

*Ewa Malczyk¹, Elżbieta Grochowska-Niedworok¹, Joanna Wyka^{1,2},
Marta Misiarz¹, Marta Kacprzak¹*

OCENA POBRANIA AKRYLOAMIDU Z DIETĄ PRZEZ MŁODZIEŻ NYSKICH LICEÓW OGÓLNOKSZTAŁCĄCYCH

¹Institut Dietetyki Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Nysie

Dyrektor: dr hab. n. farm. E. Grochowska-Niedworok

²Katedra Żywienia Człowieka Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

Kierownik: prof. dr hab. J. Biernat

Celem pracy było oszacowanie pobrania akryloamidu z dietą przez uczniów uczęszczających do nyskich liceów ogólnokształcących. Minimalne dzienne pobranie akryloamidu przez 705 uczniów nyskich liceów ogólnokształcących wynosiło 0,49 µg/kg mc/dobę, a maksymalne dzienne pobranie tej substancji wraz z dietą to 4,93 µg/kg mc/dobę. Najczęściej spożywanymi produktami będącymi źródłem akryloamidu w diecie nastolatków były: pieczywo świeże, pieczywo chrupkie oraz produkty z grupy: mięso, drób, wędliny oraz ryby (spożywane codziennie), a w dalszej kolejności ciasteczka oraz płatki kukurydziane (spożywane kilka razy w tygodniu). Najbogatszym źródłem tej substancji w diecie nastolatków były: chipsy, frytki oraz piernik.

Hasła kluczowe: akryloamid, pobranie, młodzież licealna
Key words: acrylamide, intake, secondary school students

Podstawowym procesem technologicznym w produkcji żywności jest obróbka termiczna, podczas której zachodzi modyfikacja konsystencji produktu, jego kształtu oraz barwy, jednocześnie przyczynia się ona do powstania nowych związków chemicznych, będących konsekwencją interakcji zawartych w żywności składników. Jednym z takich związków powstających w wyniku obróbki termicznej jest akryloamid (AA) (1, 2). Jest to związek chemiczny o udokumentowanym, w badaniach epidemiologicznych, działaniu neurotoksycznym na organizm ludzki, a Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) zakwalifikowała AA do grupy substancji potencjalnie rakotwórczych dla ludzi (3, 4).

Celem pracy było oszacowanie pobrania akryloamidu z dietą przez uczniów uczęszczających do nyskich liceów ogólnokształcących.

MATERIAŁ I METODY

Badaniem objęto 705 uczniów liceów ogólnokształcących w wieku 16-19 lat, w tym 485 dziewcząt (69%) i 220 chłopców (31%).

Ocenę spożycia produktów będących źródłem akryloamidu, przeprowadzono metodą wywiadu żywieniowego w oparciu o specjalnie do tego celu przygotowany kwestionariusz ankietowy, zawierający pytania dotyczące częstotliwości oraz wielkości porcji 15 spożywanych produktów. Zaproponowano do wyboru następujące kategorie częstotliwości: w ciągu dnia (1 raz, 2 razy, 3 razy, 5 razy), w ciągu tygodnia (2 razy, 3 razy, 4 razy, 5 razy), w ciągu miesiąca (4 razy, 6 razy, 8 razy), sporadycznie (do 5 razy w roku, powyżej 5 razy w roku) oraz nigdy. Dla określenia wielkości porcji spożywanego świeżego pieczywa, pieczywa chrupkiego, produktów z grupy: mięso, drób, wędliny i ryby oraz pizzy, kawy i piwa, w pytaniu opisano jak należy rozumieć wielkość 1 porcji, a w odpowiedziach zamieszczono możliwą krotność spożycia danej porcji (np. 1, 2, 3, 4 porcje, bądź więcej niż 4 porcje). Przyjęto, że porcja świeżego pieczywa waży 25 g, pieczywa chrupkiego (1 kromka) – 8 g, produktów z grupy: mięso, drób, wędliny i ryby – 60 g, pizzy – 50 g, 100 g, 150 g (z uwagi na wielkość pizzy), a w przypadku kawy i piwa porcja to 250 ml. W celu określenia wielkości porcji spożywanych pozostałych produktów ankieta zawierała autorskie fotografie porcji produktu, wzorowane na „Albumie fotografii produktów i potraw” wydanym przez Instytut Żywności i Żywienia. W ankiecie zamieszczono 2-3 fotografie obrazujące wielkość porcji: dla płatków owsianych i kukurydzianych proponowane wielkości porcji wynosiły 30 g, 60 g, 100 g; dla frytek i piernika – 100 g, 200 g, 300 g; dla chipsów – 28 g, 80 g, 150 g; dla chrupek kukurydzianych – 60 g, 120 g; dla ciasteczek – 45 g, 75 g, 135 g; dla krakersów – 30 g, 60 g, 90 g; dla paluszków – 10 g, 20 g, 50 g. Kwestionariusz ponadto zawierał pytania o płeć, wiek oraz wagę ciała respondenta.

