

## Dwurząd wąskolistny (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.) jako źródło substancji biologicznie czynnych

Katedra i Zakład Farmakognozji, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy  
Kierownik Katedry i Zakładu: prof. dr hab. n. farm. Irena Matławska

*A WILD ROCKET (DIPLLOTAXIS TENUIFOLIA (L.) DC.)  
AS A SOURCE OF BIOACTIVE COMPOUNDS*

### SUMMARY

*Bioactive compounds are present not only in plants considered as medicinal. A vegetables, mostly from Brassicaceae family and wide-spread weeds, eg. Wild rocket (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.) are rich sources of the active substances also. A glucosinolates and polyphenols are the most known bioactive compounds of wild rocket. Glucosinolates and its enzymatic degradation products have an antibacterial and chemopreventive activities. A quercetine glycosides are the dominant flavonoids also glycosides of kaempferol and isorhamnetin are present in wild rocket herb. Polyphenols and vitamin C in aerial parts of *D. tenuifolia*, are responsible for the antioxidant activity of raw material.*

**KEY WORDS:** WILD ROCKET – DIPLLOTAXIS TENUIFOLIA – BRASSICACEAE – GLUCOSINOLATES – GLUCOSIDES – POLYPHENOLS

W ostatnich latach wzrasta w społeczeństwie świadomość zdrowotnego aspektu żywności. Dokonywanie ścisłego podziału surowców i otrzymywanych z nich produktów na spożywcze i lecznicze jest znacznym uproszczeniem. W świetle wyników badań publikowanych w czasopismach naukowych i popularno-naukowych, jednoznaczna klasyfikacja we wspomnianym kontekście staje się w wielu przypadkach niemożliwa. Przykładem mogą być liczne rośliny warzywne, oleje roślinne, czy szeroka gama produktów pszczelich. Powszechnie znane jest dobroczynne działanie warzyw i owoców na zdrowie człowieka. Szczególną grupą prozdrowotnych roślin o bardzo istotnym znaczeniu kulinarnym są warzywa z rodziny kapustowatych (*Brassicaceae*). Najważniejszym kulinarnie gatunkiem tej rodziny jest kapusta warzywna – *Brassica oleracea* L., której liczne odmiany tworzą bogaty zbiór warzyw o różnym zastosowaniu. Z punktu widzenia botanicznego kalafior, jarmuż, kapusta brukselska i brokuły, to odmiany wspólnego gatunku macierzystego – kapusty warzywnej (1).

Glukozynolaty są najbardziej charakterystyczną i najlepiej poznaną, choć nie jedyną grupą związków czynnych, warunkujących zastosowanie lecznicze roślin z rodziny *Brassicaceae*. Są to związki glikozydowe (S-glikozydy), w których częścią cukrową jest zawsze glukoza, a aglikonem połączenie siarki i azotu o rodowodzie aminokwasowym (np. synigryna jest pochodną homometioniny, synalbina – tyrozyny, a glukobrassy-cyna – tryptofanu) (2).

Glukozynolaty zlokalizowane w tkankach roślin, występujące głównie pod postacią soli potasowych, nie mają wyczuwalnego zapachu, ani smaku. Pod wpływem enzymu mirozynazy substancje te ulegają hydrolizie do aglikonu, który ulega następnie przegrupowaniu z utworzeniem lotnych produktów o charakterystycznym przenikliwym zapachu i często działaniu drażniącym. Produkt końcowy tej przemiany, zależny jest od pH środowiska, w którym zachodzi reakcja. Głównym kierunkiem przemian jest powstawanie izotiocyanianów, stąd glukozynolaty nazywane są także glikozydami izotiocyanianowymi. W tiocyanianach atom siarki związany jest bezpośrednio z łańcuchem węglowym, natomiast atom azotu znajduje się między strukturą węglową a atomem siarki. Izotiocyaniany obok siarczków, disiarczków i sulfotlenków alkilowych, stanowią podstawową grupę organicznych związków siarki w roślinnych surowcach leczniczych (2).

