

Hanna Mojska, Iwona Gielecińska, Maciej Ołtarzewski, Lucjan Szponar

AKRYLOAMID W ŻYWNOŚCI – OCENA NARAŻENIA POPULACJI POLSKIEJ*

Zakład Bezpieczeństwa Żywności Instytutu Żywności i Żywienia w Warszawie
Kierownik: dr n. roln. K. Stoś

Akryloamid, związek potencjalnie rakotwórczy dla człowieka, powstaje w czasie termicznego przetwarzania żywności. Celem pracy było oznaczenie zawartości akryloamidu w żywności i oszacowanie narażenia na ten związek populacji polskiej. Oznaczenie zawartości akryloamidu wykonano metodą GC-MS/MS a uzyskane wyniki zostały wykorzystane do oszacowania narażenia na ten związek osób, które uczestniczyły w Ogólnopolskich Badaniach Sposobu Żywienia i Stamu Odżywienia w Gospodarstwach Domowych w 2000 r. (n=4134). Dzielne narażenie na akryloamid zostało obliczone w sposób probabilistyczny dla całej populacji polskiej (1–96 lat). Zawartość akryloamidu w 224 produktach wahała się od 11 µg/kg w płatkach owsianych do 3647 µg/kg w chipsach ziemniaczanych. Przeciętne dzienne narażenie na akryloamid w populacji polskiej wynosiło 0,43 µg/kg m.c./dzień. Głównym źródłem akryloamidu w diecie populacji polskiej było pieczywo, a w następnej kolejności kawa i frytki.

Hasła kluczowe: akryloamid – żywność – narażenie – populacja polska.

Key words: acrylamide – food – exposure – Polish population.

Akryloamid jest klasyfikowany jako związek „prawdopodobnie rakotwórczy dla ludzi” (grupa 2A) (IARC, 1994), wykazuje również działanie neurotoksyczne i genotoksyczne (1). Od ponad pięćdziesięciu lat akryloamid jest produkowany na skalę przemysłową jako substrat do syntezy polimerów poliakryloamidowych, stosowanych m.in. jako wypełniacze filtrów do uzdatniania wody przemysłowej i pitnej oraz w przemyśle papierniczym, tekstylnym i kosmetycznym. W kwietniu 2002 r. Szwedzka Narodowa Agencja ds. Żywności opublikowała dane o wysokiej zawartości akryloamidu w produktach wysokowęglowodanowych poddawanych przetwarzaniu termicznemu (2). Obecnie wiadomo, że powstaje w żywności jako jeden z produktów reakcji Maillarda, w reakcji pomiędzy wolną asparaginą i cukrami redukującymi. Oznaczana zawartość akryloamidu w różnych rodzajach produktów żywnościowych waha się w szerokich granicach od < 30 do ponad 3000 µg/kg. Pomimo, że w badaniach epidemiologicznych nie stwierdzono, do chwili obecnej, związku pomiędzy pobraniem akryloamidu z diety a rozwojem i występowaniem guzów nowotworowych u ludzi (3–5), to ostatnio opublikowane wyniki badań prospektywnych wydają się wskazywać na istnienie korelacji pomiędzy poziomem ad-

* Badania wsparte finansowo w ramach projektu MN i SW nr 2 P05D 080 29.

duktów akryloamidu i glicydamidu z hemoglobina (biomarkery) a ryzykiem raka piersi (6). Światowa Organizacja Zdrowia oceniła w 2002 r., na podstawie dostępnych wyników badań, że przeciętne narażenie na akryloamid z żywności waha się w zakresie od 0,3 do 0,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.c./dzień (7).

Celem badań było oznaczenie zawartości akryloamidu w produktach spożywczych oraz oszacowanie narażenia populacji polskiej wynikające z pobrania tego związku z dietą.

