



Zanieczyszczenie żywności akryloamidem w aspekcie zagrożenia zdrowia konsumentów

Food contamination with acrylamide in terms of consumer health risk

Agata Piekut^{1,A,E-F}, Renata Baranowska^{2,D}, Mateusz Suchanek^{3,A-C}, Anna Spychała^{1,C}

¹ Zakład Zdrowia Środowiskowego, Katedra Zdrowia Środowiskowego, Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Polska

² Laboratorium Analityczne Katedry Zdrowia Środowiskowego, Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Polska

³ Student Wydziału Nauk o Zdrowiu w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

A – Koncepcja i projekt badania, B – Gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – Analiza i interpretacja danych, D – Napisanie artykułu, E – Krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – Zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Piekut A, Baranowska R, Suchanek M, Spychała A. Zanieczyszczenie żywności akryloamidem w aspekcie zagrożenia zdrowia konsumentów. Med Og Nauk Zdr. doi: 10.26444/monz/146552

■ Streszczenie

Wprowadzenie i cel pracy. Podstawę prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka stanowi pożywienie. Nieodpowiednia jakość konsumowanych produktów spożywczych może mieć negatywny wpływ na zdrowie człowieka. Niebezpiecznym i szkodliwym dla zdrowia związkiem chemicznym zawartym w produktach spożywczych jest akryloamid (AA). Celem badania była identyfikacja i analiza danych ze źródeł literaturowych na temat zagrożenia zdrowia konsumentów związanego ze spożywaniem wysokoprzetworzonej żywności zawierającej akryloamid oraz oszacowanie wielkości tego ryzyka zdrowotnego.

Materiał i metody. Analizę wielkości zagrożenia zdrowia konsumentów związanego z narażeniem na AA obecny w żywności przeprowadzono, dokonując przeglądu dostępnych danych literaturowych, opublikowanych w ciągu 11 lat (od 2011 do 2021 roku). Z Głównego Urzędu Statystycznego pozyskano dane dotyczące wielkości spożycia poszczególnych artykułów spożywczych przez przeciętnego mieszkańca Polski. W celu oceny ryzyka zdrowotnego konsumentów, wynikającego ze spożywania poszczególnych produktów spożywczych zawierających AA, obliczono narażenie dla osoby dorosłej. Oszacowano wielkość ryzyka zdrowotnego zgodnie z wytycznymi US EPA (U.S. Environmental Protection Agency).

Wyniki. Analiza wielkości ryzyka zdrowotnego u przeciętnego Polaka przeprowadzona na podstawie trzech scenariuszy, które zakładały konsumpcję wybranych produktów spożywczych zawierających minimalne, średnie i wysokie ilości akryloamidu, nie wykazały istotnego narażenia w żadnej z grup.

Wnioski. Oszacowana wielkość ryzyka zdrowotnego wynikającego z narażenia na akryloamid zawarty w żywności nie wykazała istotnego narażenia, jednak ponieważ człowiek spożywa żywność zawierającą AA przez całe życie, zawartość tego toksycznego związku w produktach spożywczych ma znaczenie.

Słowa kluczowe

zdrowie, ryzyko zdrowotne, żywność, akryloamid

■ Abstract

Introduction and Objective. Food is a basis for proper functioning of the human body. Inadequate quality of consumed food products may have a negative impact on human health. Acrylamide (AA) is a dangerous and harmful chemical compound contained in food products. The aim of the study was to identify and analyze data from literature concerning the risk to consumer health associated with the consumption of highly processed foods containing acrylamide, and to estimate the size of this risk.

Materials and Method. Analysis of the size of consumer health risk related to exposure to AA in food was performed by reviewing the available literature data published over 11 years (from 2011–2021). Data on the consumption of particular food products by an average Pole was obtained from the Central Statistical Office. Adult exposure was calculated to assess the health risks to consumers from consuming individual foods containing AA. The health risk was estimated in accordance with US EPA guidelines.

Results. The analysis of the size of health risk to an average Pole performed based on three scenarios that assumed the consumption of selected food products containing minimum, medium and high amounts of acrylamide did not show any significant exposure in any groups of products.

Conclusions. The estimated health risk resulting from exposure to acrylamide contained in food did not show any significant exposure, however, considering that a person consumes food containing AA throughout the whole life the content of this toxic compound in food products is important.

Key words

acrylamide, food, health risk, health

Adres do korespondencji: Anna Spychała, Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, ul. Piekarska 18, 41-902 Bytom, Polska
E-mail: aspychala@sum.edu.pl

Nadesłano: 7.10.2021; zaakceptowano do publikacji: 9.02.2022; publikacja online: 16.02.2022