Na podstawie danych literaturowych podających zawartość akryloamidu w wybranych produktach żywnościowych (w zakresie minimalnej i maksymalnej oznaczonej ilości AA w danym produkcie), oszacowano ilość całkowitego dziennego pobrania akryloamidu z dietą przez badanych uczniów (przy takiej samej częstotliwości i porcji spożycia danego produktu), na poziomie: minimalnego oraz maksymalnego pobrania, w przeliczeniu na kilogram masy ciała ankietowanego (3, 5, 6).

Oszacowanie dziennego pobrania akryloamidu (*EDI*) wraz ze spożyciem określonego produktu obliczono według wzoru:

$$EDI = \frac{F \cdot M \cdot R}{W} \quad [\mu\text{g}/\text{kg mc}/\text{doba}]$$

gdzie:

EDI – dzienne spożycie akryloamidu, w przeliczeniu na kg masy ciała [$\mu\text{g}/\text{kg mc}/\text{doba}$]; F – dane dotyczące wielkości porcji produktu, w przeliczeniu na kg produktu [kg]; M – minimalna lub maksymalna zawartość akryloamidu w artykule spożywczym będącym jego źródłem [$\mu\text{g}/\text{kg}$ produktu]; R – dane dotyczące częstotliwości spożycia w przeliczeniu na dobę (krotność spożycia w ciągu dnia; kilka razy w tygodniu - R/7; kilka razy w ciągu miesiąca – R/30; sporadycznie - kilka razy w ciągu roku – R/365); W – masa ciała respondenta [kg].

Uzyskane wyniki EDI zsumowano uzyskując całkowite minimalne lub maksymalne dzienne pobranie akryloamidu, wynikające ze spożycia przez respondentów produktów uwzględnionych w badaniu. Z uwagi na duży rozrzut wyników wyliczono medianę i odchylenie ćwiartkowe, 25 i 75 percentyla dla minimalnego i maksymalnego dziennego pobrania akryloamidu przez badanych licealistów (tab. I).

W celu wykazania zależności pobrania AA z diety od płci respondentów przeprowadzono analizę wariancji ANOVA i test NIR (najmniejszej istotnej różnicy). Poziom istotności statystycznej alfa przyjęto na poziomie $p=0,05$. Analizę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono za pomocą programów komputerowych STATISTICA 10.0 oraz MS Excel.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Średnia masa ciała w grupie licealistek wynosiła 56,9 kg, a w grupie licealistów – 70,4 kg. Największy odsetek respondentów (75%) charakteryzował się prawidłową masą ciała. U 13% badanych stwierdzono niedoborową masę ciała, większość tych osób była płci żeńskiej (15,5% wszystkich dziewcząt). Nadwagę rozpoznano u 6% dziewcząt oraz 9,5% chłopców. Uczniowie z otyłością stanowili 5% wszystkich ankietowanych, z czego większy odsetek stanowili chłopcy (9,2% wszystkich chłopców).

Średnie dzienne pobranie AA przez licealistów na poziomie minimalnym wynosiło 0,49 $\mu\text{g}/\text{kg}$ mc/dobę (tab. I). Uzyskany wynik nie był zbieżny z wynikami badań Mojskiej i Gielecińskiej przeprowadzonymi wśród młodzieży w podobnym wieku, w których spożycie akryloamidu przez dzieci i młodzież w wieku 13-18 lat i 7-18 lat kształtowało się odpowiednio na poziomie 0,67 μg i 0,62 μg akryloamidu/kg mc/dobę (7, 8). Zbliżone wartości pobrania AA wykazano dla populacji Belgów w wieku 13-18 lat (9). W tym badaniu średnie spożycie akryloamidu wynosiło 0,51 $\mu\text{g}/\text{kg}$ mc/dobę. Różnice być może wynikały z faktu, że w badaniach własnych do obliczenia poziomu pobrania akryloamidu wzięto minimalną zawartość AA w produkcie.

