

OCENA WPLYWU RÓŻNYCH RODZAJÓW OBRÓBKII TERMICZNEJ NA ZAWARTOŚĆ AKRYLOAMIDU WE FRYTKACH ZIEMNIACZANYCH

THE ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF VARIOUS METHODS OF THERMAL PROCESSING ON ACRYLAMIDE LEVEL IN POTATO CHIPS

Iwona Gielecińska, Hanna Mojska, Katarzyna Walecka

Zakład Bezpieczeństwa Żywności, Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa

Słowa kluczowe: akryloamid, barwa frytek, rodzaj obróbki termicznej

Key words: acrylamide, colour of potato chips, method of thermal processing

STRESZCZENIE

Celem pracy było zbadanie wpływu różnych rodzajów obróbki termicznej, jej temperatury oraz intensywności barwy produktu na poziom akryloamidu we frytkach gotowych do spożycia przygotowanych z mrożonych wstępnie smażonych produktów, pochodzących od różnych producentów. Zawartość akryloamidu we frytkach gotowych do spożycia wahała się w zakresie od 292 do 1534 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Najniższą zawartością tej substancji charakteryzowały się frytki przygotowane w kuchence mikrofalowej, najwyższą natomiast te same frytki smażone we frytkownicy. Nie stwierdzono istotnych związków pomiędzy zawartością akryloamidu we frytkach gotowych do spożycia a intensywnością barwy produktu i temperaturą obróbki produktu surowego.

ABSTRACT

The aim of our study was to examine influence of thermal processing conditions on acrylamide concentration in potato chips ready to eat which were preparing from different varieties of pre-cooked potato chips. Relation between colour of potato chips and acrylamide content was also examined. Acrylamide concentration in potato chips ready to eat ranged from 292 to 1534 $\mu\text{g}/\text{kg}$. We found the lowest acrylamide content in potato chips preparing in microwave oven and the highest in the same potato chips fried in deep fryer. We didn't find significant correlation between the acrylamide level in potato chips ready to eat and the colour intensity of products and temperature of thermal processing.

WSTĘP

Akryloamid jest jednym ze związków powstających podczas obróbki termicznej w produktach wysokowęglowodanowych. W badaniach na zwierzętach stwierdzono, że akryloamid ma działanie genotoksyczne i kancerogenne [3, 4]. Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem w 1994 r. [5] uznała, że akryloamid jest związkiem potencjalnie rakotwórczym dla ludzi (grupa 2A). Do czynników sprzyjających jego powstawaniu w żywności zalicza się dużą zawartość wolnej asparaginy i cukrów redukujących, zwłaszcza glukozy i fruktozy, a także wilgotność poniżej 30%, temperaturę obróbki powyżej 120°C oraz relatywnie nieaktywną matrycę, jaką jest skrobia, przeszkadzająca w eliminacji tego związku.

Zawartość asparaginy w surowych ziemniakach zależy m.in. od ich odmiany, miejsca ich uprawy, nawożenia, przechowywania oraz obróbki ziemniaków [12].

Z kolei zawartość cukrów redukujących w ziemniakach zmienia się w zależności od temperatury ich przechowywania. Przechowywanie ziemniaków w temperaturze 4°C skutkowało wysoką zawartością glukozy w surowcu [7]. Pedreschi i wsp. [10] podają, że obniżenie zawartości cukrów redukujących w surowych ziemniakach, np. poprzez blanszowanie i moczenie w wodzie frytek przed smażeniem skutkuje nawet do 60% niższą zawartością akryloamidu w gotowym produkcie.

Rezultatem zachodzącej między aminokwasami a cukrami redukującymi reakcji *Maillarda* (reakcja nieenzymatycznego brunatnienia) jest barwa produktu gotowego do spożycia. Intensywność barwy zależy od zawartości cukrów redukujących i wolnych aminokwasów (asparaginy) na powierzchni frytek oraz od temperatury i czasu smażenia [11]. Bardziej pożądanym ciemniejszy kolor frytek smażonych skutkuje jednak wyższą zawartością akryloamidu w produkcie finalnym [11, 13].

Adres do korespondencji: Zakład Bezpieczeństwa Żywności, Instytut Żywności i Żywienia, 02-903 Warszawa, ul. Powsińska 61/63, tel. 022 50 09656, fax 022 651 63 30, e-mail: igielecinska@izz.waw.pl

Z badań przeprowadzonych w Instytucie Żywności i Żywienia w 2006 r. wynika, że zawartość asparaginy w różnych odmianach ziemniaków nie wpłynęła istotnie na poziom akryloamidu we frytkach smażonych, przygotowanych z tych ziemniaków. Wykazano również, że intensywność barwy frytek istotnie koreluje z zawartością akryloamidu, niezależnie od odmiany ziemniaków [8].

