

# Akryloamid jako substancja obca w żywności

## Acrylamide as a foreign substance in food

JOANNA JANKOWSKA, JADWIGA HELBIN, ARTUR POTOCKI

Zakład Higieny i Ekologii, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

Dieta stanowi ważny czynnik prewencyjny w zapobieganiu wielu chorobom. Produkty spożywcze analizowane są między innymi pod kątem wartości odżywczych, kaloryczności, czy zawartości witamin i mikroelementów. Dla utrzymania lub redukcji masy ciała stosowane są produkty o obniżonej wartości kalorycznej, np. chrupkie pieczywo, jako pełnowartościowe śniadanie dla dzieci w wieku szkolnym polecane są płatki śniadaniowe. Są to niestety produkty zawierające akryloamid, potencjalnie toksyczny dla organizmu ludzkiego. Akryloamid tworzy się podczas obróbki termicznej żywności (smażenie, pieczenie, prażenie) w reakcji cukrów redukujących z aminokwasami (przede wszystkim asparaginą). Doświadczenia na zwierzętach laboratoryjnych wykazały kancerogeny wpływ akryloamidu w dużych dawkach. Akryloamid znajduje się w wielu produktach spożywanych codziennie (pieczywo, frytki, chipsy, ciastka, smażone mięso, itd.). Oceniając produkty spożywane na śniadanie, chleb odznacza się najniższym stężeniem akryloamidu, gdyż jego spożycie w jednej porcji (30 g) jest ponad 10 razy mniejsze niż w porcji pieczywa chrupkiego (10 g) i ponad 7 razy mniejsze niż w porcji płatków kukurydzianych (30 g). Istnieje więc ciągła potrzeba promowania zrównoważonego i różnicowanego odżywiania, w skład którego wchodzi duża ilość owoców i warzyw, przy równoczesnym ograniczeniu produktów spożywczych poddanych obróbce termicznej w wysokiej temperaturze.

**Słowa kluczowe:** akryloamid, obróbka termiczna, pieczywo, pieczywo chrupkie, płatki śniadaniowe

Diet is an important factor in prevention of many diseases. Food products are analyzed with respect to nutrients, calories, vitamins and microelements. In order to maintain or reduce body mass people choose products with reduced caloric value, such as crispbread. Cereals are suggested as a nutritious breakfast for school age children. However, these products contain acrylamide, which is potentially toxic for humans. Acrylamide is created during the heat treatment of foodstuffs, where amino acids react with carbonyl group of reducing sugars during baking and frying, leading to the browning of foods. Carcinogenic properties of acrylamide in large doses were demonstrated on laboratory animals. Acrylamide can be found in numerous everyday food products like bread, French fries, crisps, cookies, fried meat, etc. An assessment of acrylamide concentrations in bread, crispbread and breakfast cereals revealed that bread had the lowest acrylamide concentration among these three products. The acrylamide concentration in a single bread portion (30 g) is about 10 times lower than in a single portion of crispbread (10 g) and about 7 times lower than in a single portion of cornflakes (30 g). It is therefore important to promote a balanced and diversified diet with limited consumption of heat-treated food.

**Key words:** acrylamide, heat treatment of food, bread, crispbread, breakfast cereals

© Probl Hig Epidemiol 2009, 90(2): 171-174

www.phie.pl

Nadesłano: 14.06.2009

Zakwalifikowano do druku: 22.06.2009

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Joanna Jankowska

Zakład Higieny i Ekologii UJ CM, ul. Kopernika 7, 31-034 Kraków  
telefax: (0-12) 422-37-20, e-mail: joanna.jankowska@interia.eu

Dieta stanowi ważny czynnik zapobiegający wielu chorobom. Produkty spożywcze analizuje się m.in. pod kątem wartości odżywczych, kaloryczności czy zawartości witamin i mikroelementów. Chcąc utrzymać posiadaną masę ciała lub ją zmniejszyć sięgamy po produkty o obniżonej wartości kalorycznej, np. chrupkie pieczywo, które oprócz niższej kaloryczności, zawiera niestety znacznie większe stężenie akryloamidu. Akryloamid obecny jest również w bardzo popularnych płatkach śniadaniowych, które są proponowane jako pełnowartościowe śniadanie, a najczęściej spożywane są przez dzieci w wieku szkolnym.