Oszacowane w przeprowadzonych badaniach ankietowych średnie dzienne pobranie akryloamidu na poziomie maksymalnym wynosiło 4,93 $\mu\text{g}/\text{kg}$ mc/dobę (tab. I).

Tabela 1. Całkowite minimalne i maksymalne dzienne pobranie akryloamidu (AA) z uwzględnieniem płci
Table 1. Total minimum and maximum daily intake of acrylamide (AA) allowing for gender

AA [$\mu\text{g}/\text{kg}$ mc/doba]	Minimalne pobranie			Maksymalne pobranie		
	Ogółem (n=705)	Dziewczęta (n=485)	Chłopcy (n=220)	Ogółem (n=705)	Dziewczęta (n=485)	Chłopcy (n=220)
Mediana \pm QD	0,49 \pm 0,27	0,46 \pm 0,29 a	0,57 \pm 0,26 a	4,93 \pm 3,33	4,41 \pm 2,91 a	6,59 \pm 3,63 a
P25-P75	0,29-0,83	0,26-0,83	0,33-0,84	2,72-9,37	2,49-8,30	3,44-10,69

QD – odchylenie ćwiartkowe, P25, P75 – percentyle 25, 75; a, a – brak różnic istotnych statystycznie przy $p<0,05$

Hilbig i wsp. wykazali na podstawie przeprowadzonych badań, że maksymalne dzienne spożycie AA wśród niemieckich dzieci wynosiło 0,43 $\mu\text{g}/\text{kg}$ mc/dobę (10). Natomiast analiza wyników uzyskanych przez *Wilsona i wsp.* wśród dorosłej populacji Szwecji dowiodła, że pobranie akryloamidu w tej grupie wynosiło

1,59 µg/kg mc/dobę (11). Pobranie tego związku na porównywalnym poziomie, jak w badaniach własnych, zaobserwował *Parzenfall*, który zasugerował, że konsumenci spożywający produkty spożywcze zawierające duże ilości AA pobierają często 4 µg, a czasami nawet 5 µg/kg mc/dobę (12). *Mojska i wsp.* szacując dzienne pobranie akryloamidu z diety, ale wyłącznie z chipsów, stwierdzili, że średnie pobranie akryloamidu wśród dzieci w wieku 7-9 lat może wynosić nawet 2,6 µg/kg mc/dobę (1).

Poziom pobrania AA z uwzględnieniem płci ankietowanych, biorąc pod uwagę minimalnie pobranie tego związku, był zbliżony z wynikami uzyskanymi przez innych autorów (6, 13). Średnie spożycie akryloamidu na minimalnym poziomie wynosiło 0,46 µg/kg mc/dobę dla licealistek, a dla licealistów - 0,57 µg/kg mc/dobę (tab. I). W badaniach *Dybinga* i *Sannera* przeprowadzonych wśród populacji norweskiej w wieku 16-79 lat, oszacowano średnie spożycie akryloamidu dla kobiet na takim samym poziomie, jak w badaniach własnych, 0,46 µg/kg mc/dobę, natomiast dla mężczyzn na nieco niższym poziomie - 0,49 µg/kg mc/dobę (13). Zbliżony poziom pobrania AA z diety wykazali także *Mojska i wsp.* (6). Kobiety przyjmowały 0,39 µg akryloamidu/kg mc/dobę, a mężczyźni 0,46 µg/kg mc/dobę.

Maksymalne pobranie akryloamidu w dietach ankietowanych dziewcząt kształtowało się na poziomie 4,41 µg/kg mc/dobę, a chłopców - 6,59 µg/kg mc/dobę.