Według danych piśmiennictwa, za działanie farmakologiczne substancji siarkowych obecnych w roślinach z rodziny *Brassicaceae* odpowiedzialne są produkty rozkładu glukozynolatów. Jednym z najczęściej badanych lotnych związków siarkowych jest sulforafan (izotiocyanian 4-metylosulfinylobutyli), który jest produktem enzymatycznego rozkładu glukorafaniny obecnej w pędach brokułów, kwiatach kalafiora i liściach kapusty (3).

Glukozynolatom przypisuje się przede wszystkim działanie chemochronne w kontekście chorób nowotworowych, a także bakteriobójcze, szczególnie

wobec *Helicobacter pylori*, drobnoustroju chorobotwórczego uczestniczącego w przebiegu choroby wrzodowej żołądka i/lub dwunastnicy i sprzyjającego jej nawrotom (4).

Grupę surowców z rodziny kapustowatych wykorzystywanych w lecznictwie, reprezentują: nasienie gorzycy białej, nasienie gorzycy czarnej, korzeń rzodkwi i ziele tasznika. Ostatni z wymienionych surowców jest częścią rośliny zaliczanej do powszechnie występujących chwastów. Pospolite rośliny z rodziny kapustowatych, spotykane na trawnikach, ugorach, polach i łąkach, towarzyszące stale siedzibom ludzkim, wydają się szczególnie interesującym i ważnym materiałem do badań składu chemicznego i aktywności farmakologicznej. Perspektywa zastosowania leczniczego tych roślin związana jest z łatwą dostępnością, wynikającą z powszechnego, i miejscami masowego charakteru występowania tych roślin.

Szeroko rozpowszechnioną w Polsce rośliną ruderalną z rodziny *Brassicaceae* jest dwurząd wąskolistny – *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC. Młode liście niektórych gatunków z rodzaju *Diplotaxis*, głównie *D. tenuifolia*, z uwagi na gorzkawy, lekko piekący smak, znajdują zastosowanie kulinarne, szczególnie w krajach obszaru śródziemnomorskiego, jako surowiec do sporządzania sałatek (5, 6).

Dwurząd wąskolistny (*D. tenuifolia*) jest byliną o łodydze długości 20-80 cm, zdrewniałej w nasadzie, najczęściej do połowy ulistnionej. Liście łodygowe tej rośliny, najczęściej są głęboko pierzasto-dzielne, o odcinkach ponad cztery razy dłuższych niż szerszych, liście dolne nie są skupione w różyczkę. Roślina kwitnie od czerwca do września. Płatki korony są barwy siarkowożółtej, długości 7-14 mm, działki kielicha mają 4-5 mm szerokości, kształtu szeroko-elipsoidalnego. Owocem rośliny jest łuszczyzna, umiejscowiona na wyraźnym (1-2 mm) trzonku i szypułce o mniej więcej takiej samej długości (7).

Dostępne dane piśmiennictwa na temat składu chemicznego i aktywności składników roślin z rodzaju *Diplotaxis* dotyczą głównie gatunku *Diplotaxis tenuifolia*. W liściach dwurzędu wąskolistnego stwierdzono obecność glukorafaniny i innych glukozynolatów: glukolisiny (pochodna 5-(metylosulfinylo)-pentylowa), progoitryny i epiprogoitryny (pochodne 2-hydroksy-3-butenylowe) oraz glukosatiwiny (5, 6, 8, 9). Całkowita zawartość glukozynolatów waha się w granicach 949-4647 mg/kg suchej masy (6). Wśród izotiocyjanianów, powstających z enzymatycznego rozkładu glukozynolatów, obecna jest także erucyna (izotiocyjanian 4-metylotiobutyłu) oraz powstający z glukorafaniny sulforafan (izotiocyjanian

4-(metylosulfinylo)-butyłu) (10, 11). Zawartość sulforafanu oznaczona metodą LC/MS wynosi 0,147 mg/g, a erucyny 0,029 mg/g suchej masy (oznaczenie metodą GC/MS) (11).

