

# Kompleks polisacharydowy jagód Goji (*Lycium barbarum*) jako element fitoterapii – przegląd literatury

Katedra Technologii Żywności Człowieka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Kierownik Katedry: prof. dr hab. Józef Korczak

POLYSACCHARIDE COMPLEX OF GOJI BERRIES  
(LYCIUM BARBARUM) AS AN ELEMENT  
OF PHYTOTHERAPY – REVIEW

## SUMMARY

*Lycium barbarum* is species belonging to the family Solanaceae that grows especially in China. Goji berries that are *Lycium barbarum* fruits contain many valuable components, from which polysaccharide complex is responsible for numerous health benefits. *Lycium barbarum* polysaccharides complex is a group of water-soluble glycoconjugates. Its content in dried fruits is about 5-8%. Its composition is based on monosaccharides (rhamnose, arabinose, xylose, mannose and glucose), galacturonic acid and 18 amino acids. The results of numerous scientific studies suggest anticancer and immunostimulatory activity of the polysaccharide complex of Goji berries. Moreover, it was observed its effect on carbohydrate metabolism, i.e. lowering blood glucose level and reducing insulin resistance. As an important health-promoting function it was also observed an influence on the decrease cholesterol and triglycerides levels in blood. Polysaccharide complex also has a high antioxidant capacity. Goji berries are widely used as an important element of Traditional Chinese Medicine (TCM).

KEY WORDS: GOJI BERRIES – LYCIUM BARBARUM –  
ANTIOXIDANTS – POLYSACCHARIDE COMPLEX  
– HEALTH PROMOTING PROPERTIES

## Wstęp

Kolcowój pospolity (*Lycium barbarum*) jest gatunkiem rośliny należącym do rodziny psiankowatych (*Solanaceae*) (1), która obejmuje również powszechnie znane warzywa, takie jak: papryka, pomidory, ziemniaki, bakłażany (2). Owoc kolcowoju stanowią jagody zwane Goji, które są znanym od ponad 2300 lat składnikiem Tradycyjnej Medycyny Chińskiej (1). Jagody te mają ok 1-2 cm długości, są koloru pomarańczowoczerwonego i charakteryzują się elipsoidalnym kształtem (2). Owoce zbierane są latem i jesienią, początkowo suszone w cieniu, a następnie wystawiane na działanie promieni słonecznych, aż do momentu, gdy ich skórka stanie się sucha i twarda, a jednocześnie miąższ pozostanie miękki (3).

Roślina ta jest szeroko rozpowszechniona w regionie Morza Śródziemnego oraz Południowo-Zachodniej i Środkowej Azji. Uprawiana jest również w Ameryce Północnej i Australii. Największym producentem owoców Goji są Chiny, a szczególnie region Ningxia oraz Xinjiang Uyghur (4). Szacuje się, że Chiny w 2004 roku uzyskały przychód z ich sprzedaży na poziomie 120 mln dolarów, przeznaczając do uprawy 82 000 ha ziemi (2). Jagody Goji spożywane są powszechnie w postaci surowej oraz suszonej, a także przetworzonej, jako soki, wina, nalewki, herbaty oraz suplementy w postaci proszku i tabletek. Spożycie suszonych owoców zaleca się na poziomie 5-12 g dziennie (4).

## Budowa i skład kompleksu polisacharydowego

Wśród wielu wyodrębnionych związków chemicznych jagód Goji, najlepiej poznanymi składnikami jest grupa rozpuszczalnych w wodzie glikokoniugatów, zwanych kompleksem polisacharydowym (LBP, z ang. *Lycium barbarum* polysaccharides). Ich zawartość w suszonych owocach szacuje się na poziomie 5-8%. Związki te charakteryzują się masą cząsteczkową w zakresie 8-241 kDa (2). Frakcja polisacharydowa składa się z mieszaniny rozgałęzionych polisacharydów i proteoglikanów. Część glikozydowa stanowi ok. 90-95% masy kompleksu (4), w skład której wchodzi polisacharydy, m.in. ramnoza, arabinoza, ksyloza, mannoza i glukoza (5). Kompleks ten w swojej budowie cząsteczkowej zawiera również kwas galakturonowy oraz 18 aminokwasów (6). Głównymi łańcuchami glikanowymi w szkieletcie LBP są  $\alpha$ -(1->6)-D-glukany oraz  $\alpha$ -(1->4)-D-poligalakturonany (7).

