suchych owoców, podczas gdy Potterat [21] oznaczył jej 0,4 mg/g jagód. Podobnie Kulczyński i wsp. [11] określili zawartość witaminy C w jagodach Goji na poziomie 42 mg w 100 g [11].

Zawartość cukrów redukujących w liofilizowanych owocach Goji wahała się w zakresie $18 \div 25$ mg/g (ok. 2 %), a cukrów ogółem – $27 \div 35$ mg/g (ok. 3 %) – tab. 2. Największą zawartością cukrów charakteryzowała się próbka 3., najmniejszą – próbka 1. Różnice pomiędzy poszczególnymi rodzajami jagód były dość znaczące. Według danych literaturowych [5] cukry stanowią fragment kompleksu polisacharydowo-białkowego. Jego zawartość szacowana jest na $5 \div 8$ % suchej masy owoców. Zatem różnice w uzyskanych wynikach w porównaniu z danymi literaturowymi mogą wynikać z tego, że cukry występują tu zarówno w postaci wolnej, jak również w formie różnych połączeń (glikozydów, koenzymów, kwasów nukleinowych), których metoda Fehlinga prawdopodobnie nie uwzględnia.

W celu ilościowego opisu aktywności przeciwutleniającej próbek żywnościowych operuje się terminem całkowitego potencjału antyoksydacyjnego (TAP), który określa

zdolność neutralizacji rodników przez mieszaninę antyoksydantów. Do najczęściej stosowanych metod oznaczania TAP należą: FRAP, DPPH i ORAC, przy czym metoda ORAC uważana jest za najbardziej wiarygodną.

Wyniki uzyskane podczas badania właściwości przeciwutleniających ekstraktów z jagód Goji z zastosowaniem trzech różnych testów przedstawiono w tab. 3. Ekstrakty etanolowe zawierały więcej polifenoli, stąd ich wyższa aktywność przeciwutleniająca, z wyjątkiem oznaczeń metodą FRAP, w której wyniki są bardzo zbliżone. Oznaczenia z użyciem rodnika DPPH wykazały większe zróżnicowanie szczególnie wodnych ekstraktów z jagód 2 i 3.

Tabela 3. Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów z suszonych owoców Goji

Table 3. Antioxidant activity of dried Goji fruit extracts

Nr	FRAP [$\mu\text{mol Trolox/g}$]		DPPH [$\mu\text{mol Trolox/g}$]		ORAC [$\mu\text{mol Trolox/g}$]	
	EtOH 70 %	Woda / Water	*EtOH 70 %	Woda / Water	EtOH 70 %	Woda / Water
1.	$2,73^a \pm 0,02$	$2,71^a \pm 0,01$	$17,9 \pm 0,8$	$14,1^a \pm 1,1$	$908,3^a \pm 4,2$	$101,3^a \pm 1,4$
2.	$2,73^b \pm 0,01$	$2,70^a \pm 0,01$	$18,9 \pm 0,5$	$5,7^a \pm 0,6$	$896,0^a \pm 2,5$	$33,4^a \pm 0,6$
3.	$2,73^a \pm 0,03$	$2,71^a \pm 0,01$	$18,6 \pm 0,9$	$7,6^a \pm 0,8$	$912,5^b \pm 7,0$	$104,7^a \pm 1,3$

Objaśnienia jak pod tab 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Właściwości przeciwutleniające owoców Goji przypisuje się zawartym w nich flawonoidom, barwnikom karotenoidowym i kompleksom polisacharydowym [8, 13, 24, 25] oraz analogowi witaminy C – 2-O- β -D-glukopiranozylo-L-kwasowi askorbinowemu [29]. Aktywność przeciwutleniająca surowych jagód Goji mierzona testem ORAC wynosi 3290 $\mu\text{mol TE}$ w 100 g i jest porównywalna z aktywnością wiśni (3747 $\mu\text{mol TE}$ w 100 g) oraz czerwonej porzeczki (3387 $\mu\text{mol TE}$ w 100 g) [9].

Aktywność przeciwutleniająca suszonych owoców Goji, mierzona metodą ORAC, była bardzo wysoka, osiągała prawie 1 mmol na gram ekstraktów etanolowych. Roztwory wodne zawierają znacznie mniej polifenoli i witaminy C, zatem wyniki uzyskane metodą ORAC są niższe około 10-krotnie. Obróbka termiczna owoców znacznie obniża wartości ORAC, dlatego najwyższymi wartościami charakteryzują się surowce świeże i prawidłowo suszone. Jednak w przypadku owoców Goji, analizowanych metodą ORAC, możliwe są interferencje ze strony innych składników, np. cukrów czy aminokwasów. [20].