MATERIAŁ I METODY

1. Oznaczanie akryloamidu w żywności

Materiał do badań stanowiły 224 próbki produktów spożywczych należących do 12 grup (tab. 1), pobrane losowo na terenie całego kraju przez pracowników Państwowej Inspekcji Sanitarnej, w latach 2006–2007. Jedną próbkę stanowiły co najmniej dwa opakowania handlowe produktu z tej samej partii produkcyjnej w ilości około 1 kg. Zawartość akryloamidu oznaczono metodą chromatografii gazowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (GC-MS/MS), jak opisano wcześniej (8).

Tab e l a 1. Zawartość akryloamidu w wybranych grupach produktów spożywczych, pobranych losowo z rynku na terenie całej Polski (n = 224)

Tab l e 1. Acrylamide content in various groups of food products, randomly selected in Polish stores (n = 224)

Grupa produktów	Liczba próbek	zawartość akryloamidu ($\mu\text{g}/\text{kg}$)				
		\bar{x}	SD	zakres	mediana	Q_1-Q_3
Chipsy ziemniaczane*	31	904	793	113–3647	699	457–981
Frytki smażone* (z gastronomii)	30	313	168	63–799	294	225–381
Frytki smażone (z półproduktów w domu)	16	827	598	292–2175	641	500–883
Płatki owsiane*	10	23	8	11–41	21	18–26
Płatki kukurydziane	24	223	226	70–1186	162	114–187
Chrupki kukurydziane	3	188	97	124–300	140	132–220
Pieczywo świeże	27	69	24	35–110	59	52–88
Pieczywo chrupkie*	11	430	359	65–1271	259	237–580
Ciasteczka	24	198	152	48–672	161	81–261
Paluszki*	25	344	221	71–879	292	181–448
Krakersy*	10	859	423	566–2017	738	631–876
Kawa ¹⁾	14	8	3	5–14	7	6–9

* Źródło: *Mojška i wsp. (8) / Source: Mojška i współpr. (8)*

¹⁾ W $\mu\text{g}/\text{L}$ naparu (2 łyżeczki kawy na 250 ml wody) / In $\mu\text{g}/\text{L}$ of coffee infusion (2 tea-spoon of powder coffee in 250 ml of water)

2. Ocena narażenia populacji polskiej na akryloamid pochodzący z żywności

Do oszacowania narażenia populacji polskiej na akryloamid obecny w żywności wykorzystano dane o sposobie żywienia w ciągu ostatnich 24 godzin dla 4134 osób, pochodzące z Badań Sposobu Żywienia i Stanu Odżywienia w Gospodarstwach Domowych (9), przeprowadzonych w 2000 r. oraz wyniki analityczne zawartości akryloamidu w żywności. Narażenie na akryloamid populacji polskiej (1–96 lat) obliczono w sposób probabilistyczny z wykorzystaniem programu realizującego metodę symulacyjną Monte Carlo.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Przeciętną zawartość akryloamidu w 12 przebadanych grupach produktów spożywczych przedstawiono w tabeli 1. Zawartość akryloamidu w produktach wahała się w zakresie od 11 µg/kg w płatkach owsianych do 3647 µg/kg w chipsach ziemniaczanych. Najwyższą przeciętną zawartość akryloamidu stwierdzono w grupie krakersów (738 µg/kg), a następnej kolejności w chipsach ziemniaczanych (699 µg/kg) i frytkach (półproduktach) smażonych w laboratorium zgodnie z instrukcją podaną na etykiecie produktu (641 µg/kg). Najniższą przeciętną zawartość akryloamidu (< 100 µg/kg) stwierdzono w grupach płatków owsianych, pieczywa świeżego i kawy w postaci naparu (µg/L). W pozostałych grupach produktów przeciętna zawartość badanego związku wahała się w zakresie od 140 µg/kg (chrupki kukurydziane) do 294 µg/kg (frytki z barów i restauracji). Oznaczone przez nas wartości były podobne do uzyskiwanych w innych ośrodkach badawczych na świecie (1).