## Inne składniki odżywcze jagód Goji

Pomimo wielu właściwości prozdrowotnych kompleksu polisacharydowego (LBP), należy również wspomnieć o innych, obecnych w jagodach Goji związkach, które dodatkowo zwiększają wartość odżywczą owoców.

Swój czerwonopomarańczowy kolor owoce Goji zawdzięczają obecności grupy karotenoidów, których zawartość waha się w granicach 0,03-0,5% masy suchych owoców (8). Dominującym karotenoidem jest zeaksantyna, występująca przede wszystkim w postaci dipalmitynianu zeaksantyny. Stanowi ona ok. 31-56% zawartości ogólnej puli karotenoidów (8, 9). Pozostałymi związkami tej grupy, występującymi w jagodach Goji, są monopalmitynian kryptoksantyny, monopalmitynian zeaksantyny oraz  $\beta$ -karoten (9).

W jagodach Goji zidentyfikowano również olejek eteryczny i kwasy tłuszczowe. Do najliczniejszych związków obu grup należy zaliczyć przede wszystkim: kwas heksadekanowy, kwas linolowy, kwas mirystynowy,  $\beta$ -elemen oraz heksadekanian etylu (10).

Owoce Goji zawierają także w swoim składzie 1-2,7% wolnych aminokwasów, spośród których najliczniej występuje prolina (11). Ponadto zaobserwowano obecność tauryny – aminokwasu niebiałkowego, którego główną funkcją w organizmie jest tworzenie soli żółciowych (12). Poza tym jagody te są źródłem składników mineralnych, głównie cynku, miedzi, żelaza, wapnia, selenu i fosforu, jak również wielu witamin, przede wszystkim B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub> i E (13). Dodatkowo zidentyfikowano obecność analogu witaminy C: kwas 2-O- $\beta$ -D-glukopiranozylo-L-askorbinowy (14), a także kwasów organicznych: jabłkowego, cytrynowego, fumarowego oraz szikimowego (15).

Jagody Goji są bogatym źródłem związków polifenolowych, wśród których najliczniejszą grupę stanowią flawonoidy, a w szczególności flawonole: kemferol, kwercetyna oraz mirycetyna. Stanowią one 43% ogólnej zawartości flawonoidów (3).

Pewnych obaw, związanych z bezpieczeństwem spożycia jagód Goji, dostarczyły doniesienia, w których to stwierdzono obecność silnie działającej biologicznie atropiny (16, 17). Jednakże wyniki opublikowane przez Adams i wsp. (17) nie potwierdziły obecności tego alkaloidu.

### **Właściwości prozdrowotne kompleksu polisacharydowego**

Wyniki wielu badań wskazują, że kompleks polisacharydowy jagód Goji jest jednym z głównych składników odżywczych owoców, których spożycie wykazuje wielokierunkowe działanie prozdrowotne na organizm człowieka.

#### **Aktywność przeciwutleniająca**

Piśmiennictwo ostatnich lat dostarczyło wielu wyników badań wskazujących na silne właściwości przeciwutleniające kompleksu polisacharydowego jagód Goji. Lin i wsp. (18) stwierdzili, że większość frakcji

polisacharydowych izolowanych różnymi metodami z *Lycium barbarum* wykazała zdolność zmiatania anionów ponadtlenkowych, jak również rodników DPPH, kationorodników ABTS<sup>•+</sup> oraz rodników hydroksylowych. Li i wsp. (19) także dowiedli wysokiej aktywności przeciwutleniającej kompleksu polisacharydowego, potwierdzając jego zdolność do zmiatania rodników DPPH. Ponadto wykazali oni, że polisacharydy te charakteryzują się silnymi właściwościami przeciwutleniającymi w procesie hemolizy erytrocytów indukowanej dichlorowodorkiem 2-amidinopropanu (AAPH). Zaobserwowali również, że związki polisacharydowe mogą działać jako donory elektronów i reagować z wolnymi rodnikami, tworząc bardziej stabilne produkty, przerywając tym samym rodnikowe reakcje łańcuchowe. Podobne wyniki badań uzyskali Ke i wsp. (20).