WPROWADZENIE

Pożywienie stanowi podstawę prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka, jest niezbędne do życia, dlatego też dostęp do bezpiecznej żywności jest podstawowym prawem człowieka, zależy on jednak od dokonywanych przez konsumenta wyborów i poziomu wiedzy na temat substancji chemicznych obecnych w żywności. Dostarczanie pokarmów o odpowiedniej wartości energetycznej i odżywczej oraz wysokiej jakości zapewnia organizmowi utrzymanie podstawowych procesów życiowych oraz jego prawidłowy rozwój. W przeszłości produkty spożywcze w większości były spożywane w stanie naturalnym bądź przetworzone w niewielkim stopniu. Najczęściej stosowane były tradycyjne metody obróbki kulinarnej i termicznej, takie jak gotowanie, suszenie, pieczenie oraz kiszenie [1]. Obecnie coraz częściej żywność jest poddawana przetworzeniu w znacznie większym stopniu, w celu m.in. wydłużenia możliwego czasu przechowywania produktów spożywczych, ale przede wszystkim dla poprawy walorów smakowych. Nieodpowiednia jakość konsumowanych produktów spożywczych bądź obecność w nich związków chemicznych, które mogły przedostać się do żywności bądź powstać zarówno podczas produkcji, jak i jej przygotowania do konsumpcji, mogą mieć negatywny wpływ na zdrowie, a w szczególnych przypadkach powoduje nawet zagrożenia życia człowieka [1, 2]. Jednym z niebezpiecznych i szkodliwych dla zdrowia związków chemicznych zawartych w produktach spożywczych jest akryloamid (AA), który może przedostawać się do organizmu człowieka wraz z wysokoprzetworzoną żywnością, stanowiąc zagrożenie dla zdrowia społeczeństwa [3].

Akryloamid powstaje głównie w produktach wysokowęglowodanowych, w procesie obróbki termicznej, w temperaturze > 120°C, jako jeden z produktów reakcji Maillarda, która zachodzi pomiędzy cukrami redukującymi (fuktoza i glukoza) a aminokwasami (kwasem asparaginowym, walinią, kwasem glutaminowym, glutaminą, asparaginą i lizyną). Reakcja ta następuje przy smażeniu i ogrzewaniu w wysokich temperaturach prawie każdego rodzaju produktu spożywczego zawierającego białka i cukry. Wysokie zawartości AA stwierdzono m.in. w produktach z ziemniaków, które zostały usmażone w oleju – tj. chipsach i frytkach, jak również w produktach poddawanych procesom pieczenia, prażenia, grillowania czy tostowania [3, 4]. Według Wspólnego Komitetu Ekspertów FAO/WHO ds. Dodatków do Żywności (JECFA – The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) wysoka zawartość akryloamidu oznaczana jest w takich produktach spożywczych jak: chipsy i chrupki (6–46%), frytki (16–30%), pieczywo (10–30%), kawa (13–39%) oraz ciastka i herbatniki (10–20%) [5]. Akryloamid może wywoływać poważne negatywne efekty zdrowotne, dlatego też został sklasyfikowany jako substancja silnie toksyczna. Działa drażniąco na skórę, oczy, drogi oddechowe, wywołując reakcję uczuleniową skóry. Według IARC (International Agency for Research on Cancer – Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem) AA został sklasyfikowany w 1994 roku jako prawdopodobnie rakotwórcza substancja dla człowieka [6, 7]. Badania Hogervorsta i wsp. wykazały natomiast istnienie zależności między wystąpieniem raka mózgu i płuc a spożyciem AA [8, 9].

W Polsce nadzór nad monitorowaniem zawartości AA w żywności pełni Główny Inspektor Sanitarny, natomiast plany badań poszczególnych produktów spożywczych

w danym roku opracowywane są w Głównym Inspektoracie Sanitarnym corocznie we współpracy z instytutami naukowo-badawczymi na szczeblu centralnym. W 2007 roku w Polsce został wprowadzony monitoring zawartości AA w różnych grupach produktów spożywczych, zgodnie z zaleceniami Komisji Europejskiej Nr 2007/331/WE [10]. Sposób przeprowadzania badań monitoringowych żywności z grup produktów ziemniaczanych, piekarniczych, zbożowych oraz innych określają aktualnie obowiązujące zalecenia Komisji Europejskiej 2019/1888 z dnia 7 listopada 2019 roku (Dz.U.UE.L.2019.290.31) [11]. Środki łagodzące i poziomy odniesienia służące ograniczeniu obecności akryloamidu w żywności określa natomiast Rozporządzenie Komisji (UE) z dnia 20 listopada 2017 roku (2017/2158/UE) [12]. Poza stałym monitoringiem zawartości AA w żywności niezbędne jest jednak oszacowanie wielkości ryzyka zdrowotnego wynikającego ze spożywania przez konsumenta określonych produktów żywnościowych zawierających ten związek, co pozwoli na zaplanowanie właściwych działań profilaktycznych oraz uświadomienie społeczeństwu, w jaki sposób można ograniczać to ryzyko.

CEL PRACY

Celem badania była identyfikacja i analiza danych ze źródeł literaturowych na temat zagrożenia zdrowia konsumentów związanego ze spożywaniem wysokoprzetworzonej żywności zawierającej akryloamid oraz oszacowanie wielkości tego ryzyka zdrowotnego.