Obie omawiane substancje wykazywały silne działanie cytotoksyczne wobec komórek nowotworu płuc (A549). Po 24-godz ekspozycji komórek nowotworowych na działanie erucyny, a także sulforafanu, w obu przypadkach zaobserwowano wyraźne ograniczenie żywotności komórek przy  $IC_{50} = 97,7 \mu\text{mol}$  dla erucyny i  $IC_{50} = 82,0 \mu\text{mol}$  dla sulforafanu. W wyższych stężeniach (sięgających 200  $\mu\text{mol}$ ) obserwowano około 70% obniżenie przeżywalności komórek linii A549. Autorzy cytowanej publikacji wskazują na proapoptotyczny mechanizm działania erucyny i sulforafanu związany z nasilaniem ekspresji genów dla białka p21 i białka p53 – nazywanego „strażnikiem genomu” (11).

Wśród składników nielotnych liści *D. tenuifolia* wymienia się związki o charakterze polifenoli: flawonoidy, a wśród nich głównie pochodne flawonolowe (tab. 1). Ponadto w kwiatach stwierdzono obecność di-, tri- i tetra-O-glikozydów kwercetyny oraz di- i tri-O-glikozydów izoramnetyny (8). Związki flawonoidowe są substancjami o istotnym znaczeniu w profilaktyce chorób cywilizacyjnych, w tym chorób układu krążenia (11-14).

Zestawienie zidentyfikowanych flawonoidów w nadziemnych częściach *Diplotaxis tenuifolia* z uwzględnieniem źródeł piśmiennictwa, zestawiono w tabeli 1. Struktury substancji czynnych opisanych w tekście zostały przedstawione na rycinie 1.

Dane piśmiennictwa wskazują, że dominującymi związkami flawonoidowymi w *D. tenuifolia* są glikozydowe pochodne kwercetyny, często acylowane w części cukrowej cząsteczką kwasu synapinowego, ferulowego, kawowego (także jego pochodnej metylowej) lub p-kumarowego. Cechą wyróżniającą profil flawonoidowy liści dwurzędu wąskolistnego jest występowanie glikozydów kwercetyny, podstawionych cząsteczkami cukru w pozycjach 3' i 4' (16). Rzadziej, i zwykle w mniejszej ilości, występują pochodne kemferolu i izoramnetyny (16, 17). Całkowita zawartość polifenoli w liściach dwurzędu wąskolistnego wynosiła 139 mg/100 g świeżej masy (16), a witaminy C – 103 mg/100 g świeżej masy, w tym 73 mg kwasu askorbinowego i 30 mg kwasu dehydroaskorbinowego w nadziemnych organach *D. tenuifolia* (16).

W niektórych doniesieniach podane są wyniki, wskazujące na silne działanie przeciwutleniające wyciągów z nadziemnych części dwurzędu wąskolistnego (17-18). Ogólna zawartość polifenoli w ziele dwurzędu wąskolistnego, oznaczona