Przytoczone powyżej właściwości znalazły swoje odzwierciedlenie w badaniach przeprowadzonych przez Wu i wsp. (21), którzy oceniali wpływ kompleksu polisacharydowego *Lycium barbarum* na zahamowanie oksydacyjnego uszkodzenia wątroby myszy wywołanego dietą wysokotłuszczową. Stwierdzono, że podawanie diety wysokotłuszczowej wzbogaconej w kompleks polisacharydowy, spowodowało u zwierząt wzrost aktywności enzymów przeciwutleniających: dysmutazy ponadtlenkowej (SOD), katalazy (CAT) i peroksydazy glutationowej (GSH-Px) przy równoczesnym obniżeniu zawartości dialdehydu malonowego (MDA). Podobne wyniki uzyskali Li i wsp. (22), którzy analizowali ochronne działanie kompleksu polisacharydowego *Lycium barbarum* na mitochondrium komórek wątrobowych szczurów, uszkodzone promieniowaniem  $\gamma$ . Stwierdzono znamienne wyższy poziom aktywności enzymów antyoksydacyjnych w wątrobie (SOD, GSH-Px, CAT) u zwierząt otrzymujących kompleks polisacharydowy. Dodatkowo zaobserwowano niższy poziom wskaźników utlenienia tłuszczów, w tym związków reagujących z kwasem tiobarbiturowym (TBARS) oraz wodorotlenków lipidowych (LOOH).

W innym badaniu zauważono zmniejszenie stresu oksydacyjnego w wątrobie szczurów, cierpiących na niealkoholowe stłuszczenie wątroby wywołane wysokotłuszczową dietą, którym podawano jednocześnie polisacharydy wyekstrahowane z kolcowoju (23).

Z kolei Niu i wsp. (24) dostarczyli dowody na ochronne działanie kompleksu polisacharydowego owoców Goji w odniesieniu do oksydacyjnego uszkodzenia mięśni szkieletowych szczurów, które poddawano wyczerpującym ćwiczeniom fizycznym. Xin i wsp. (25) w swoich badaniach wykazali ochronne działanie kompleksu polisacharydowego zapobiegające

powstawaniu stresu oksydacyjnego w komórkach jąder pod wpływem leku cytostaticznego – doksorubicyny. Związek pomiędzy właściwościami przeciwtłeniącymi kompleksu polisacharydowego a ochroną układu rozrodczego szczurów, zaobserwowali również Xiaolan i wsp. (26). W innych badaniach odnotowano, że kompleks polisacharydowy *Lycium barbarum* może łagodzić uszkodzenia DNA u szczurów cierpiących na cukrzycę insulinoniezależną (27).

Wiele przeprowadzonych badań wskazuje, że kompleks polisacharydowy kolcowoju pospolitego może hamować wzrost liczby komórek nowotworowych. He i wsp. (28) opublikowali wyniki badań wskazujące, że polisacharydy zawarte w owocach Goji skutecznie hamują wzrost ludzkich komórek raka sutka (linii komórkowej MCF-7) w fazie G0/G1. Z kolei badania zrealizowane przez Zhang i wsp. (29) dostarczyły dowodów, że ten sam kompleks polisacharydowy wyizolowany z *Lycium barbarum* wykazuje właściwości antyproliferacyjne w stosunku do ludzkich komórek wątrobiaka QGY7703, zatrzymując ich rozwój w fazie S.

Przeciwnowotworowe właściwości kompleksu polisacharydowego potwierdzają także Gan i wsp. (30), którzy zaobserwowali apoptozę komórek białaczkowych HL-60 indukowaną tymi właśnie związkami. Wyniki innych badań sugerują również, że substancje polisacharydowe zawarte w jagodach Goji hamują wzrost ludzkich komórek raka żołądka (linia komórkowa MGC-803 i SGC-7901) (31). Ponadto zaobserwowano, że kompleks polisacharydowy hamuje wzrost ludzkich komórek raka okrężnicy SW480 i Caco-2, zatrzymując ich rozwój w fazie G0/G1 (32) oraz komórek raka płuc, indukując ich apoptozę (33).