Celem pracy była ocena wpływu różnych rodzajów obróbki termicznej i temperatury smażenia na poziom akryloamidu we frytkach gotowych do spożycia, przygotowanych z mrożonych, wstępnie smażonych frytek pochodzących od różnych producentów oraz korelacja pomiędzy barwą produktu finalnego a zawartością akryloamidu, a także porównanie uzyskanych wyników z danymi z wcześniejszych badań innych autorów oraz ośrodków badawczych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły mrożone, wstępnie smażone frytki, które poddano różnym rodzajom obróbki termicznej. Były to frytki proste lub karbowane w kształcie prostopadłościanów (średnio ok. $50 \pm 60 \times 9 \times 9$ mm) z wyjątkiem frytek nr 1, które były cieńsze (6 mm). Pochodziły one od 4 producentów (McCain Poland, Avico, FRITAR S.A., RS Markenvertrieb). Frytki mrożone, wstępnie smażone (1 próbka to 2 opakowania produktu o tej samej nazwie, tego samego producenta, z tej samej partii produkcyjnej) zakupiono w warszawskich supermarketach. Frytki mrożone poddano obróbce termicznej zgodnie z instrukcją producenta podaną na opakowaniu. Z każdego rodzaju frytek przygotowano po 1 porcji (około 200 g) do smażenia we frytkownicy oraz dodatkowo, w zależności od zaleceń producenta, także do smażenia na patelni, pieczenia w piekarniku i/lub kuchence mikrofalowej. Czas i temperatura sma-

żenia i pieczenia wynikała z informacji podanych na etykiecie produktu. Rodzaje frytek mrożonych oraz parametry obróbki termicznej przedstawiono w tabeli 1. Każdą próbkę frytek po obróbce termicznej zamrażano, a przed rozpoczęciem analiz rozdrabniano w stanie zamrożonym za pomocą malaksery, a następnie młynka.

Ocenę barwy frytek poddanych obróbce termicznej przeprowadzono metodą kolejności, inaczej zwaną metodą szeregowania tuż przed rozpoczęciem oznaczania zawartości akryloamidu w produkcie. Zamrożone frytki oceniano w postaci rozdrobnionej – uformowano małe kopczyki. Badanie przeprowadzono w grupie 8 osób. Do oceny uzyskanych wyników wykorzystano tabelę Kramera, w której górny przedział służy do stwierdzenia, czy istnieją istotnie jaśniejsze i istotnie ciemniejsze próbki wśród wszystkich ocenianych w czasie jednego badania. Przedział dolny służy do stwierdzenia, które porównywane próbki różnią się w badanej grupie produktów [2].

Oznaczanie akryloamidu wykonano stosując metodę chromatografii gazowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (GC-MS/MS) przy użyciu chromatografu gazowego Finnigan Mat GCQ, wyposażonego w detektor spektrometrii mas z pułapką jonową. Próbkę około 3 g frytek, do której dodano standard wewnętrzny – d_3 -akryloamid, ekstrahowano wodą, bromowano, oczyszczano jak to opisano wcześniej [8].

Warunki analizy chromatograficznej – gaz nośny: He (czystość: 99,9%), przepływ gazu stały: $40 \text{ cm}^3/\text{s}$; program temperaturowy pieca: temperatura nastrzyku 65°C , wzrost temperatury przez 15 min do 250°C , czas analizy 23,33 min [8]. Próbkę w ilości 1 ml nastrzykiwano na kolumnę chromatograficzną o długości 30 m, średnicy 0,25 mm, grubości filmu $0,25 \mu\text{m}$ (DB-35MS). Temperatura linii transferowej wynosiła 250°C , a źródła jonów: 180°C . Stosunek pól powierzchni sygnałów pochodzących od jonów m/z 135 i m/z 137 był użyty do obliczeń ilościowych zawartości akryloamidu w próbce

Tabela 1. Charakterystyka badanych próbek oraz parametry obróbki termicznej mrożonych frytek wstępnie podsmażanych różnych producentów
Characterization of studied samples and thermal processing conditions of different varieties of pre-cooked potato chips

Nr próbki	Charakterystyka produktu	Rodzaj obróbki termicznej (średnia temperatura smażenia lub pieczenia, czas obróbki termicznej)			
		smażenie w głębokim tłuszczu (3 l oleju Bartek) - frytkownica	smażenie na tłuszczu (150 ml oleju Bartek) – patelnia	pieczenie – piekarnik	pieczenie z grillowaniem – kuchenka mikrofalowa
Frytki nr 1	frytki proste firmy McCain	177°C ; 1 min	$134,7^\circ\text{C}$; 2,5 min	$213,7^\circ\text{C}$; 5 min	-
Frytki nr 2	frytki proste firmy RS Markenvertrieb	$167,2^\circ\text{C}$; 4 min	-	-	-
Frytki nr 3	frytki karbowane firmy McCain	$173,4^\circ\text{C}$; 3 min	-	-	-
Frytki nr 4	frytki karbowane firmy Avico	$171,3^\circ\text{C}$; 4 min	-	$212,9^\circ\text{C}$; 15 min	500 W; 8 min grill; 2 min
Frytki nr 5	frytki karbowane firmy FRITAR S.A.	169°C ; 2,5 min	-	-	-