Akryloamid (nazwa wg IUPAC: 2-propenoamid) jest związkiem organicznym o wzorze sumarycznym  $C_3H_5NO$ . Pod względem fizycznym jest bezwoną

substancją krystaliczną, bardzo dobrze rozpuszczalną w wodzie, etanolu, eterze i chloroformie. Zachodząca łatwo polimeryzacja pozwala na utworzenie nowego związku chemicznego, poliakryloamidu, o odmiennych właściwościach. Poliakryloamid jest szeroko używany w przemyśle, zarówno w celu uzdatniania wody – jako flokulator, jak też jako składnik cementu, zapraw murarskich, klejów, barwników czy różnych uszczelnaczy. Ponadto, wykorzystywany jest w przemyśle tekstylnym jako czynnik zapobiegający kurczeniu się tkanin lub ich nadmiernemu rozciąganiu. Poliakryloamid stał się także jednym z podstawowych narzędzi laboratoryjnych, np. przy rozdziale białek lub DNA. Może być także używany do specyficznego modyfikowania grup -SH w białkach lub też służyć

jako wygaszacz w analizie struktury i funkcji białek metodą FRET [1].

Wysoka aktywność akryloamidu jest spowodowana obecnością grupy winylowej, która jest zdolna do przeprowadzania nukleofilowego ataku. Dzięki nukleofilowej naturze, związek ten może oddziaływać z grupami -SH i -NH<sub>2</sub> białek, czy azotem wbudowanym w kwasy nukleinowe [2].

Akryloamid na skalę przemysłową jest produkowany na drodze hydrolizy akrylonitrylu. Do niedawna zjadając kromkę chleba z chrupiącą skórką, czy kawałek pieczywa chrupkiego nie zdawaliśmy sobie sprawy z obecności akryloamidu w pożywieniu. Pierwsze oznaki jego toksycznego wpływu na zdrowie ludzkie pojawiły się u robotników, którzy w swojej pracy mieli styczność z tą substancją. Do objawów zaliczyć można m.in.: cierpienie rąk i stóp, zaburzenia równowagi, niezdolność do ruchów, zwolniony odruch kolanowy, czy nieprawidłowy odruch podeszwy. Informacje o kancerogennym wpływie akryloamidu pochodzą z doświadczeń przeprowadzonych na zwierzętach laboratoryjnych, a także na różnych liniach komórkowych. Nowotworzenie w przypadku zwierząt następowało głównie w tkankach hormonozależnych, np. tarczycy, gruczoły rozrodcze czy nadnercza [3]. Odnotowany został także wpływ na ich płodność. Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) zakwalifikowała akryloamid jako rakotwórczy dla zwierząt i prawdopodobnie kancerogeny dla ludzi [4, 5, 6, 7].

Zainteresowanie akryloamidem sięga końca lat 90-tych, gdy w Szwecji doszło do wypadku, w którym rozszczelnieniu uległa cysterna przewożąca akryloamid. Zanieczyszczone zostały wody gruntowe, a w okolicy zanotowano zatrucia zwierząt gospodarskich. Skłoniło to szwedzkie służby nadzoru sanitarnego do przeprowadzenia badań poziomu akryloamidu we krwi osób narażonych na tę substancję i osób z grupy kontrolnej, które nie przebywały w okolicach katastrofy. Poziomy akryloamidu we krwi w grupie kontrolnej okazały się niezerowe i wyraźnie podniesione. W 2000 roku badaczka z Uniwersytetu Sztokholmskiego sformułowała hipotezę, że źródłem akryloamidu w organizmach ludzi jest pożywienie [8].