Obiecujące wyniki opublikowali Cui i wsp. (34), którzy dostrzegli, że kompleks polisacharydowy w znaczący sposób powstrzymuje rozwój komórek raka gruczołu krokowego. Obok właściwości przeciwnowotworowych, kompleks polisacharydowy kolcowoju wykazuje również szerokie działanie immunomodulujące. Zaobserwowano, że kompleks ten zwiększa ekspresję interleukiny 2 (IL-2), a także czynnika martwicy nowotworu (TNF-alfa) w komórkach jednójądrowych krwi obwodowej zarówno na poziomie mRNA, jak i na poziomie białek (35).

Inne badania wykazały, że polisacharydy zawierające w swojej budowie łańcuch  $\alpha$ -(1- $\rightarrow$ 4)-D-poligalakturonowy, silnie aktywują proliferację splenocytów (36). Chiu i wsp. zaobserwowali, że polisacharydy pochodzące z *Lycium barbarum* aktywują komórki mikrogleju – makrofagi zlokalizowane w mózgu, w ośrodkowym układzie nerwowym (37) na drodze aktywacji czynników transkrypcyjnych NF-kB

oraz AP-1 (38). W innych badaniach, w których myszy poddano perfuzji żołądka, zaobserwowano, że podanie kompleksu polisacharydowego wpłynęło na wzrost masy narządów układu odpornościowego i zwiększenie zdolności fagocytarnej układu siateczkowo-śródbłonkowego (39). Dowiedziano również, że kompleks polisacharydowy jagód Goji wpływa na aktywację limfocytów T (40). Ponadto Wang i wsp. (41) stwierdzili, że ten sam kompleks polisacharydowy zwiększa także aktywność komórek NK. Interesujący kierunek badań wskazali Fu i wsp. (42), którzy przez 7 dni podawali kompleks polisacharydowy kolcowoju pracownikom narażonym na oddziaływanie fluorku sodu. Wyniki tych badań potwierdziły prawdopodobieństwo zwiększenia odpowiedzi humoralnej organizmu poprzez wzrost zawartości przeciwciał klasy IgG, IgA, IgM.

#### *Wpływ na gospodarkę węglowodanową*

Badania przeprowadzone w ostatnich latach potwierdzają wykorzystanie składników jagód Goji w tradycyjnej medycynie, jako związków wpływających na gospodarkę węglowodanową organizmu. W swoich badaniach Zhu i wsp. (43) zaobserwowali, że grupa związków polisacharydowych stymuluje proliferację komórek  $\beta$  trzustki oraz wpływa na zwiększenie wychwytu glukozy w tkankach obwodowych. Właściwości hipoglikemiczne składników jagód Goji potwierdzili także Jing i wsp. (44), którzy podawali kompleks polisacharydowy myszom z cukrzycą wywołaną przy użyciu alloxanu. Jednoznacznie stwierdzono, że grupa zwierząt żywiona związkami polisacharydowymi, charakteryzowała się istotnie niższym poziomem glukozy we krwi, w porównaniu do grupy kontrolnej. Najlepszy efekt hipoglikemiczny uzyskano przy dawce 40 mg/kg masy ciała.

Wu i wsp. (27) również stwierdzili, że podawanie kompleksu polisacharydowego owoców Goji może zmniejszać hiperglikemię u zwierząt cierpiących na cukrzycę. Ponadto zaobserwowano, że może on poprawiać wrażliwość na insulinę, i tym samym zmniejszać insulinooporność (45). Efekt hipoglikemiczny kompleksu polisacharydowego z jagód Goji został potwierdzony również badaniami na myszach chorych na cukrzycę typu 2 (46). Sugeruje się, że właściwości hipoglikemiczne mogą wynikać z hamowania przez kompleks polisacharydowy aktywności  $\alpha$ -glukozydazy (47).

#### *Wpływ na gospodarkę lipidową*

Wyniki wielu badań wskazują na istotny wpływ kompleksu polisacharydowego z *Lycium barbarum* na profil lipidowy krwi. Cui i wsp. (48) zaobserwowali, że

podawanie kompleksu polisacharydowego myszom, u których cukrzycę wywołano alloxanem, wpływa korzystnie na ich gospodarkę lipidową poprzez spadek stężenia triglicerydów i cholesterolu całkowitego. Podobne wyniki uzyskali Ming i wsp. (49), którzy stwierdzili, że grupa myszy, której bogatoluszczową dietę wzbogacono dodatkiem kompleksu polisacharydowego owoców Goji, również charakteryzowała się znacznie niższym stężeniem triglicerydów i cholesterolu całkowitego. Ponadto zaobserwowano, że znaczny wzrost stężenia kompleksu polisacharydowego w diecie spowodował istotny spadek stężenia frakcji LDL oraz wzrost stężenia frakcji HDL cholesterolu.