MATERIAŁY I METODY

Analizę wielkości zagrożenia zdrowia konsumentów związanego z narażeniem na akryloamid obecny w żywności przeprowadzono, dokonując przeglądu dostępnych publikacji naukowych w tym zakresie, zarówno krajowych, jak i zagranicznych, opublikowanych w ciągu 11 lat (od 2011 do 2021 roku), oraz wykorzystując dane Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) [13]. Systematycznego przeglądu badań dokonał jeden autor, przeszukując w tym celu elektroniczne bazy danych, takie jak PubMed, Elsevier oraz Google Scholar. Pierwotnie wytypowane zostały 24 publikacje, spośród których 4 opublikowane zostały w materiałach pokonferencyjnych, a 2 stanowiły streszczenia pokonferencyjne. Analizę oparto wyłącznie na 18 pełnotekstowych publikacjach naukowych, napisanych w języku polskim i angielskim [14–31]. Wykorzystano do badań publikacje, w których zawarte były wyniki pomiarów zawartości akryloamidu w tych produktach spożywczych, w których związki te występują najczęściej. Wybrane produkty spożywcze zakwalifikowano do następujących 5 grup: pieczywo, frytki, przekąski, płatki śniadaniowe i kawa. Pozyskane z literatury zawartości AA dla poszczególnych grup produktów spożywczych posłużyły do obliczenia wartości średnich, odchylenia standardowego, wartości minimalnej i maksymalnej. Uzyskane wyniki porównano z poziomami odniesienia AA dla poszczególnych środków spożywczych, wynikających z Załącznika IV Rozporządzenia Komisji (UE) z dnia 20 listopada 2017 roku (2017/2158/UE) [12].

Z GUS [13] pozyskano dane dotyczące wielkości spożycia poszczególnych artykułów spożywczych przez przeciętne

mieszkańca Polski w 2020 roku. Na podstawie tych danych oraz średnich, minimalnych i maksymalnych zawartości AA w poszczególnych grupach żywnościowych obliczono dobową dawkę tego związku, pobieraną drogą pokarmową przez statystycznego dorosłego mieszkańca Polski (masa ciała: 70 kg, tryb życia: umiarkowanie aktywny). W celu oceny ryzyka zdrowotnego konsumentów, wynikającego ze spożywania poszczególnych produktów spożywczych zawierających AA, obliczono narażenie dla osoby dorosłej, o masie ciała równej 70 kg. Oszacowane dawki narażenia odniesiono do dawki referencyjnej (ang. *reference dose*, RfD), która dla akryloamidu wynosi 2 µg/kg m.c./dobę [14], czyli w przypadku osoby dorosłej o masie ciała wynoszącej 70 kg RfD jest równe 140 µg/osobę/dobę. Uzyskane wyniki wykorzystano do wyznaczenia wielkości ryzyka zdrowotnego, które zgodnie z wytycznymi Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (U.S. Environmental Protection Agency – US EPA) określa się za pomocą ilorazu narażenia (ang. *hazard quotient* – HQ), obliczanego według poniższego wzoru [14]:

$$HQ = \text{dawka pobrana} / \text{RfD}.$$

Istotne narażenie stanowiące zagrożenie dla zdrowia człowieka występuje, gdy wartość HQ jest większa od 1, natomiast iloraz narażenia mniejszy niż 1 świadczy o narażeniu, które nie stanowi znamiennego zagrożenia dla zdrowia konsumenta.

Ocenę narażenia przeprowadzono, biorąc pod uwagę założenia trzech scenariuszy:

- Scenariusz 1 – zawartość AA jest równa minimalnym oznaczonym zawartościom w najczęściej konsumowanych produktach spożywczych;
- Scenariusz 2 – zawartość AA jest równa średnim oznaczonym zawartościom w najczęściej konsumowanych produktach spożywczych;
- Scenariusz 3 – zawartość AA jest równa maksymalnym zawartościom w najczęściej konsumowanych produktach spożywczych.

WYNIKI

Zebrane dane literaturowe, dotyczące średnich zawartości akryloamidu w produktach spożywczych, zawierających tego związku najwięcej, podzielono na następujące grupy: pieczywo, frytki, przekąski, płatki śniadaniowe, kawa. W każdej grupie znalazły się produkty będące najczęściej konsumowanymi przedstawicielami danej grupy produktów (tab. 1).

Średnia zawartość AA w pieczywie wynosi 136,7 µg/kg. Rodzajem pieczywa, w którym oznaczono najwyższą średnią zawartość AA, jest pieczywo chrupkie. Oszacowana średnia zawartość (437,8 µg/kg) jest niemal 4-krotnie wyższa od średniej zawartości oszacowanej dla pieczywa ogółem i przewyższa o 25% wartość odniesienia dla pieczywa, wynoszącą 350 µg/kg produktu. W przypadku dwóch rodzajów przekąsek – chipsów ziemniaczanych oraz chrupków kukurydzianych – średnie zawartości AA wyniosły odpowiednio 925,2 µg/kg oraz 290,5 µg/kg i nie przekraczały wartości odniesienia określonej dla przekąsek, równej 750 µg/kg. W płatkach kukurydzianych odnotowano ponad 12-krotnie wyższą średnią zawartość AA (313,2 µg/kg) w porównaniu do zawartości tego związku w płatkach owsianych (24,8 µg/kg). Ponad dwukrotnie wyższą zawartość AA w stosunku

do poziomów odniesienia (150 µg/kg) wykazano w płatkach kukurydzianych. Średnia zawartość badanego związku we frytkach wyniosła aż 606,7 µg/kg. Frytki smażone w oleju zawierały najniższą średnią zawartość AA, wynoszącą 537,7 µg/kg, najwyższą natomiast odnotowano we frytkach smażonych w piekarniku (682,4 µg/kg). Oszacowane wartości minimalne, maksymalne oraz średnie zawartości AA, niezależnie od sposobu przygotowania produktu do konsumpcji, przekraczały poziom odniesienia równy 500 µg/kg. Najwyższa zawartość oznaczanego związku przewyższała wartość odniesienia o ponad 36%. Średnia zawartość AA w kawie rozpuszczalnej w porównaniu do zawartości tego związku w kawie mielonej jest ponad 4,5-krotnie wyższa i wynosi 770,5 µg/kg. Średnia zawartość AA dla obu rodzajów kaw wynosi 472,2 µg/kg (tab. 1).