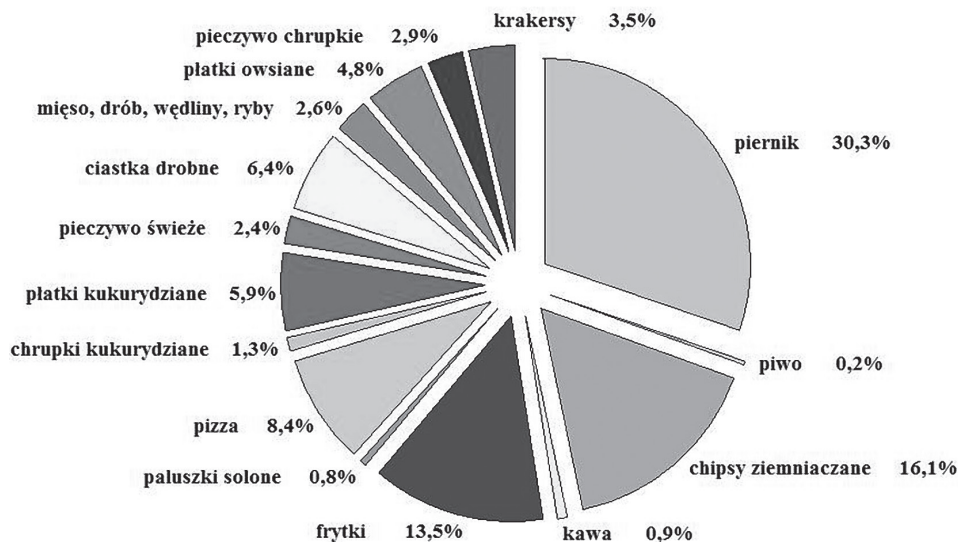
Konfrontując wyniki dziennego spożycia AA uzyskane w badaniach własnych z wynikami badań innych autorów (6-13) należy mieć świadomość, że różnice w oznaczonych poziomach pobrania akryloamidu mogą wynikać z zastosowania niejednorodnych metod szacowania spożycia produktów będących jego źródłem, a także przyjęcia do obliczeń skrajnych (minimalnych i maksymalnych) zawartości AA w produktach spożywczych.

Oszacowane całkowite minimalne, jak i maksymalne dzienne pobranie AA w grupie dziewcząt i chłopców nie różniło się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$ (tab. I). Choć można było zauważyć, zarówno w jednym jak i w drugim przypadku, że chłopcy przyjmowali średnio większe ilości AA niż dziewczęta (tab. I). Obserwację tę potwierdzają także badania przeprowadzone przez *Mojską* i *Gielecińską* wśród młodzieży w wieku 13-18 lat (8). W badaniach autorki wykazały, iż chłopcy spożywają większe ilości akryloamidu niż dziewczęta. Różnica ta także i w tych badaniach nie była istotna statystycznie.

Z badań ankietowych wynika, że największy odsetek młodzieży deklaruował codzienne spożycie pieczywa świeżego (86%), produktów z grupy: mięso, drób, wędliny i ryby (49,22%), a także pieczywa chrupkiego (25,4%). Płatki kukurydziane (29,2%) oraz ciasteczka (42,7% badanych) najczęściej spożywane były kilka razy w tygodniu. Uczniów pijących kawę codziennie, bądź kilka razy w tygodniu było odpowiednio 24,1% i 20,1%, a 32,2% badanych stwierdziło, że w ogóle jej nie pije. Uważa się powszechnie, że chipsy ziemniaczane są produktem przekąskowym o dużej częstotliwości spożycia przez dzieci i młodzież (1). Tego poglądu nie potwierdziły badania prowadzone wśród licealistów uczęszczających do szkół w Nysie. Wykazały one, że 37% licealistów deklaruowało spożycie chipsów ziemniaczanych kilka razy w miesiącu, 19,2% - kilka razy w tygodniu, a jedynie 3,8% badanych spożywało ten produkt codziennie. Podobne zachowanie żywieniowe odnotowano

w przypadku spożycia frytek. Ponad 80% ankietowanych uczniów spożywało frytki sporadycznie, bądź kilka razy w miesiącu. Wśród produktów, które nie były często spożywane przez młodzież uczęszczającą do nyskich liceów ogólnokształcących, znalazły się płatki owsiane i piwo.