Wyniki innych badań także potwierdzają korzystny wpływ kompleksu polisacharydowego z *Lycium barbarum* na gospodarkę lipidową organizmu. Dodatkowo wartości parametrów lipidogramu szczurów były podobne do wyników uzyskanych w grupie zwierząt karmionych dietą wysokotłuszczową z dodatkiem symwastatyny (50).

### Podsumowanie

Owoce Goji od setek lat stanowią ważny element tradycyjnej medycyny chińskiej. W krajach azjatyckich stosowane są jako istotny składnik zdrowej diety, będącej źródłem wielu związków odżywczych, w tym karotenoidów, flawonoidów, witamin, składników mineralnych i związków polisacharydowych. W ostatnich latach jagody te stają się coraz bardziej popularne również w Europie oraz Ameryce.

Właściwości prozdrowotne jagód Goji wynikają przede wszystkim z obecności kompleksu polisacharydowego. Wyniki wielu badań wskazują na jego działanie stymulujące układ odpornościowy, właściwości przeciwutleniające i przeciwnowotworowe. Ponadto kompleks polisacharydowy jagód Goji wpływa korzystnie na glikemię oraz obniża poziom cholesterolu i triglicerydów we krwi. Nie należy jednak zapominać o kontrowersji związanej z obecnością w owocach kolcowoju alkaloidu – atropiny, co jak dowiedziono, nie wywiera negatywnego wpływu na zdrowie konsumenta przy zwyczajowo spożywanych ilościach jagód. Zaprezentowane wyniki badań naukowych są bardzo obiecujące i wskazują nowe kierunki badań nad wykorzystaniem jagód Goji w dietoterapii.

### Piśmiennictwo

1. Jin M, Huang Q, Zhao K i wsp. Biological activities and potential health benefit effects of polysaccharides isolated from *Lycium barbarum* L. *Int J Biol Macromol* 2013; 54:16-23. 2. Amagase H, Farnsworth NR. Review of botanical characteristics, phytochemistry, clinical relevance in efficacy and safety of *Lycium barbarum* fruit (Goji). *Food Res Int* 2011; 44:1702-17. 3. Le K,