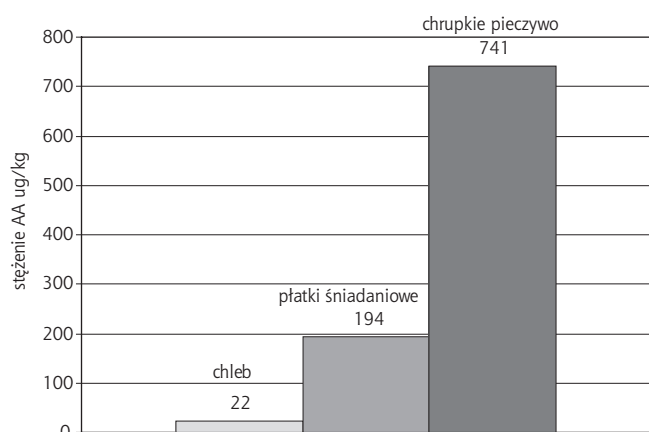
Podczas obróbki termicznej żywności (pieczenie, smażenie) zachodzą procesy chemiczne prowadzące do powstania 2-propenoamidu. Decydujące znaczenie ma tutaj reakcja Maillarda. Jest ona procesem indukowanym ciepłem pomiędzy cukrami redukującymi (pentozy, heksozy i niektóre dwucukry) a aminokwasami, głównie asparaginą. W pierwszym etapie reakcji zachodzi kondensacja grupy aminowej aminokwasu z tlenem grupy karbonylowej cukru z wydzieleniem wody. Powstają N-podstawione glukozyloaminy, noszące ogólną nazwę produktów Amadori. W zależności od pH, rodzajów substratów i temperatury

powstaje mieszanina polimerów i kopolimerów o brązowym zabarwieniu, za kolor odpowiedzialny jest pigment – melanoidyna, nadająca barwę skórce chleba czy smażonemu kotletowi. Podczas reakcji powstają produkty uboczne takie jak furfural, akroleina czy akryloamid i są one odpowiedzialne za smak oraz zapach przetwarzanej żywności. Większość powstałych małowczątkowych produktów wykazuje wysoką reaktywność, a tym samym potencjalną rakotwórczość. Obok aminokwasów i cukrów redukujących, akryloamid może powstawać także z triglicerydów, które ulegają hydrolizie do glicerolu, z którego w wyniku dehydratacji powstaje akroleina (propenal), następnie utleniana jest ona do kwasu akrylowego (propenokarboksyłowego), ten ostatni w reakcji z amoniakiem tworzy akrylan amonowy, który pod wpływem temperatury przekształca się w akryloamid [9, 10, 11, 12].

Los akryloamidu w organizmie może być dwojaki. Może on być utleniany w pierwszej kolejności przez cytochrom P450 (CYP 2e1), czego efektem jest powstanie bardziej reaktywnego, epoksydowego związku, glicydoamidu, następnie sprzęganego z glutationem, lub też może od razu ulegać reakcji sprzęgnięcia. Zarówno akryloamid jak i glicydoamid mają zdolność tworzenia adduktów z hemoglobina. Glicydoamid tworzy także addukty z DNA, co może być przyczyną powstawania zmian nowotworowych. Wspomniane addukty z hemoglobina oraz addukty z DNA stanowią biomarkery ekspozycji na te związki. Glicydoamid indukuje ekspresję hydrolazy epoksydowej, która jest jego specyficznym i czułym biomarkerem. Efektem działania wyższych stężeń tej substancji jest wzmożona ekspresja inhibitorów apoptozy oraz stymulantów wzrostu [13, 14].