Tabela II. Średnie pobranie akryloamidu z diety w populacji polskiej (1–96 lat)

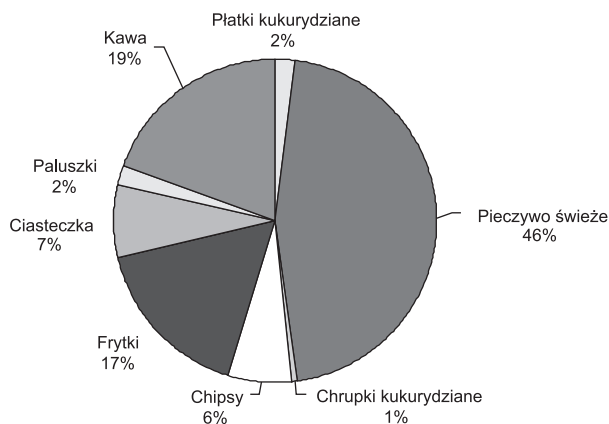
Table II. Dietary acrylamide intake in Polish population (1-96 years)

Grupa	$\bar{x} \pm SD$	P95	$\bar{x} \pm SD$	P95
	(µg/osobę/dzień)		(µg/kg m.c./dzień)	
Ogółem	23,33±30,49	58,60	0,43±0,70	1,24
Płeć męska	26,44±34,15	63,67	0,46±0,80 ^{a*}	1,35
Płeć żeńska	20,66±26,64	52,71	0,39±0,60 ^b	1,14

* Różnica istotna statystycznie w obrębie grupy a i b ($p < 0,05$)

Oszacowane przeciętne narażenie na akryloamid z żywności w populacji polskiej (1–96 lat) wynosi 0,43 µg/kg m.c./dzień (tab. 2). Stwierdzono istotnie wyższe ($p < 0,05$) pobranie badanego związku na kg m.c./dzień w grupie chłopców i mężczyzn w porównaniu z dziewczętami i kobietami. Na poziomie 95 percentyla pobranie akryloamidu z żywnością przekracza około 3-krotnie oszacowane przeciętne narażenie dla całej populacji. Oszacowane przez nas narażenie populacji polskiej było zbliżone do tego, jakie stwierdzili *Konings* i współpr. (10) na podstawie badań przeprowadzonych w Holandii dla populacji w identycznym wieku. W cytowanych badaniach przeciętne dzienne pobranie akryloamidu z żywnością wynosiło 0,48

$\mu\text{g}/\text{kg m.c.}/\text{dzień}$. Podobne wyniki uzyskali również *Swensson* i współpr. (11) w grupie osób dorosłych (18–74 lat) w Szwecji, oceniając narażenie na poziomie $0,45 \mu\text{g}/\text{kg m.c.}/\text{dzień}$. Z kolei *Hilbing* i współpr. (12) w grupie osób w wieku 4–65 lat w Niemczech oszacowali narażenie na poziomie nieco wyższym niż w Polsce, bo wynoszącym $0,57 \mu\text{g}/\text{kg m.c.}/\text{dzień}$. O blisko połowę niższe pobranie akryloamidu z dietą wynoszące $0,28 \mu\text{g}/\text{kg m.c.}/\text{dzień}$ oszacowało Szwajcarskie Federalne Biuro ds. Zdrowia Publicznego (13) w grupie osób dorosłych w wieku 15–57 lat. Porównując oszacowane narażenie na akryloamid z żywności w różnych krajach pamiętać należy o tym, że w badaniach autorzy stosowali różne metody szacowania narażenia i zbierania danych na temat sposobu żywienia, akryloamid w żywności był oznaczany metodami o różnej granicy wykrywalności a do oceny wykorzystywano zawartość tego związku w odmiennej liczbie i rodzajach produktów. Wszystkie te czynniki mają bez wątpienia wpływ na uzyskiwane wyniki.



Ryc. 1. Procentowy udział poszczególnych grup produktów spożywczych w dostarczaniu akryloamidu z dietą w populacji polskiej (1–96 lat).

Fig. 1. Contribution (%) of food groups to the dietary exposure to acrylamide in Polish population (1-96 years).