**Tabela 1.** Flawonoidy występujące w *Diplotaxis tenuifolia*.

Nazwa substancji	Źródło piśmiennictwa
3,3',4'-Triglukozyd kwercetyny	8, 16, 17, 18
3,4'-Diglukozydo-3'-(6-synapoilo)-glukozyd kwercetyny	16, 17
3-(2-Synapoiloglukozydo)-3'-(6-synapoiloglukozydo)-4'-glukozyd kwercetyny	16
3-(2-Feruiloglukozydo)-3'-(6-synapoiloglukozydo)-4'-glukozyd kwercetyny	
3,4'-Diglukozydo-3'-(6-feruilo)-glukozyd kwercetyny	16, 17
3,4'-Diglukozyd izoramnetyny	8, 16, 17
3,4'-Diglukozyd kemferolu	
3-(2-Kawoiloglukozydo)-3'-(6-synapoiloglukozydo)-4'-glukozyd kwercetyny	16, 17
3,4'-Diglukozydo-3'-(6-metylokawoilo)-glukozyd kwercetyny	
3-(2-Metylokawoiloglukozydo)-3'-(6-synapoiloglukozydo)-4'-glukozyd kwercetyny	
3-(2-Feruiloglukozydo)-3'-(6'-feruiloglukozydo)-4'-glukozyd kwercetyny	16
3-(2-Synapoiloglukozydo)-3'-(6-synapoiloglukozydo)-4'glukozyd kwercetyny	17
3-(2-Feruiloglukozydo)-3'-(6-synapoiloglukozydo)-4'-glukozyd kwercetyny	
3-(2-Feruiloglukozydo)-3'-(6-feruiloglukozydo)-4'-glukozyd kwercetyny	
3,4'-Diglukozydo-3'-(6-kawoilo)-glukozyd kwercetyny	
3,4'-Diglukozydo-3'-(6-p-kumaroilo)-glukozyd kwercetyny	
Monosynapoilo-di-O-glukozyd kwercetyny	8
Monosynapoilo-tri-O-glukozyd kwercetyny	
3'-(6-Synapoilo-O-beta-D-glukopiranozydo)-3,4'-di-O-beta-D-glukopiranozyd kwercetyny	18
Diglukozyd kwercetyny (pochodna metyloeterowa)	
3-(2-Synapoilo-O-beta-D-glukopiranozydo)-3'-(6-synapoilo-O-beta-D-glukopiranozydo)-4'-O-beta-D-glukopiranozyd kwercetyny	
Metylosynapoiloglukozyd kwercetyny	

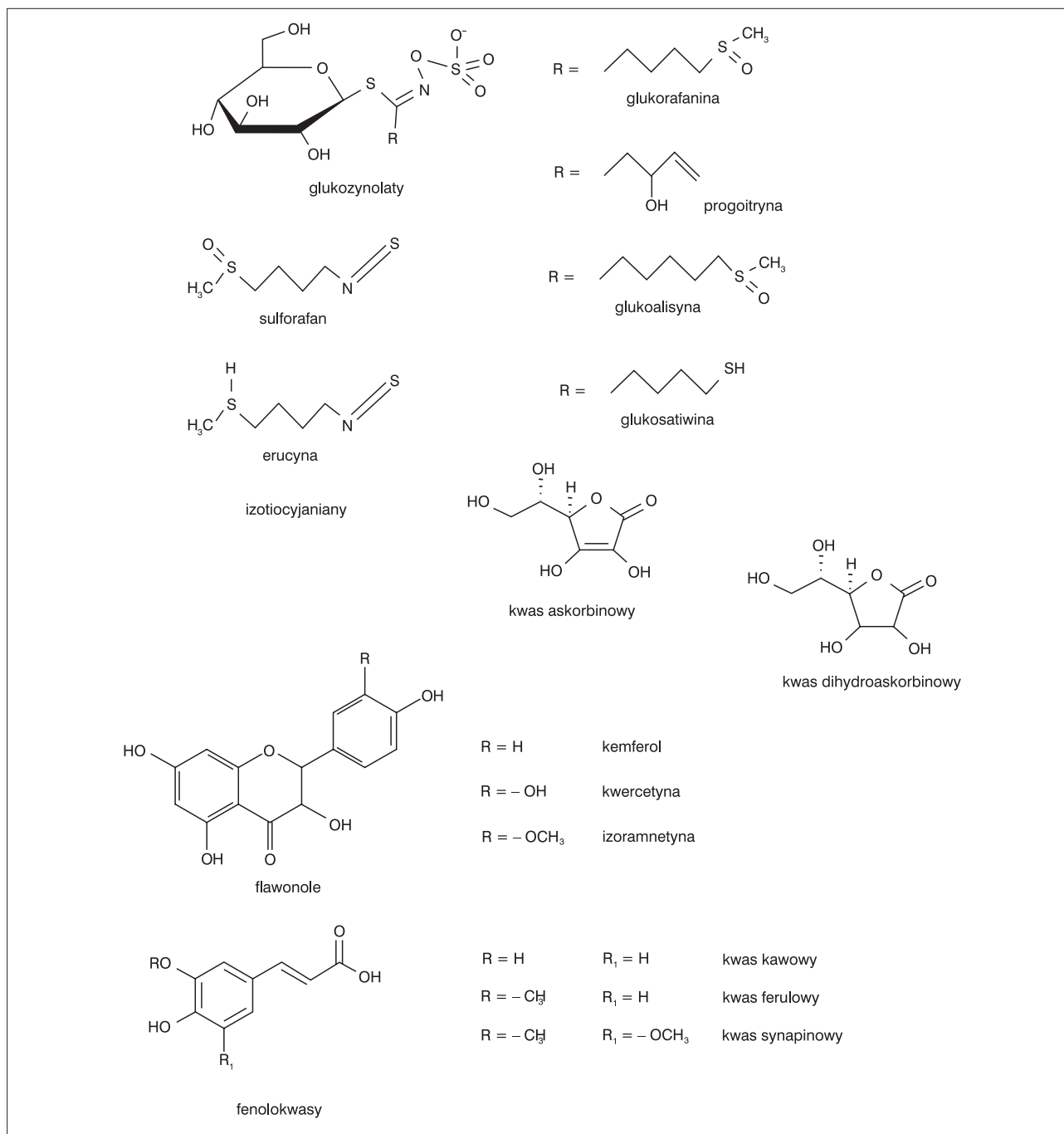
metodą z odczynnikiem Folin-Ciocalteu, wynosiła  $100,1 \pm 10,6$  mg/100 g świeżej masy (w przeliczeniu na kwas galusowy) (18).