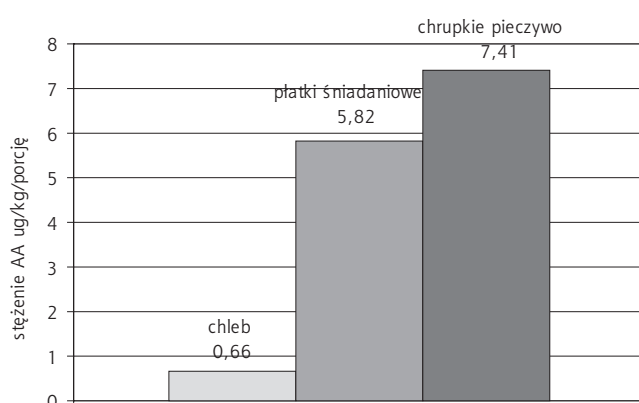
Największe stężenie akryloamidu znajduje się wg większości autorów [15] w chipsach ziemniaczanych: od ok. 50 do ok. 3500 µg/kg, natomiast różnego rodzaju ciastka mogą osiągać wartości pomiędzy 30 µg/kg a 3200 µg/kg, podczas gdy kawa może zawierać od 170 µg/kg do 230 µg/kg. Średnia zawartość akryloamidu w chlebie wynosi ok. 20 µg/kg, płatki śniadaniowe natomiast zawierają ok. 200 µg/kg, a chrupkie pieczywo ok. 740 µg/kg [16]. Na poniższym wykresie (ryc. 1) porównana jest zawartość akryloamidu w trzech produktach spożywczych: chlebie, płatkach śniadaniowych i chrupkim pieczywie.

Oceniając pieczywo oraz pozostałe dwa popularne produkty spożywane na śniadanie, chleb odznacza się najniższym stężeniem akryloamidu, a jego spożycie w jednej porcji (30 g – 0,66 µg/kg) jest ponad 10 razy mniejsze niż w porcji pieczywa chrupkiego (10g – 7,41 µg/kg) i ponad 7 razy mniejsze niż w porcji płatków kukurydzianych (30 g – 5,82 µg/kg), jak to obrazuje (ryc. 2).



Ryc. 1. Porównanie stężenia akryloamidu (AA) w chlebie, płatkach śniadaniowych oraz chrupkim pieczywie

Fig. 1. Comparison of acrylamide concentrations in bread, breakfast cereals and crispbread



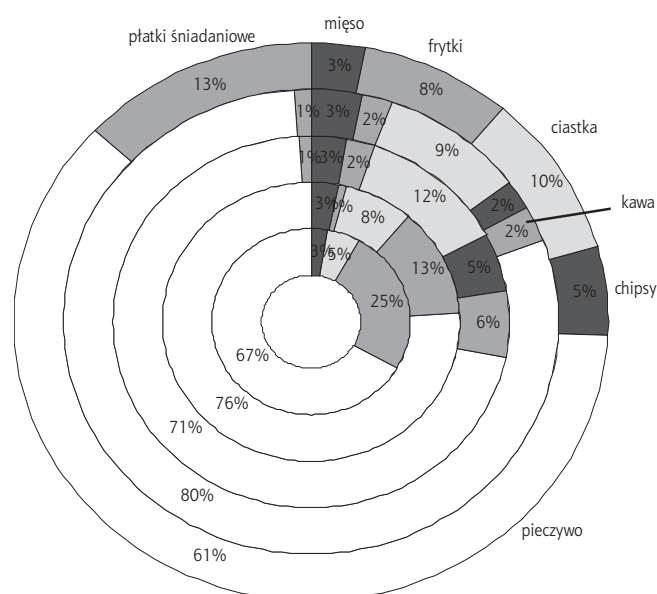
Ryc. 2. Porównanie stężenia akryloamidu w chlebie, płatkach śniadaniowych oraz chrupkim pieczywie w przeliczeniu na porcję

Fig. 2. Comparison of acrylamide concentrations in bread, breakfast cereals and crispbread calculated per portion

Badania ankietowe losowej próby 420 mieszkańców Krakowa, przeprowadzone przez Zakład Higieny i Ekologii UJCM w Krakowie, pozwoliły oszacować spożycie akryloamidu oraz procentowy udział różnych grup produktów w całkowitym spożyciu tej substancji (ryc. 3).