Tabela 1. Średnie zawartości AA [µg/kg] w najczęściej spożywanym produktach spożywczych

Produkt spożywczy	Zawartość AA [µg/kg]						
	Średnia dla rodzaju produktu	Źródło literaturowe	Średnia dla grupy produktów	Min.	Max.	Poziomy odniesienia*	
Pieczywo	Chleb biały	37,8				50	
	Chleb żytni	39,0				100	
	Bułki pszenne	32,0	[14–19]	136,7	32,0	437,8	50
	Pieczywo chrupkie	437,8					350
Przekąski	Chipsy ziemniaczane	925,2	[19–23]	607,9	290,5	925,2	750
	Chrupki kukurydziane	290,5					
Płatki śniadaniowe	Płatki owsiane	24,8					
	Płatki kukurydziane	313,2	[15, 19–21]	313,4	24,8	338,0	150
Frytki	Frytki smażone w oleju	537,7					
	Frytki smażone we frytkownicy	626,0	[18, 22, 24–28]	606,7	537,7	682,4	500
	Frytki smażone w piekarniku	682,4					
Kawa	Kawa rozpuszczalna	770,5					850
	Kawa mielona	173,8	[18–20, 29–31]	472,2	173,8	770,5	400

* Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/2158 z dnia 20 listopada 2017 roku ustanawiające środki łagodzące i poziomy odniesienia służące ograniczeniu obecności akryloamidu w żywności [12]. Źródło: opracowanie własne na podstawie literatury cytowanej w tabeli.

W celu oszacowania wielkości narażenia konsumentów przetworzonej żywności na akryloamid obliczono dobową dawkę tego związku pobraną drogą pokarmową przez osobę dorosłą, wykorzystując minimalne, maksymalne oraz średnie zawartości AA w wybranych stałych produktach

spożywczych, tj. pieczywie, frytkach, przekąskach oraz płatkach śniadaniowych (tab. 1). Produkty te stanowią często podstawowe składniki codziennej diety przeciętnego człowieka oraz zawierają największe ilości AA, ze względu na ich termiczną obróbkę przy produkcji bądź przygotowaniu do konsumpcji.

Tabela 2 zawiera dane dotyczące wielkości przeciętnego tygodniowego spożycia wybranych produktów spożywczych przez mieszkańców Polski, zebrane na podstawie danych GUS [13]. Dane te zostały wykorzystane do oszacowania dobowej dawki AA pobranej drogą pokarmową przez osobę dorosłą.

Tabela 2. Przeciętne dobowe spożycie wybranych produktów spożywczych przez dorosłego mieszkańca Polski w 2020 roku

Produkt	Przeciętne spożycie [kg/osobę/dobę]
Pieczywo	0,138
Frytki	0,011
Przekąski	0,003
Płatki śniadaniowe	0,005

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS [13].

Wykorzystując dane dotyczące zawartości AA w poszczególnych grupach produktów żywnościowych oraz dane na temat wielkości ich dobowego spożycia, oszacowano dobową dawkę akryloamidu pobraną przez statystycznego dorosłego Polaka. Następnie uzyskane wyniki odniesiono do dawki referencyjnej, wynoszącej 14 µg/osobę/dobę [14]. Ocena narażenia przeprowadzono z wykorzystaniem ilorazu narażenia (HQ), biorąc pod uwagę założenia trzech scenariuszy:

- Scenariusz 1 – zawartości AA są równe minimalnym oznaczonym zawartościom w najczęściej konsumowanych produktach spożywczych;
- Scenariusz 2 – zawartości AA są równe średnim oznaczonym zawartościom w najczęściej konsumowanych produktach spożywczych;
- Scenariusz 3 – zawartości AA są równe maksymalnym zawartościom w najczęściej konsumowanych produktach spożywczych.

Wyniki uzyskane z szacowania narażenia, uwzględniającego założenia trzech scenariuszy, zawarto w tab. 3.

Analiza wielkości ryzyka zdrowotnego u przeciętnego Polaka, przeprowadzona na podstawie scenariusza 1, który zakłada konsumpcję wybranych produktów spożywczych zawierających minimalne ilości akryloamidu, nie wykazała istotnego narażenia (HQ < 1) we wszystkich grupach produktów. Całościowa dobową dawkę pobrana AA przy spożyciu wszystkich analizowanych produktów w ciągu dnia wynosiła 11,326 µg/dobę. Iloraz narażenia wynosi 0,081, co świadczy o braku istotnego ryzyka zdrowotnego. Ryzyko przy założeniach tego scenariusza wiąże się przede wszystkim ze spożyciem frytek (ponad 52% dawki) (tab. 3).