Badania biologiczne dwurzędu wąskolistnego dotyczą głównie działania przeciwutleniającego. O sile tej aktywności może świadczyć wartość  $IC_{50}$  (w teście z użyciem DPPH) określona na poziomie 1462,7 mg oraz relatywnie wysoka zdolność do chelatowania jonów żelaza  $Fe^{2+}$  (18). Spotyka się także doniesienia na temat aktywności biologicznej, przede wszystkim działania przeciwbiegunkowego (19) i przeciwbólowego (20), egzotycznego gatunku *Diplotaxis acris* (Forssk.) Boiss. W większości przypadków informacje te nie zawierają pełnych danych na temat składu

chemicznego roślin, prezentują jedynie właściwości biologiczne ich składników.

Zidentyfikowane dotychczas w liściach dwurzędu wąskolistnego związki o udokumentowanym działaniu biologicznym, mogą sugerować potencjalne działanie biologiczne wyciągów z tej rośliny. Zwraca uwagę stosunkowo wysoka zawartość związków polifenolowych i witaminy C, odpowiadających za działanie przeciwutleniające.

W tym kontekście warto dodać, że rośliny ruderalne mogą być również bogatym źródłem substancji biologicznie aktywnych o właściwościach wykorzystywanych zarówno w profilaktyce, jak i w leczeniu chorób cywilizacyjnych.



**Ryc. 1.** Wzory strukturalne substancji zidentyfikowanych w nadziemnych częściach *D. tenuifolia* (także jako składników bardziej złożonych struktur).

## Piśmiennictwo

1. Modnicki D. Kapusta warzywna (*Brassica oleracea* L., *Brassicaceae*) i jej znaczenie w kosmetyce. *Pol J Cosmetol* 2010; 13:161-5.  
 2. Fahey JW, Zalcmann AT, Talalay P. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry* 2001; 56:5-51.  
 3. Campas-Baypoli ON, Sánchez-Machado DI, Bueno-Solano C i wsp. HPLC method validation for measurement of sulfuraphane level in broccoli byproducts. *Biomed Chromatogr* 2010; 24:387-92.  
 4. Moon JK, Kim JR, Ahn YJ i wsp. Analysis and anti-*Helicobacter* activity of sulfuraphane and related compounds present in broccoli (*Brassica oleracea* L.) sprouts.