## Piśmiennictwo / References

- Friedman M. Chemistry, biochemistry and safety of acrylamide. A review. *J Agricultural Food Chem* 2003, 51: 4504-4526.
- Dybing E, Farmer PB, et al. Human exposure and internal dose assessment of acrylamide in food. *Food Chem Toxicol* 2005, 43: 365-410.
- Klaunig JE, Kamendulis LM. Mechanisms of acrylamide-induced rodent carcinogenesis. *Chem Safety Acrylamide Food* 2005, 561: 49-62.
- Mucci LA, Dickman PW, et al. Dietary acrylamide and cancer of the large bowel, kidney and bladder: absence of an association in a population-based study in Sweden. *British J Cancer* 2003, 88: 84-89.
- Mucci LA, Lindblad P, et al. Dietary acrylamide and risk of renal cell cancer. *Int J Cancer* 2004, 109: 774-776.
- Granath FN, Vaca CE, et al. Cancer risk estimation of genotoxic chemicals based on target dose and a multiplicative model. *Risk Analysis* 1999, 19: 309-320.
- FAO/WHO, 2002. Health implications of acrylamide in food. Report of a joint FAO/WHO consultation WHO headquarters, Geneva 25-27 June 2002.
- Tornqvist M. Acrylamide in food: the discovery and its applications. *Adv Exper Med Biology* 2005, 561: 1-19.
- Kolarzyk E (red). Wybrane problemy higieny i ekologii człowieka. *UJ* 2008: 111-112.



Ryc. 3. Procentowy udział głównych grup produktów w całkowitym spożyciu akryloamidu w różnych grupach wiekowych

Fig. 3. Percentage of main food-groups in overall acrylamide exposure for different age groups

Każdy okrąg symbolizuje jedną grupę wiekową, rozpoczynając od zewnątrz: grupa dzieci pomiędzy 6 a 13 rokiem życia, młodzież od 14 do 19 roku życia, dorośli pomiędzy 20 a 30 rokiem życia, dorośli pomiędzy 31 a 41 rokiem życia, oraz dorośli pomiędzy 42 a 60 rokiem życia. Z powyższego diagramu wynika, że zaraz po pieczywie, płatki śniadaniowe stanowią drugie główne źródło akryloamidu u dzieci.

Wbrew powszechnemu przekonaniu, w populacji polskich dzieci chipsy nie są głównym składnikiem diety wpływającym na globalne spożycie akryloamidu, gdyż ich udział sięga 5%. Natomiast, zarówno wśród dzieci, młodzieży, jak również dorosłych największy udział w ogólnym spożyciu akryloamidu ma pieczywo. Powyższy wykres wskazuje na potrzebę promowania zrównoważonego i zróżnicowanego odżywiania, z dużą ilością warzyw i owoców, przy równoczesnym ograniczeniu produktów spożywczych poddawanych obróbce termicznej w wysokiej temperaturze.

10. Yalayan VA, Locas CP, et al. Mechanistic pathways of formation of acrylamide from different amino acids. *Chem Safety Acrylamide Food* 2005, 561: 191-203.
11. Surdyk N, Rosen J. Effects of asparagine, fructose and baking conditions on acrylamide content in yeast-leavened wheat bread. *J Agricultural Food Chem* 2004, 52: 2047-2051.
12. Szczerbina T. Akryloamid – potencjalnie rakotwórcza substancja występująca w żywności. *Kosmos* 2005, 4: 367-372.
13. Baum M, Fauth E, et al. Acrylamide and glycidamide: approach towards risk assessment based on biomarker-guided dosimetry of genotoxic/mutagenic effects in human blood. *Chem Safety Acrylamide Food* 2005, 561: 77-88.
14. Becalski A, Lau BP, et al. Acrylamide in foods: occurrence, sources and modeling. *J Agricultural Food Chem* 2003, 51: 802-808.
15. Mojska H, Gielecińska I, et al. Chipsy jako potencjalne źródło akryloamidu w polskiej diecie. *Zdr Publ* 2006, 116: 353-355.
16. Survey of process contaminants in retail foods 2007. Food Standard Agency 2008. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/acrylamide0308.pdf>