Chiu F, Ng K. Identification and quantification of antioxidants in *Fructus Lycii*. *Food Chem* 2007; 105:353-63. 4. Potterat O. Goji (*Lycium barbarum* and *L. chinense*): Phytochemistry, pharmacology and safety in the perspective of traditional uses and recent popularity. *Planta Med* 2010; 76:7-19. 5. Wang CC, Chang SC, Chen BH. Chromatographic determination of polysaccharides in *Lycium barbarum* Linnaeus. *Food Chem* 2009; 116:595-603. 6. Tian M, Wang M. Studies on extraction, isolation and composition of *Lycium barbarum* polysaccharides. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi* 2006; 31:1603-7. 7. Duan CL, Qiao SY, Wang NL i wsp. Studies on the active polysaccharides from *Lycium barbarum* L. *Yao Xue Bao* 2001; 36:196-9. 8. Peng Y, Ma C, Li Y i wsp. Quantification of zeaxanthin dipalmitate and total carotenoids in *Lycium* fruits (*Fructus Lycii*). *Plant Foods Hum Nutr* 2005; 60:161-4. 9. Inbaraj BS, Lu H, Hung CF i wsp. Determination of carotenoids and their esters in fruits of *Lycium barbarum* Linnaeus by HPLC-DAD-APCI-MS. *J Pharm Biomed Anal* 2008; 47:812-8. 10. Altintas A, Kosar M, Kirimer N i wsp. Composition of the essential oils of *Lycium barbarum* and *L. ruthenicum* fruits. *Chem Nat Compd* 2006; 42:24-5. 11. Chen S, Wang Q, Gong S i wsp. Analysis of amino acid in fructus *Lycii*. *Zhongguo Yaoke Daxue Xuebao* 1991; 22:53-5. 12. Cao Y, Zhang X, Chu Q i wsp. Determination of taurine in *Lycium barbarum* L. and other foods by capillary electrophoresis with electrochemical detection. *Electroanal* 2003; 15:898-902. 13. Yin G, Dang Y. Optimization of extraction technology of the *Lycium barbarum* polysaccharides by Box-Behnken statistical design. *Carbohydr Polym* 2008; 74:603-10. 14. Zhang Z, Liu X, Zhang X i wsp. 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; 34:801-10. 15. Mikulic-Petkovsek M, Schmitzer V, Slatnar A i wsp. Composition of sugars, organic acids, and total phenolics in 25 wild or cultivated berry species. *J Food Sci* 2012; 77:1064-70. 16. Harsh ML. Tropane alkaloids from *Lycium barbarum* Linn., *in vivo* and *in vitro*. *Curr Sci* 1989; 58:817-8. 17. Adams M, Wiedenmann M, Tittel G i wsp. HPLC-MS trace analysis of atropine in *Lycium barbarum* berries. *Phytochem Anal* 2006; 17:279-83. 18. Lin CL, Wang CC, Chang SC i wsp. Antioxidative activity of polysaccharide fractions isolated from *Lycium barbarum* Linnaeus. *Int J Biol Macromol* 2009; 45:146-51. 19. Li XL, Zhou AG. Evaluation of the antioxidant effects of polysaccharides extracted from *Lycium barbarum*. *Med Chem Res* 2007; 15:471-82. 20. Ke M, Zhang XJ, Han ZH i wsp. Extraction, purification of *Lycium barbarum* polysaccharides and bioactivity of purified fraction. *Carbohydr Polym* 2011; 86:136-41. 21. Wu HT, He XJ, Hong YK i wsp. Chemical characterization of *Lycium barbarum* polysaccharides and its inhibition against liver oxidative injury of high-fat mice. *Int J Biol Macromol* 2010; 46:540-3. 22. Li XL, Zhou AH, Li XM. Inhibition of *Lycium barbarum* polysaccharides and *Ganoderma lucidum* polysaccharides against oxidative injury induced by gamma-irradiation in rat liver mitochondria. *Carbohydr Polym* 2007; 69:172-8. 23. Xiao J, Li-ong EC, Ching YP i wsp. *Lycium barbarum* polysaccharides protect rat liver from non-alcoholic steatohepatitis-induced injury. *Nutr Diabetes* 2013; 3:81. 24. Niu AJ, Wu JM, Yu DH i wsp. Protective effect of *Lycium barbarum* polysaccharides on oxidative damage in skeletal muscle of exhaustive exercise rats. *Int J Biol Macromol* 2008; 42:447-9. 25. Xin YF, You ZQ, Gao HY i wsp. Protective effect of *Lycium barbarum* polysaccharides against doxorubicin-induced testicular toxicity in rats. *Phytother Res* 2012; 26:716-21. 26. Huang X, Yang M, Wu X i wsp. Discussion of protective mechanism of *Lycium barbarum* polysaccharides on reproductive system in rats. *Med J Wuhan University* 2004; 25:29-31, 41. 27. Wu H, Guo H, Zhao R. Effect of *Lycium barbarum* polysaccharide on the improvement of antioxidant ability and