[8]. Identyfikację badanych związków (akryloamidu oraz d_3 -akryloamidu) przeprowadzono na podstawie czasów ich retencji i widma masowego. Wynik przyjęto jako średnią z trzech równoległych oznaczeń.

WYNIKI I Dyskusja

Ocena barwy frytek poddanych obróbce termicznej

Analiza uzyskanych wyników wykazała istotne zróżnicowanie intensywności barwy badanych próbek ($p < 0,05$). W grupie istotnie najjaśniejszych frytek znalazły się frytki nr 4 pieczone w kuchence mikrofalowej oraz frytki nr 1 pieczone w piekarniku i smażone na patelni. Istotnie najciemniejszą barwą charakteryzowały się frytki smażone we frytkownicy: frytki nr 4, frytki nr 5 oraz frytki nr 3. Trzecią grupę frytek poddanych obróbce termicznej – grupę produktów o barwie pośredniej pomiędzy jasną a ciemną – stanowiły frytki nr 4 smażone w piekarniku oraz frytki nr 1 i frytki nr 2 smażone we frytkownicy (tab. 2). Nie stwierdzono związku pomiędzy barwą frytek mrożonych, wstępnie smażonych a barwą frytek poddanych obróbce termicznej.

Zawartość akryloamidu we frytkach

Zawartość akryloamidu we frytkach mrożonych, wstępnie smażonych kształtowała się na poziomie od 31 do 455 $\mu\text{g}/\text{kg}$ produktu w zależności od asortymentu, przy czym najwyższą stwierdzono we frytkach przeznaczonych do 1 minutowego smażenia we frytkownicy. W przypadku frytek poddanych obróbce termicznej zawartość tej substancji wahała się od 292 do 1534 $\mu\text{g}/\text{kg}$ w zależności od asortymentu frytek oraz

rodzaju obróbki termicznej. Nie stwierdzono związku pomiędzy zawartością akryloamidu we frytkach mrożonych, wstępnie smażonych a frytkach poddanych obróbce termicznej.

Na podstawie uzyskanych danych stwierdzono, iż frytki pieczone w kuchence mikrofalowej charakteryzowały się zdecydowanie najniższą zawartością akryloamidu. Wydawałoby się, że taki rodzaj obróbki termicznej sprzyja zmniejszonemu powstawaniu tej substancji. W przypadku frytek pieczonych w piekarniku oraz smażonych na patelni zawartość akryloamidu wahała się od 500 do 714 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Największe zróżnicowanie zawartości akryloamidu stwierdzono w przypadku smażenia we frytkownicy. Uzyskane wartości, w zależności od asortymentu frytek, kształtowały się od 325 do 1534 $\mu\text{g}/\text{kg}$ produktu (tabela 2). Analiza statystyczna nie wykazała związku pomiędzy zastosowaną temperaturą smażenia w zakresie od 167,2 do 177 $^{\circ}\text{C}$ a zawartością akryloamidu we frytkach smażonych ($r = 0,0148$; $p = 0,9811$). Brak korelacji pomiędzy temperaturą smażenia mógł wynikać z jednej strony z niewielkich różnic w temperaturze obróbki, z drugiej strony z zastosowania przez producentów frytek różnych surowców – ziemniaków różniących się zawartością asparaginy i cukrów redukujących. Należy przypuszczać, że także brak zależności pomiędzy czasem obróbki termicznej a zawartością akryloamidu wynikał z różnic surowcowych.

Porównując barwę badanych frytek stwierdzono, że najniższą zawartością akryloamidu charakteryzowały się najjaśniejsze frytki (frytki nr 4, pieczone w kuchence mikrofalowej), najwyższą zaś frytki nr 4 smażone we frytkownicy, ocenione jako najciemniejsze. Analiza

Tabela 2. Ocena intensywności barwy oraz zawartość akryloamidu we frytkach poddanych różnym rodzajom obróbki termicznej

The estimation of colour intensity of products and concentration of acrylamide in potato chips which were subjected various methods of thermal processing