W przypadku szacowania narażenia z uwzględnieniem założeń scenariusza 2, zakładającego wykorzystanie średniej zawartości AA w 4 wybranych grupach produktów spożywczych, podobnie jak w przypadku scenariusza 1, narażenie nie stanowiło istotnego ryzyka dla zdrowia (HQ = 0,207), choć było ponad dwukrotnie wyższe niż w przypadku obliczeń z użyciem scenariusza 1. Całościowa dobową dawkę pobrana AA przy spożyciu wszystkich 4 grup analizowanych

Tabela 3. Szacunkowa ocena narażenia mieszkańców Polski na AA drogą pokarmową z uwzględnieniem założeń trzech scenariuszy

Scenariusz nr:	Produkt	Dobowa dawka AA [µg/dobę] dla osoby o masie 70 kg	Iloraz narażenia [HQ]
1	Pieczywo	4,416	0,032
	Frytki	5,915	0,042
	Przekąski	0,872	0,006
	Płatki śniadaniowe	0,124	0,001
	RAZEM	11,326	0,081
2	Pieczywo	18,865	0,135
	Frytki	6,674	0,048
	Przekąski	1,824	0,013
	Płatki śniadaniowe	1,566	0,011
	RAZEM	28,928	0,207
3	Pieczywo	60,306	0,431
	Frytki	7,506	0,054
	Przekąski	2,776	0,020
	Płatki śniadaniowe	1,690	0,011
RAZEM	72,278	0,516	

Źródło: opracowanie własne.

produktów w ciągu dnia wynosiła 28,928 µg/dobę. Ryzyko w tym scenariuszu jest związane przede wszystkim ze spożyciem pieczywa (ponad 65% dawki) (tab. 3).

W scenariuszu 3, zakładającym spożywanie przez statystycznego konsumenta z Polski produktów żywnościowych zawierających maksymalne zawartości AA, wielkość oszacowanego ilorazu narażenia również nie wskazuje na istotne ryzyko zdrowotne (HQ = 0,516), ale jest ponad 2-krotnie wyższe od HQ oszacowanego przy uwzględnieniu założeń scenariusza 2 i aż ponad 6-krotnie wyższe niż HQ w scenariuszu 1. Znaczące ryzyko w tym scenariuszu, podobnie jak w przypadku scenariusza 2, wiąże się przede wszystkim ze spożyciem pieczywa (ponad 83% dawki) (tab. 3).

DYSKUSJA

Najważniejszym i niezbędnym dobrem dla człowieka jest pożywienie, dzięki któremu organizm może utrzymywać się przy życiu oraz prawidłowo się rozwija [32]. Według Ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 roku w sprawie bezpieczeństwa żywności i żywienia (Dz.U. 2006 Nr 171, poz. 1225) żywność to produkty, substancje częściowo przetworzone, nieprzetworzone, które przeznaczone są do spożycia przez ludzi lub których spożycia przez ludzi można się spodziewać [33]. Prawidłowy sposób odżywiania polega na diecie zbilansowanej pod względem makroskładników, składników mineralnych, podaży energii oraz witamin. Liczba oraz jakość posiłków spożywanych w ciągu dnia ma podstawowe znaczenie dla bilansowania racji pokarmowej. Pokarmy przyjmowane przez człowieka powinny być różnorodne i zawierać produkty spożywcze umieszczone na „talerzu zdrowego żywienia”, zapewnią one prawidłowy rozwój i unikanie wszelkich niedoborów [34]. Rynek spożywczy w dzisiejszych czasach obfituje w produkty wysokoprzetworzone, o wysokiej zawartości tłuszczu i węglowodanów, a także zawierające substancje toksyczne, takie jak AA, co wpływa negatywnie na zdrowie człowieka. Produkty wysokoprzetworzone zostały

określone – i tak też przedstawione na tzw. talerzu zdrowego żywienia – jako niewskazane do spożycia, ponieważ mają w składzie niebezpieczny AA. Mimo to są bardzo popularne wśród konsumentów, a ich spożycie wciąż jest na wysokim poziomie [34, 35]. W diecie Polaków podstawowe źródło AA (76%) stanowi pieczywo. Wśród dzieci w wieku od 6 do 13 lat spośród produktów, które w składzie mają AA, spożywanymi w największej ilości są ciastka, płatki śniadaniowe oraz frytki i chipsy [36]. Popularnymi produktami od wielu lat są smażone produkty ziemniaczane, do których zalicza się dodatki do głównych dań, czyli: krokiety, naleśniki, placki ziemniaczane, frytki ziemniaczane oraz przekąski – chrupki, chipsy, talarki, krakersy. Dzięki smażeniu w wysokich temperaturach przybierają one charakterystyczną, żółto-żłocistą barwę, zachęcający smak, zapach oraz delikatną, chrupką konsystencję – czyli zyskują cechy sensoryczne. Proces ten nie jest jednak bez znaczenia dla zdrowia człowieka, gdyż właśnie w ten sposób w produktach żywnościowych, które są poddawane obróbce termicznej w wysokiej temperaturze, wytwarza się akryloamid [37, 38]. Wysokie temperatury smażenia, powyżej 120°C, przyczyniają się do wytwarzania związku toksycznego – AA, który jest dla ludzi prawdopodobnie kancerogenny, a spożycie takiej żywności z dużym prawdopodobieństwem przyczynia się do zachorowania na raka [19, 39, 40].