- DNA damage in NIDDM rats. *Yakugaku Zasshi* 2006; 126:365-71. **28.** He N, Yang X, Jiao Y i wsp. Characterisation of antioxidant and antiproliferative acidic polysaccharides from Chinese wolfberry fruits. *Food Chem* 2012; 133:978-89. **29.** Zhang M, Chen H, Huang J i wsp. Effect of *Lycium barbarum* polysaccharide on human hepatoma QGY7703 cells: inhibition of proliferation and induction of apoptosis. *Life Sci* 2005; 76:2115-24. **30.** Gan L, Wang J, Zhang S. Inhibition the growth of human leukemia cells by *Lycium barbarum* polysaccharide. *Wei Sheng Yan Jiu* 2001; 30:333-5. **31.** Miao Y, Xiao B, Jiang Z i wsp. Growth inhibition and cell-cycle arrest of human gastric cancer cells by *Lycium barbarum* polysaccharide. *Med Oncol* 2010; 27:785-90. **32.** Mao F, Xiao B, Jiang Z i wsp. Anticancer effect of *Lycium barbarum* polysaccharides on colon cancer cells involves G0/G1 phase arrest. *Med Oncol* 2011; 28:121-6. **33.** Xiao L, Bai X, Yang X. Effect of *Lycium barbarum* polysaccharide of apoptosis on human lung cancer cells. *J Math Med* 2006; 19:130-1. **34.** Cui X, Luo Q, Yang M i wsp. Effect of *Lycium barbarum* polysaccharides on apoptosis of human prostatic cancer PC-3 cell line. *J Toxicol* 2006; 20:221-4. **35.** Gan L, Zhang SH, Liu Q i wsp. A polysaccharide-protein complex from *Lycium barbarum* upregulates cytokine expression in human peripheral blood mononuclear cells. *Eur J Pharmacol* 2003; 471:217-22. **36.** Duan CL, Qiao SY, Wang NL i wsp. Studies on the active polysaccharides from *Lycium barbarum* L. *Yao Xue Xue Bao* 2001; 36:196-9. **37.** Chiu K, Ji JZ, Yu MS i wsp. Differential effects of microglia/macrophages in the prevention of retinal ganglion cell loss in rats with laser-induced chronic ocular hypertension. *Soc Neurosci Abstr* 2005; 35:977-83. **38.** Chen Z, Soo M, Srinivasan N i wsp. Activation of macrophages by polysaccharide-protein complex from *Lycium barbarum* L. *Phytother Res* 2009; 23:1116-22. **39.** Gao P, Piao Y, Song G i wsp. The effects of the crude polysaccharides of Gou Qi Zi, Wu Wei Zi, and Huang Jin on immunity and lipid peroxidation. *J Bethune Med University* 1996; 22:606-7. **40.** Chen Z, Kwong HTB, Chan SH. Activation of T lymphocytes by polysaccharide-protein complex from *Lycium barbarum* L. *Int Immunopharmacol* 2008; 8:1663-71. **41.** Wang B, Xing S, Zhou J. Effect of *Lycium barbarum* polysaccharides on the immune responses of T, CTL and NK cells in normal and cyclophosphamide-treated mice. *Chin J Pharmacol Toxicol* 1990; 4:39. **42.** Fu G, Li B, Zhou Z. Effect of compound LBP on the immune adjustment and antilipid peroxidation of fluoride-exposed workers. *Occup Health* 2007; 23:324-5. **43.** Zhu J, Liu W, Yu J i wsp. Characterization and hypoglycemic effect of a polysaccharide extracted from the fruit of *Lycium barbarum* L. *Carbohydr Polym* 2013; 98:8-16. **44.** Jing L, Cui G, Feng Q i wsp. Evaluation of hypoglycemic activity of polysaccharides extracted from *Lycium barbarum*. *Afr J Tradit Compl Altern Med* 2009; 6:579-84. **45.** Zhao R, Li Q, Xiao B. Effect of *Lycium barbarum* polysaccharide on the improvement of insulin resistance in NIDDM rats. *Yakugaku Zasshi* 2005; 125:981-8. **46.** He L, Liu P. Effect of *Lycium barbarum* polysaccharides on oxidative stress of diabetic nephropathy in type 2 diabetic rats. *Chin J Hospital Pharm* 2006; 26:1475-8. **47.** Tian L, Wang M, Chen W. Inhibition effects of *Lycium barbarum* polysaccharides on alpha-glucosidase. *West Chin Pharma Sci* 2006; 21:131-3. **48.** Cui G, Jing L, Feng Q i wsp. Anti-hyperglycemic activity of a polysaccharide fraction from *Lycium barbarum*. *Afr J Biomed Res* 2010; 13:55-9. **49.** Ming M, Guanhua L, Zhanhai Y i wsp. Effect of the *Lycium barbarum* polysaccharides administration on blood lipid metabolism and oxidative stress of mice fed high-fat diet *in vivo*. *Food Chem* 2009; 113:872-7. **50.** Cui BK, Liu S, Lin XJ i wsp. Effects of *Lycium barbarum* aqueous and ethanol extracts on high-fat-diet induced oxidative stress in rat liver tissue. *Molecules* 2011; 16:9116-28.

otrzymano/received: 17.06.2014  
zaakceptowano/accepted: 10.07.2014

Adres/address:  
\*mgr Bartosz Kulczyński  
Katedra Technologii Żywności Człowieka  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań  
tel.: +48 (61) 848-73-26, fax: (61) 848-74-31  
e-mail: bartekk@up.poznan.pl