(19%), frytki (17%) i różnego rodzaju ciasteczka, biszkopty i herbatniki (7%). Podobne wyniki uzyskali *Matthys* i współpr. (14), którzy stwierdzili że pieczywo dostarczało najwyższe ilości akryloamidu w diecie Flamandów (27%). Znaczące ilości akryloamidu pochodzące z pieczywa, jednak o prawie połowę niższe od naszych wyników, stwierdzili *Dybing* i *Sanner* (15) w Norwegii – 21% (kobiety) i 24% (mężczyźni). W tych ostatnich badaniach stwierdzono również, że kawa jest znaczącym źródłem akryloamidu, dostarczając w grupie dorosłych mężczyzn 27%, a dorosłych kobiet 29% całkowitej ilości badanego związku z żywności. W populacji holenderskiej (1–97 lat) kawa dostarczała 13 % całkowitej ilości akryloamidu pochodzącego z żywności (10). Z kolei z badań prowadzonych w Szwecji (11) wynika, że w populacji osób dorosłych (18–79 lat) kawa dostarczała 39% całkowitej ilości akryloamidu z pochodzącego z żywności. W większości publikowanych badań głównym źródłem akryloamidu w diecie są produkty ziemniaczane takie, jak chipsy i frytki, dostarczające w zależno-

W przeprowadzonych badaniach stwierdziliśmy, że w populacji polskiej przeciętne dzienne pobranie akryloamidu z dietą wynosiło $23,33 \mu\text{g}$, a jego głównym źródłem było świeże pieczywo, które dostarczało 46% całkowitej zawartości tego związku w diecie (ryc. 1). Pomimo niskiej przeciętnej zawartości akryloamidu w pieczywie świeżym ($59 \mu\text{g}/\text{kg}$ produktu), to właśnie chleb dostarczał najwięcej akryloamidu ze względu na powszechność i częstość spożywania w Polsce. Znaczące ilości akryloamidu dostarczała również kawa

ści od wieku i płci badanych od 23 do nawet 69 % akryloamidu z dietą (10, 12, 14, 15). Podobnie w naszych badaniach stwierdziliśmy, że chipsy i frytki dostarczały łącznie 23% całkowitej zawartości akryloamidu w diecie. Przedstawione wyniki wskazują, że poziom pobrania akryloamidu z żywnością wynika z jednej strony z zawartości w produktach, z drugiej z tradycyjnie stosowanej w danym kraju diety.

WNIOSKI

1. Przeciętna zawartość akryloamidu w przebadanych grupach produktów wahała się w zakresie od 7 $\mu\text{g/L}$ w naparze kawy do 738 $\mu\text{g/kg}$ w krakersach, wykazując zróżnicowanie w obrębie poszczególnych grup produktów.

2. Oszacowane narażenie na akryloamid z żywności w populacji polskiej (1–96 lat) wynosiło 0,43 $\mu\text{g/kg m.c./dzień}$.

3. Akryloamid pobierany z żywnością pochodził głównie z 3 grup produktów. Pieczywo dostarczało przeciętnie 46 %, kawa – 19% a frytki – 17% całkowitej ilości akryloamidu pobieranego z dietą.

4. Mając na uwadze oszacowane narażenia na akryloamid z diety w populacji polskiej i niekorzystne działanie badanego związku, należy dążyć do obniżenia jego zawartości w produktach żywnościowych poprzez dobór właściwych surowców i optymalizację procesów technologicznych (zalecenia dla producentów).

5. Należy podjąć odpowiednie działania edukacyjne w Polsce w zakresie właściwego doboru produktów w codziennej diecie oraz stosowanych w domu technik termicznego przygotowywania produktów, aby obniżyć poziom pobrania akryloamidu z dietą.