Wnioski

1. Suszone owoce Goji dostępne na polskim rynku cechowała zróżnicowana zawartość składników aktywnych, w tym polifenoli ogółem, flawonoidów i karotenoidów.

2. Suszone owoce Goji charakteryzowały się właściwościami przeciwutleniającymi, wynikającymi z zawartości w nich związków polifenolowych, w tym flawonoidów, a także witaminy C i karotenoidów.
3. Pomimo poddania procesom suszenia, a następnie dosuszania w procesie liofilizacji, zawartość witaminy C i karotenoidów w jagodach Goji pozostała na wysokim poziomie.
4. Zarówno ekstrakty wodne, jak i ekstrakty etanolowe charakteryzowały się wysoką aktywnością przeciwutleniającą, określoną w trzech testach (FRAP, DPPH i ORAC).
5. Ekstrakty wodne badanych produktów wykazywały niższą aktywność przeciwutleniającą w dwóch testach niż ekstrakty etanolowe. Jedynie analiza metodą FRAP nie wykazała dużych różnic pomiędzy próbkami.
6. Wyniki badań wskazują, że owoce Goji mogą stanowić uzupełnienie diety w bioaktywne związki o działaniu przeciwutleniającym, mające wpływ na prawidłowe funkcjonowanie organizmu.

Literatura

- [1] Adams M., Wiedenmann M., Tittel G., Bauer R.: HPLC-MS trace analysis of atropine in *Lycium barbarum* berries. *Phytochem Anal.*, 2006, **17** (5), 279-283.
- [2] Amagase H., Farnsworth N.: A review of botanical characteristics, phytochemistry, clinical relevance in efficacy and safety of *Lycium barbarum* fruit (Goji). *Food Res. Int.*, 2011, **44**, 1702-1717.
- [3] Benzie I.F., Strain J.J.: The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Anal. Biochem.*, 1996, **239** (1), 70-76.
- [4] Carvalho L.M.J., Gomes P.B., de Oliveira Godoy R.L., Pacheco S., do Monte P.H.F., de Carvalho J.L.V., Ramos S.R.R.: Total carotenoid content, α -carotene and β -carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): A preliminary study. *Food Res. Int.*, 2012, **47** (2), 337-340.
- [5] Cheng J.: An evidence-based update on the pharmacological activities and possible molecular targets of *Lycium barbarum* polysaccharides. *Drug Des. Devel. Ther.*, 2015, **9**, 33-78.
- [6] Cheng C., Chung W., Szeto Y., Benzie I.: Fasting plasma zeaxanthin response to *Fructus barbarum* L. (wolfberry; Kei Tze) in a food-based human supplementation trial. *Brit. J. Nutr.*, 2005, **01** (93), 123-130.
- [7] Donno D., Beccaro G.L., Mellano M.G., Cerutti A.K., Bounous G.: Goji berry fruit (*Lycium* spp.): Antioxidant compound fingerprint and bioactivity evaluation. *J. Func. Foods*, 2015, **18**, 1070-1085.
- [8] Guo D.J., Cheng H.L., Chan S.W., Yu P.H.F.: Antioxidative activities and the total phenolic contents of tonic Chinese medicinal herbs. *Inflammopharmacology*, 2008, **16** (5), 201-207.
- [9] Haytowitz D.B., Bhagwat S.: USDA Database for the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) of selected foods. II ed. USDA, Beltsville, MD, 2010.
- [10] Kim D.O., Jeong S.W., Lee C.Y.: Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chem.*, 2003, **81** (3), 321-326.
- [11] Kulczyński B., Groszczyk B., Cerba A., Gramza-Michałowska A.: Owoce Goji (*Lycium barbarum*) jako źródło związków bioaktywnych w żywności - przegląd literatury. *Nauka Przyr. Technol.*, 2014, **8** (2), 19-30.
- [12] Kulczyński B., Gramza-Michałowska A.: Goji Berry (*Lycium barbarum*): Composition and health effects – a review. *Po. J. Food Nutr. Sci.*, 2016, **66** (2), 67-75.