Analiza spożycia wybranych produktów wykazała, że najbogatszym, choć spożywanym sporadycznie artykułem żywnościowym, dostarczającym najwięcej akryloamidu był piernik (30,3% AA)(ryc. 1).



Ryc. 1. Procentowa ilość akryloamidu pobierana wraz ze spożyciem wybranych produktów przez uczniów nyskich liceów ogólnokształcących

Fig. 1. The percentage amount of acrylamide which was taken together with the consumption of some products by secondary school students

Zawartość akryloamidu w tym produkcie, wg danych literaturowych (3, 5, 6), wahała się od 10 do 7834 $\mu\text{g}/\text{kg}$ produktu. Wyliczone średnie dobowe spożycie piernika przez ankietowanych kształtowało się na poziomie około 20 g.

Kolejnym bogatym źródłem akryloamidu w diecie nyskich licealistów były chipsy ziemniaczane, które dostarczały 16,1% pobieranego AA. Uzyskany rezultat nie był zbliżony do wyników badań prowadzonych przez *Bekasa i wsp.* wśród kandydatów na studia i studentów SGGW (14). Chipsy dostarczały w tej grupie badanych mniej niż połowę AA (7,7%). Inne badania wykazały także, że chipsy ziemniaczane dostarczają mniej akryloamidu, bo od 5,8 do 6% pobieranego z dietą (6, 15).

Na podstawie danych z ankiet oszacowano, że frytki dostarczały 13,5% AA. Uzyskany wynik był zbliżony do wyników badań *Mojskiej i wsp.*, według których frytki były źródłem 17% pobieranego AA (6). Pieczywo świeże, chrupkie oraz produkty z grupy: mięso, drób, wędliny i ryby, pomimo codziennego ich spożywania, dostarczały niecałe 8% akryloamidu przyjmowanego z dietą przez respondentów, z

czego produkty z grupy: mięso, drób, wędliny i ryby - 2,6% AA. Płatki kukurydziane były źródłem 5,9% akryloamidu. Wyniki *Wilsona i wsp.* były zbieżne z uzyskanymi wynikami, ponieważ wykazali, że produkty mięsne i płatki kukurydziane dostarczają odpowiednio 3%, 4% AA (11). Badania ankietowe wskazały także, że chrupki kukurydziane dostarczają 1,3% akryloamidu. Podobny wynik obserwowany był w badaniach *Mojskiej i wsp.* (6). Autorzy tego badania stwierdzili, że dostarczają one 1% akryloamidu pobieranego ogółem. Z kolei ciasteczka dostarczały 6,4% pobieranego ogółem z żywnością AA przez licealistów. Wynik ten koresponduje z wynikami innych badań, w których stwierdzono, że akryloamid dostarczany z ciastkami drobnymi stanowi 7% ogółu (6). Natomiast według *Dybinga i Sannera* ciastka dostarczają nieco mniej, tj. 5% AA (13).

Na podstawie badań ankietowych zaobserwowano, że wraz z kawą pobierane jest 0,9% akryloamidu ogółem. Wynik ten jest zbieżny z wynikami badań przeprowadzanych przez *Bekasa i wsp.* w grupie wiekowej 16-24 lat (14). Zdecydowanie najmniejszy udział w ilości pobieranego AA przez licealistów miały paluszki solone, kawa, piwo oraz chrupki kukurydziane, które dostarczały łącznie 3,2% akryloamidu, z czego chrupki kukurydziane stanowiły 1,3% ogółu przyjmowanej substancji.

WNIOSKI

1. Oszacowane maksymalne dzienne pobranie akryloamidu przez licealistów przekraczało dopuszczalne wartości.

2. Najczęściej spożywanymi produktami będącymi źródłem akryloamidu w diecie nastolatków były: pieczywo świeże, pieczywo chrupkie oraz produkty z grupy: mięso, drób, wędliny oraz ryby (spożywane codziennie), a w dalszej kolejności ciasteczka oraz płatki kukurydziane (spożywane kilka razy w tygodniu).