Codziennie spożycie produktów wysokoprzetworzonych (takich jak krakersy, chipsy, słodczyce czy żywność typu fast food) dostarcza do organizmu człowieka ogromne ilości energii, która niekoniecznie zostaje wydatkowana w ciągu dnia. Produkty te poza wysoką wartością energetyczną zawierają dużo soli, tłuszczu, cukru przy minimalnej zawartości witamin, błonnika, składników mineralnych. W składzie mają kwasy tłuszczowe typu trans, AA i inne substancje toksyczne dla zdrowia [34]. Świadomość konsumentów dotycząca zagrożeń związanych ze spożywaniem żywności zawierającej związki chemiczne jest niewielka. Przyczyną takich zachowań są przyzwyczajenia dotyczące stylu życia oraz odżywiania. Tłumaczy to fakt niechęci i braku świadomości co do istotności prawidłowych nawyków żywieniowych. Dlatego tak ważną kwestią jest uświadomienie społeczeństwu, iż zmiana nawyków, zachowań żywieniowych w dużym stopniu wpływa na zniwelowanie szkodliwych, kancerogennych substancji w żywności, a co za tym idzie – zmniejszenie zagrożenia dla całej populacji [41]. Producenci wysokoprzetworzonej żywności powinni informować konsumenta o potencjalnych zagrożeniach wynikających z jej konsumpcji [42, 43].

Niniejsze badania wykazały wysokie zawartości akryloamidu przede wszystkim w chipsach, frytkach oraz kawie, które wynosiły odpowiednio: 607,9 µg/kg, 606,7 µg/kg, 472,2 µg/kg. Również w badaniach H. Mojskiej i wsp. [17] najwyższą zawartość AA, chociaż niższą niż w badaniach własnych, oznaczono w chipsach (398 µg/kg) oraz frytkach (292 µg/kg). Inne badania tych samych autorek [44], w których oceniana była zawartość akryloamidu w produktach spożywczych dostępnych w Polsce, wykazały również wysoką zawartość AA przede wszystkim w chipsach ziemniaczanych, wynoszącą 714 µg/kg. Autorki badania wykazały również obecność toksycznego i prawdopodobnie kancerogennego związku, jakim jest AA, w produktach żywnościowych w słoiczkach, przeznaczonych dla niemowląt i małych dzieci [44]. Brak jest badań podobnych do tych opisanych w niniejszej pracy z zakresu szacowania wielkości narażenia na AA konsumenta spożywającego określone grupy produktów,

dlatego niemożliwe jest porównanie uzyskanych wyników z badaniami innych autorów. Analiza ta nie wykazała istotnego narażenia (indeks HQ < 1), jednak ponieważ człowiek spożywa żywność zawierającą AA przez całe życie, zawartość tego związku w produktach spożywczych jest istotna.

Ze względu na szkodliwe działanie AA na zdrowie człowieka oraz powszechność spożywania produktów posiadających w składzie tę toksyczną substancję powinniśmy dążyć do znacznego obniżania zawartości AA w produktach żywnościowych. Osiągniemy to poprzez optymalizację procesów technologicznych, jak i odpowiedni dobór surowców. Jednym z ważnych aspektów jest podejmowanie działań edukacyjnych i promowanie prawidłowych zachowań prozdrowotnych, polegających na zachęcaniu do stosowania prawidłowej diety o niskim udziale produktów, które są źródłem AA [45]. Innymi działaniami profilaktycznymi, które można zastosować już na etapie produkcji produktów zawierających AA, jest dodawanie do nich przeciwutleniaczy, co zapobiega tworzeniu się akryloamidu. Przeciwutleniacze to substancje hamujące tworzenie się wolnych rodników w żywności i eliminujące wolne rodniki w organizmie. Zmniejszenie zawartości akryloamidu w żywności można również uzyskać poprzez usunięcie reagentów ze składu produktów spożywczych, tj. fruktozy, glukozy i asparaginy [46, 47]. Ważne jest również, aby unikać spożywania dużej ilości produktów bogatych w węglowodany, które są przygotowywane do spożycia w wysokich temperaturach (np. frytek) [47].

WNIOSKI

1. Analiza danych zawartych w publikacjach naukowych wykorzystanych w badaniu wskazała, że najwyższe zawartości akryloamidu zawierają te produkty, których obróbka termiczna w czasie procesu produkcji lub przed konsumpcją odbywa się w wyższej temperaturze (tj. frytki i chipsy).
2. Oszacowana w ramach badania wielkość ryzyka zdrowotnego wynikającego z narażenia dorosłego konsumenta na AA zawarty w żywności nie wykazała istotnego narażenia (HQ < 1), jednak ponieważ człowiek spożywa żywność zawierającą AA przez całe życie, zawartość tego toksycznego związku w produktach spożywczych może mieć istotne znaczenie.
3. Konieczne jest podjęcie działań profilaktycznych, mających na celu wzrost świadomości społeczeństwa w zakresie minimalizowania ryzyka zdrowotnego, wynikającego z narażenia na akryloamid drogą pokarmową.