H. Mojska, I. Gielecińska, M. Ołtarzewski, L. Szponar

ACRYLAMIDE EXPOSURE FROM FOODS OF THE POLISH POPULATION

Summary

Acrylamide, a probable human carcinogen, is formed in several foods during high-temperature processing. The purpose of our study was to estimate the acrylamide exposure in a representative sample of Polish population. We analyzed the acrylamide content of foods with GC-MS/MS method and the results were used to estimate the acrylamide exposure of consumers who participated in the National Household Food Consumption and Anthropometric Survey (NHFCA) in 2000 ($n=4134$). The daily exposure to acrylamide was calculated in a probabilistic way for the whole Polish population (1-96 years). Acrylamide amounts, for 224 food products, ranged from 11 $\mu\text{g/kg}$ in oat flakes to 3647 $\mu\text{g/kg}$ in potato crisps. The mean acrylamide exposure of the Polish population was 0,43 $\mu\text{g/kg bw/day}$. In whole Polish population, bread contributed most to the total acrylamide exposure followed by coffee and French fries.

PIŚMIENNICTWO

1. HEATOX. Heat-generated food toxicants: identification, characterization and risk minimization. Final report. 2007. www.heatox.org. – 2. Scientific Committee on Food: Opinion of the on new finding regarding the presence of acrylamide in food. SCF/CS/CNTM/CONT/4 Final. 3 July 2002. Brussels, Belgium http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out131_en.pdf – 3. Erdreich L.S., Friedman M.A.: Epidemiologic evidence for assessing the carcinogenicity of acrylamide. Regul. Toxicol. Pharmacol., 2004,

- 39, 150-157. – 4. *Mucci L.A., Lindblad P., Steineck G.* et.al.: Dietary acrylamide and risk of renal cell cancer. *Int. J. Cancer*, 2004, 109, 774-776. – 5. *Mucci L.A.*, et.al.: The role of epidemiology in understanding the relationship between dietary acrylamide and cancer risk in humans. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 2005, 561, 39-47. – 6. *Olesen P.T., Olsen A., Frandsen H.* i wsp.: Acrylamide exposure and incidence of breast cancer among postmenopausal women in the Danish Diet, Cancer and Health study. *Int. J. Cancer*, 2008, 122, 2094-2100. – 7. Health implications of acrylamide in food. Report of a Joint FAO/WHO Consultation WHO Headquarters, Geneva, Switzerland, 25-27 June 2002. – 8. *Mojska H., Gielecińska I., Marecka D., Szponar L., Świdorska K.*: Ogólnopolskie badania zawartości akryloamidu w żywności. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2008, 41, 3, 848-853. – 9. *Szponar L., Sekula W., Rychlik E., Oltarzewski M., Figurska K.*: Badania indywidualnego spożycia żywności i stanu odżywiania w gospodarstwach domowych w roku 2000 (dane niepublikowane). – 10. *Konings E.J.M., Baars A.J., van Klaveren J.D., Spanjer M.C., Rensen P.M., Hiemstra M., van Kooij J.A., Peters P.W.J.*: Acrylamide exposure from foods of the Dutch population and an assessment of the consequent risk. *Food Chem. Toxicol.* 2003, 41, 1569-1579.
11. *Svensson K., Abramsson L., Becker W., Glynn A., Hellenäs K.-E., Lind Y., Rosén J.*: Dietary intake of acrylamide in Sweden. *Food Chem. Toxicol.* 2003, 41, 1581-1586. – 12. *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, 463. – 13. BAG (Swiss Federal Office of Public Health): Assessment of acrylamide intake by duplicate diet study. Preliminary communication. <http://www.bag.admin.ch/verbraucher/verbraucherinfos.htm> – 14. *Matthys C., Bilau M., Govaert Y., Moons E., de Henauw S., Willems J.L.*: Risk assessment of dietary acrylamide intake in Flemish adolescents. *Food and Chemical Toxicology*, 2005, 43, 271. – 15. *Dybing E., Sanner T.*: Forum. Risk Assessment of Acrylamide in Foods. *Toxicological Sciences*, 2003, 75, 7.

Adres: 02-903 Warszawa, ul. Powsińska 61/63.