- [13] Li X.M.: Protective effect of *Lycium barbarum* polysaccharides on streptozotocin-induced oxidative stress in rats. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2007, **40** (5), 461-465.
- [14] Lu J., Srinivasan N., Chen Z.: Polysaccharide-protein complex from *Lycium barbarum* L. is a novel stimulus of dendritic cell immunogenicity. *J. Immunol.*, 2009, **182**, 3503-3509.
- [15] Majewska M., Czeczot H.: Flawonoidy w profilaktyce i terapii. *Terapia i Leki*, 2009, **65** (5), 369-377.
- [16] Meda A., Lamien C.E., Romito M., Millogo J., Nacoulma O.G.: Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chem.*, 2005, **91** (3), 571-577.
- [17] Ou B., Hampsch-Woodill M., Prior R.L.: Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49** (10), 4619-4626.
- [18] Nagata M., Yamashita I.: Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *J. Japan. Soc. Food Sci. Technol.*, 1992, **39** (10), 925-928.
- [19] Peng Y., Ma Ch., Li Y., Leung K.S.Y., Jiang Z.H., Zhao Z.: Quantification of zeaxanthin dipalmitate and total carotenoids in *Lycium* fruits (*Fructus Lycii*). *Plant Foods Hum. Nutr.*, 2005, **60** (4), 161-164.
- [20] Pérez-Jiménez J., Saura-Calixto F.: Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. *Food Res. Intern.*, 2006, **39** (7), 791-800.
- [21] Potterat O.: Goji (*Lycium barbarum* and *L. chinense*): Phytochemistry, pharmacology and safety in the perspective of traditional uses and recent popularity (Review). *Planta Med.*, 2010, **76**, 7-19.
- [22] Ranganna S.: *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products*. II ed. Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd., New Delhi 2001.
- [23] Sanna D., Delogu G., Mulas M., Schirra M., Fadda A.: Determination of free radical scavenging activity of plant extracts through DPPH assay: an EPR and UV-Vis study. *Food Anal. Method.*, 2012, **5** (4), 759-766.
- [24] Wang C., Chang S., Inbaraj B., Chen B.: Isolation of carotenoids, flavonoids and polysaccharides from *Lycium barbarum* L. and evaluation of antioxidant activity. *Food Chem.*, 2010, **1** (120), 184-192.
- [25] Wang C., Chang S.: Antioxidative activity of polysaccharide fractions isolated from *Lycium barbarum* Linnaeus. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2009, **45** (2), 146-151.
- [26] Waszkiewicz-Robak B.: Goji - jagoda licyjska, owoc długowieczności. *Medycyna i Zdrowie*, 2010, **1**, 9-15.
- [27] Yang R., Chao Z., Chen Z., Chan S., Wu J.: Chemical properties and bioactivities of Goji (*Lycium barbarum*) polysaccharides extracted by different methods. *J. Func. Foods*, 2015, **17**, 903-909.
- [28] Zhang R., Piao M. J., Kang K.A.: Cytoprotective effect of the fruits of *Lycium chinense* Miller against oxidative stress-induced hepatotoxicity. *J. Ethnopharmacol.*, 2010, **130** (2), 299-306.
- [29] Zhang Z., Liu X., Zhang X., Liu J., Hao Y.: Comparative evaluation of the antioxidant effects of the natural vitamin C analog 2-O-β-D-glucopyranosyl-L-ascorbic acid isolated from Goji berry fruit. *Arch. Pharm. Res.*, 2011, **34** (5), 801-810.

ANTIOXIDATIVE ACTIVITY OF DRIED *LYCIUM BARBARUM* GOJI FRUIT EXTRACTS

S u m m a r y

Goji berries (wolfberry) are a food product that contains many bioactive compounds, including polyphenols, amino acids, polysaccharides, carotenoids, and polyunsaturated fatty acids. The objective of the research study was to determine the antioxidative properties of ethanol and water extracts of freeze-dried Goji berries as well as the content of groups of compounds accounting for those properties. The raw materials used in the research study came from China and Uzbekistan. There were determined the contents of polyphenols, flavonoids, vitamin C, carotenoids, and sugars. The antioxidative properties were assessed

using FRAP (*Ferric Reducing ability*), DDPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical), and ORAC (*oxygen-radical absorbance capacity*) methods. All the samples were characterized by a high content of ascorbic acid ($2 \div 3$ mg/g) and carotenoids ($1 \div 2.6$ mg/g). The content of polyphenols (ca. 11 mg GAE/g) and flavonoids (ca. 2.5 mg CAE/g) was high; however, their content as determined in the aqueous extracts was lower than in the ethanol extracts. All the samples were characterized by a high antioxidative activity. The results of measurements performed using the ORAC method showed the highest differences among the extracts. As for the ethanol extracts, the amount of Trolox assayed was about 1 mmol /g, and as for the aqueous extracts, it was $0.03 \div 0.1$ mmol. The results of DPPH test also were also lower in the case of the aqueous extracts. The analysis made by the FRAP method showed no high differences among the samples. The analysis results demonstrate that the Goji fruit can be a dietary supplement to provide bioactive, antioxidatively acting compounds that have an effect on the proper functioning of the body.

Key words: Goji berry, *Lycium barbarum*, ascorbic acid, antioxidants, flavonoids ☒