PIŚMIENICTWO

1. Garcia N, Osburn I, Jay-Russell T. One health for food safety, food security, and sustainable food production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2020; 4: 1. doi: 10.3389/fsufs.2020.00001
2. Fung F, Wang HS, Menon S. Food safety in the 21st century. *Biomedical Journal*. 2018; 41(2): 88–95. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bj.2018.03.003>
3. Rifai L, Saleh FA. A review on acrylamide in food: occurrence, toxicity, and mitigation strategies. *International Journal of Toxicology*. 2020; 39(2): 93–102. doi: <https://doi.org/10.1177/1091581820902405>
4. Mogol BA, Gökmen V. Thermal process contaminants: acrylamide, chloropropanols and furan. *Current Opinion in Food Science*. 2016; 7: 86–92. doi: 10.1016/j.cofs.2016.01.005
5. Acrylamide. [In:] Evaluation of certain food contaminants. Sixty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. World Health Organization, Genewa. 2006; 22. WHO Technical Report Series — 930. ISBN 92-4-120930-5. URL: <https://apps.who.int/iris/>

- bits..._eng.pdf;jsessionid=ED32E1B8095F48CACF6EAE7D89DB6EA7?sequence=1 (access: 23.09.2021).
- International Agency for Research on Cancer. 1994. Some industrial chemicals. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum 60: 389–433. URL: <https://www.ec.gc.ca/ese-ees/A...> (access: 23.09.2021).
 - European Food Safety Authority. Scientific Opinion on acrylamide in food. Parma, Italy. 2015. EFSA Journal 2015; 13(6): 4104. URL: <https://efsa.onlinelibrary.wil...> (access: 23.09.2021).
 - Virk-Baker MK, Nagy TR, Barnes S, Groopman J. Dietary acrylamide and human cancer: a systematic review of literature. *Nutr. Cancer*. 2014; 66(5): 774–790. doi: 10.1080/01635581.2014.916323
 - Liu R, Zha L, Sobue T, Kitamura T, Ishihara J, Kotemori A, Tsugane S. Dietary Acrylamide Intake and Risk of Lung Cancer: The Japan Public Health Center Based Prospective Study. *Nutrients*. 2020; 12(8): 2417. doi: 10.3390/nu12082417
 - Zalecenia Komisji Europejskiej z dnia 3 maja 2007 r. w sprawie monitorowania poziomów akryloamidów w żywności (2007/331/EC). *Dz.U. L 123 z 12.5.2007*.
 - Zalecenie Komisji Europejskiej z dnia 2 czerwca 2010 r. w sprawie monitorowania poziomów akryloamidów w żywności (2010/1888/EU). *Dz.U. L 123 z 12.5.2010*.
 - Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/2158 z dnia 20 listopada 2017 r. ustanawiające środki łagodzące i poziomy odniesienia służące ograniczeniu obecności akryloamidów w żywności. URL: <https://eurlex.europa.eu/legal...> [access: 21.05.2021].
 - Główny Urząd Statystyczny (GUS). Bank danych lokalnych. Przeciętne miesięczne spożycie wybranych artykułów żywnościowych na 1 osobę. URL: <https://bd.stat.gov.pl/BDL/da...> [access: 24.06.2021].
 - US EPA: Acrylamide; CASRN 79-06-1. URL: <https://cfpub.epa.gov/ncea/iri...> [access: 09.05.2021].
 - Norouzi E, Kamankesh M, Mohammadi A, Attaran A. Acrylamide in bread samples: Determining using ultrasonic-assisted extraction and microextraction method followed by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of cereal science*. 2018; 79: 1–5. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.09.011>
 - Eslamizad S, Kobarfard F, Tsitsimpikou C, Tsatsakis A, Tabib K, Yazdanpanah H. Health risk assessment of acrylamide in bread in Iran using LC-MS/MS. *Food and chemical toxicology*. 2019; 126: 162–168. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.02.019>
 - Mojska H, Gielecińska I, Ohtarzewski M. Akrylamid w żywności – ocena narażenia populacji polskiej. *Bromat Chem Toksykol*. 2012; XLV(3): 1071–1074.
 - Kafouris D, Stavroulakis G, Christofidou M, Iakovou X, Christou E, Paikousis L, Yiannopoulos S. Determination of acrylamide in food using a UPLC-MS/MS method: Results of the official control and dietary exposure assessment in Cyprus. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2018; 35(10): 1928–1939. doi: 10.1080/19440049.2018.1508893
 - Pugajeva I, Zumbure L, Melngaile A, et al. Determination of acrylamide levels in selected foods in Latvia and assessment of the population intake. *FOODBALT*. 2014. URL: http://lluflb.llu.lv/conference..._Proceedings_2014-111-116.pdf. [access: 20. 06. 2019].
 - Tajner-Czopek A, Rytel E, Nemš A. Zawartość akrylamidu w wybranych produktach ziemniaczanych w zależności od użytego surowca. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. 2012; 266: 163–171.
 - Pacetti D, Gil E, Frega NG, Álvarez L, Dueñas P, Garzón A, Lucci P. Acrylamide levels in selected Colombian foods. *Food Additives & Contaminants: Part B*. 2015; 8(2): 99–105. DOI: 10.1080/19393210.2014.995236
 - Molina-García L, Santos CSP, Melo A, Fernandes JO, Cunha SC, Casal S. Acrylamide in chips and French fries: a novel and simple method using xanthidrol for its GC-MS determination. *Food Analytical Methods*. 2015; 8(6): 1436–1445. doi: 10.1007/s12161-014-0014-5
 - Pedreschi F, Mariotti S, Granby K, Risum J. Acrylamide reduction in potato chips by using commercial asparaginase in combination with conventional blanching. *LWT-food Science and Technology*. 2011; 44(6): 1473–1476. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.02.004>