*J Agric Food Chem* 2010; 58:6672-7.  
 5. Pasini F, Verardo V, Cerretani L i wsp. Rocket salad (*Diplotaxis* and *Eruca* spp.) sensory analysis and relation with glucosinolate and phenolic content. *J Sci Food Agric* 2011; 91:2858-64.  
 6. D'Antuono LF, Elementi S, Neri R. Glucosinolates in *Diplotaxis* and *Eruca* leaves: diversity, taxonomic relations and applied aspects. *Phytochem* 2008; 69:187-99.  
 7. Rutkowski L. Klucz do oznaczania roślin naczyniowych flory niżowej, Wyd Nauk PWN, Warszawa 1998:200.  
 8. Bennett RN, Rosa EAS, Mellon FA i wsp. Ontogenic profiling of glucosinolates, flavonoids, and other secondary metabolites in *Eruca sativa* (salad rocket), *Diplotaxis erucoides* (wall rocket), *Diplotaxis tenuifolia*

- (wild rocket), and *Bunias orientalis* (turkish rocket). *J Agric Food Chem* 2006; 54:4005-15. **9.** Bennett RN, Carvalho R, Mellon FA i wsp. Identification and quantification of glucosinolates in sprouts derived from seeds of wild *Eruca sativa* L. (salad rocket) and *Diplotaxis tenuifolia* L. (wild rocket) from diverse geographical locations. *J Agric Food Chem* 2007; 55:67-74. **10.** Jin J, Koroleva OA, Gibson T. Analysis of phytochemical composition and chemoprotective capacity of rocket (*Eruca sativa* and *Diplotaxis tenuifolia*) leafy salad following cultivation in different environments. *J Agric Food Chem* 2009; 57:5227-34. **11.** Melchini A, Costa C, Traka M i wsp. Erucin, a new promising cancer chemopreventive agent from rocket salads, shows anti-proliferative activity on human lung carcinoma A549 cells. *Food Chem Toxicol* 2009; 47:1430-6. **12.** Higdon JV, Delage B, Williams DE i wsp. Cruciferous vegetables and human cancer risk: epidemiologic evidence and mechanistic basis. *Pharmacol Res* 2007; 55:224-36. **13.** Hertog MG, Feskens EJ, Kromhout D. Antioxidant flavonols and coronary heart disease risk. *Lancet* 1997; 349:699. **14.** Heim KE, Tagliaferro AR, Bobilya DJ. Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *J Nutr Biochem* 2002; 13:572-84. **15.** Montonen J, Knekt P, Jarvinen R i wsp. Dietary antioxidant intake and risk of type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2004; 27:362-6. **16.** Martinez-Sanchez A, Gil-Izquierdo A, Gil MI i wsp. A comparative study of flavonoid compounds, vitamin C, and antioxidant properties of baby leaf *Brassicaceae* species. *J Agric Food Chem* 2008; 56:2330-40. **17.** Martinez-Sanchez A, Llorach R, Gil MA i wsp. Identification of new flavonoid glycosides and flavonoid profiles to characterize rocket leafy salads (*Eruca vesicaria* and *Diplotaxis tenuifolia*). *J Agric Food Chem* 2007; 55:1356-63. **18.** Heimler D, Isolani L, Vignolini P i wsp. Polyphenol content and antioxidative activity in some species of freshly consumed salads. *J Agric Food Chem* 2007; 55:1724-9. **19.** Atta AH, Mounieir SM. Evaluation of some medicinal plant extracts for antidiarrhoeal activity. *Phytother Res* 2005; 19:481-5. **20.** Atta AH, Abo EL-Sooud K. The antinociceptive effect of some Egyptian medicinal plant extracts. *J Ethnopharmacol* 2004; 95:235-8.

otrzymano/received: 03.04.2014  
zaakceptowano/accepted: 15.05.2014

Adres/address:  
\*dr farm. Daniel Modnicki  
Katedra i Zakład Farmakognozji  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu  
Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy  
ul. M. Skłodowskiej-Curie 9, 85-094 Bydgoszcz  
tel. +48 (52) 585-38-07  
e-mail: dmodnicki@wp.pl