3. Najbogatszym źródłem akryloamidu w diecie nastolatków były: chipsy, frytki oraz piernik.

E. Malczyk, E. Grochowska-Niedworok, J. Wyka,
M. Misiarz, M. Kacprzak

EVALUATION OF AKRYLAMID INTAKE DIETS OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN NYSA

Summary

Acrylamide is an organic compound which is formed during heat treatment and is present in many products included in daily diet. The aim of the study was to estimate the absorption of this compound in the diet of secondary school students in Nysa. Minimal daily intake of acrylamide of 705 secondary school students in Nysa amounted to 0.49 $\mu\text{g}/\text{kg}$ body weight/day, while maximum daily intake of this substance amounted to 4.93 $\mu\text{g}/\text{kg}$ body weight/day. The most frequently consumed products which were a source of acrylamide in the diet of teenagers were: fresh bread, crisp bread, and products from the group: meat, poultry, meats and fish (consumed daily), and next: cookies and corn chips (several times a week). The richest source of this substance in the diet of secondary school students were: potato chips, french fries, and gingerbread.

PIŚMIENNICTWO

1. *Mojska H., Gielecińska I., Chajewska K., Szponar L.*: Chipsy jako potencjalne źródło akryloamidu w polskiej diecie. *Zdr Publ*, 2006; 116(2): 353-355. - 2. *Lingnert H., Grivas S., Jägerstad M., Skog K., Törnqvist M., Åman P.*: Acrylamide in food: mechanisms of formation and influencing factors during heating of foods. *Scand J. Nutr.*, 2002, 46(4): 159-172. - 3. *Friedman M.*: Chemistry, Biochemistry, and Safety of Acrylamide. A Review. *J. Agric. Food Chem.*, 2003, 51: 4504-4526. - 4. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans. Some Industrial Chemicals. Acrylamide, WHO, 1994, 60: 389-433. - 5. *Mojska H., Gielecińska I., Szponar L., Świdorska K.*: Ogólnopolskie badania zawartości akryloamidu w żywności. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2008, 41(3): 848-853. - 6. *Mojska H., Gielecińska I., Ostarzewski M., Szponar L.*: Akryloamid w żywności – ocena narażenia populacji polskiej. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2009, 42(3): 436-441. - 7. *Mojska H., Gielecińska I.*: Akryloamid – zawartość w żywności i ocena narażenia dzieci i młodzieży w Polsce. *Post. Żyw. Klin.*, 2010, 5(1): 44. - 8. *Mojska H., Gielecińska I.*: Ocena narażenia dzieci i młodzieży na akryloamid pochodzący z żywności. *Żyw. Człow. Metab.*, 2011, 38(1): 3-12. - 9. *Matthys C., Bilau M., Goert Y., Moons E, de Henauw S., Willems J.*: Risk assessment of dietary acrylamide intake in Flemish adolescents. *Food and Chemical Toxicology*, 2005, 43(2): 271-278. - 10. *Hilbig A., Freidank N., Kersting M., Wilhelm M., Wittsiepe J.*: Estimation of the dietary intake of acrylamide by German infants, children and adolescents as calculated from dietary records and available data on acrylamide levels in food groups. *Int. J. Hyg Environ Health*, 2004, 207(5): 463-471. - 11. *Wilson K., Bälter K., Adami H., Grönberg H., Vikstöröm A., Paulsson B., Törnqvist M., Mucci L.*: Acrylamide exposure measured by food frequency questionnaire and hemoglobin adduct levels and prostate cancer risk in the Cancer of the Prostate in Sweden Study. *Int. J. Cancer*, 209(124): 2384-2390. - 12. *Parzenfall W.*: Minireview on the toxicity of dietary acrylamide. *Food and Chemical Toxicology*, 2008, 46: 1360-1464. - 13. *Dybing E., Sanner t.*: Risk Assessment of Acrylamide in Foods. *Toxic. Sci.*, 2003, 75: 7-15. - 14. *Bekas W., Kowalska D., Gozdowski D., Kowalski B.*: Pobór akryloamidu w diecie przez studentów i kandydatów na studia w SGGW. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2008, 41(3): 495-501. - 15. *Bekas W., Kowalska D., Łobacz M., Kowalski B.*: Pobór akryloamidu w diecie przez przedstawicieli wybranej grupy pracowników umysłowych. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2009, 42(3): 491-497.

Adres: 48-300 Nysa, ul. Armii Krajowej 7.