 - Mesias M, Delgado-Andrade C, Holgado F, Morales FJ. Acrylamide content in French fries prepared in food service establishments. *LWT*. 2019; 100: 83–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.050>
 - Tajner-Czopek A, Rytel E, Kita A. Wpływ parametrów obróbki termicznej na zawartość AA w wybranych przetworach ziemniaczanych. *Bromat Chem Toksykol*. 2012; XLV(3): 320–325.
 - Sanny M, Jinap S, Bakker EJ, Van Boekel MAJS, Luning PA. Possible causes of variation in acrylamide concentration in French fries prepared in food service establishments: An observational study. *Food Chem*. 2012; 132(1): 134–143. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.10.044
 - Mesias M, Delgado-Andrade C, Holgado F, Morales FJ. Acrylamide content in French fries prepared in households: A pilot study in Spanish homes. *Food Chem*. 2018; 260: 44–52. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.03.140
 - Food survey information sheet. A rolling programme of surveys on process contaminants in UK retail foods. Report covering sampling of acrylamide & furans 2016. URL: <https://www.food.gov.uk/sites/... document/fs102075fsis2016.pdf>. [access: 20. 06. 2019].
 - Schouten MA, Tappi S, Romani S. Acrylamide in coffee: formation and possible mitigation strategies—a review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018; 60(22): 3807–3821. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1708264>
 - Mojska H, Gielecińska I. Studies of acrylamide level in coffee and coffee substitutes: influence of raw material and manufacturing conditions. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*. 2013; 64(3): 173–181.
 - Anese M. Acrylamide in coffee and coffee substitutes. *Acrylamide in food: analysis, content and potential health effects*. Acrylamide in Food. 2016; 181–195. doi:10.1016/B978-0-12-802832-2.00009-7
 - Krishnakumar T. Acrylamide in Food Products: A Review. *Journal of Food J Processing & Technology*. 2014; 5: 7–14. doi: 10.4172/2157-7110.1000344
 - Kowalczyk S. Bezpieczeństwo i jakość żywności. 1st ed. Warszawa: PWN; 2016. p. 9.
 - Ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 roku, w sprawie bezpieczeństwa żywności i żywienia (DzU 2006 nr 171 poz. 1225).
 - Zhao Y, Wang L, Xue H, Wang H, Wang Y. Fast food consumption and its associations with obesity and hypertension among children: results from the baseline data of the Childhood Obesity Study in China Mega-cities. *BMC Public Health*. 2017; 17(1), 1–10. doi: 10.1186/s12889-017-4952-x
 - Kolarzyk E. Antyodżywcze i antyzdrowotne aspekty żywienia człowieka. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego. 2016. ISBN: 978-83-233-3966-3
 - Timmermann CAG, Mølck SS, Kadawathagedara M, Bjerregaard AA, Törnqvist M, Brantsaeter AL, Pedersen M. A Review of Dietary Intake of Acrylamide in Humans. *Toxics*. 2021; 9(7): 155. doi: <https://doi.org/10.3390/toxics9070155>
 - Adani G, Filippini T, Wise LA, Halldorsson TI, Blaha L, Vinceti M. Dietary intake of acrylamide and risk of breast, endometrial, and ovarian cancers: a systematic review and dose-response meta-analysis. *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers*. 2020; 29(6): 1095–1106. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-19-1628
 - European Commission. Scientific Committee On Food. Opinion of the scientific committee on food on new findings regarding the presence of acrylamide in food. Belgium 2002. URL: <https://ec.europa.eu/food/site...> [access: 06.05.2021]
 - Pelucchi C, Bosetti C, Galeone C, La Vecchia C. Dietary acrylamide and cancer risk: an updated meta-analysis. *Int J Cancer*. 2015; 136(12): 2912–2922. doi: 10.1002/ijc.29339
 - Kowalska M, Żbikowska A, Onacik-Gür S, Kowalska D. Acrylamide in food products—eating habits and consumer awareness among Medical School students. *Ann Agric Environ Med*. 2017; 24(4): 570–574. doi: 10.5604/12321966.1232764
 - Maan AA, Anjum MA, Khan MKI, Nazir A, Saeed F, Afzaal M, Aadil RM. Acrylamide formation and different mitigation strategies during food processing—a review. *Food Reviews International*. 2020: 1–18. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1719505>
 - Tarko T, Duda-Chodak A, Witczak M. Żywność a bezpieczeństwo zdrowotne. XI Konferencja Naukowa z cyklu „Żywność XXI wieku”. Kraków, 18–19 września 2014 r.
 - Mojska H, Gielecińska I. Trendy zmian zawartości akryloamidów w produktach ziemniaczanych w Polsce w latach 2004–2016. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 2018; 25(2): 93–107. doi: 10.15193/ZNTJ/2018/115/236
 - EFSA Panel On Contaminants In The Food Chain (Contam). Scientific opinion on acrylamide in food. *Efsa Journal*, 2015; 13(6): 4104. doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4104>
 - Pedreschi F, Mariotti MS, Granby K. Current issues in dietary acrylamide: formation, mitigation and risk assessment. *J Sci Food Agric*. 2014; 94: 9–20. doi: 10.1002/jsfa.6349
 - Atsushi K, Satoko G, Akira Y, et al. Elimination of Acrylamide by Moderate Heat Treatment below 120°C with Lysine and Cysteine. *Food Science and Technology Research*. 2014; 20: 979–985. doi:10.3136/fstr.20.979