Produkt	Zawartość akryloamidu we frytkach mrożonych wstępnie smażonych ($\mu\text{g}/\text{kg}$ produktu)	Rodzaj obróbki termicznej	Intensywność barwy		Zawartość akryloamidu we frytkach poddanych różnym rodzajom obróbki termicznej ($\mu\text{g}/\text{kg}$ produktu)	
			pozycja	grupa intensywności barwy*	zawartość akryloamidu	średnia zawartość akryloamidu dla danego asortymentu frytek, poddanych różnej obróbce termicznej
Frytki nr 1	455	frytkownica	5	B	534	583
		piekarnik	2	A	714	
		patelnia	3	A	500	
Frytki nr 2	49	frytkownica	6	B	325	325
Frytki nr 3	40	frytkownica	7	C	500	500
Frytki nr 4	195	frytkownica	9	C	1534	791
		piekarnik	4	B	546	
		kuchenka mikrofalowa	1	A	292	
Frytki nr 5	31	frytkownica	8	C	730	730

* A – grupa frytek o istotnie najjaśniejszej barwie

B – grupa frytek o istotnie pośredniej barwie

C – grupa frytek o istotnie najciemniejszej barwie

statystyczna poziomu akryloamidu we frytkach w grupach o istotnie różnej intensywności barwy produktów wykazała, że frytki o najciemniejszej barwie charakteryzowały się najwyższą zawartością tej substancji, najniższą natomiast frytki z grupy o istotnie pośredniej barwie. Różnica ta nie była jednak istotna statystycznie. Wykazano więc, że intensywność barwy frytek nie korelowała w sposób istotny z zawartością akryloamidu w tych produktach ($r = 0,5925$; $p = 0,0927$) w przeciwieństwie do wcześniejszych wyników [8].

Średnia zawartość akryloamidu we frytkach poddanych obróbce termicznej w obecnym badaniu była istotnie wyższa ($p < 0,05$) aniżeli we frytkach smażonych we frytkownicy, pobranych z restauracji i barów w latach 2005-2006 (odpowiednio: $631 \pm 369 \mu\text{g/kg}$; $307 \pm 180 \mu\text{g/kg}$) (niepublikowane dane autorów). Z drugiej strony istotnym wydaje się fakt, iż frytki przygotowane w warunkach domowych z gotowych mrożonych półproduktów charakteryzowały się istotnie ($p < 0,05$) niższą zawartością akryloamidu niż frytki przygotowane w domu z surowych ziemniaków, które zawierały średnio $1237 \pm 624 \mu\text{g/kg}$. Wydaje się, że różnice te mogą wynikać zarówno z różnic surowcowych (odmiana ziemniaków, temperatura ich przechowywania), jak również z zastosowanej przez producentów wstępnej obróbki frytek mrożonych.

Uzyskane wyniki zawartości akrylamidu we frytkach poddanych obróbce termicznej były zbliżone do wartości uzyskiwanych w badaniach kanadyjskich i szwedzkich [1, 14]. Znacznie niższe wartości stwierdzano w badaniach w Austrii i Holandii, gdzie frytki smażone zawierały przeciętnie $160\text{-}180 \mu\text{g/kg}$ produktu [6, 9]. Należy jednak zaznaczyć, iż dla ww. badań nie są znane parametry obróbki termicznej frytek.

WNIOSKI

Zawartość akryloamidu we frytkach gotowych do spożycia uzyskanych z mrożonych, wstępnie smażonych frytek różnych producentów wahała się w szerokim zakresie od 292 do $1534 \mu\text{g/kg}$. Nie stwierdzono istotnych związków pomiędzy zarówno temperaturą obróbki termicznej, jak i intensywnością barwy a zawartością akryloamidu w produkcie gotowym do spożycia. Brak powyższych korelacji może być spowodowany faktem, iż obecne badania mają charakter pilotażowy i były przeprowadzone na małej liczbie próbek. Z drugiej jednak strony wydaje się, że brak związku pomiędzy zawartością akryloamidu a parametrami obróbki termicznej może świadczyć, iż czynniki surowcowe, takie jak zawartość asparaginy czy cukrów redukujących mają znacznie większy wpływ na tworzenie się tej substancji niż rodzaj i parametry obróbki termicznej. Ze względu na niekorzystne działanie akryloamidu,

badania nad wpływem parametrów obróbki termicznej powinny być kontynuowane.

Uzyskane w tych badaniach wyniki są zbliżone do danych uzyskiwanych w badaniach innych europejskich i światowych ośrodków badań.

PIŚMIENNICTWO

1. *Becalski A., Lau B.P.-Y., Lewis D., Seaman S.W.*: Acrylamide in foods: occurrence sources and modeling. *J. Agric. Food Chem.* 2003, 51, 802–808.
2. *Chusteczki P., Świdorski F.*: Zastosowanie metod analizy sensorycznej w ocenie jakości produktów spożywczych. W: *Teoria i ćwiczenia z towaroznawstwa produktów spożywczych*. Red. *Świdorski F.* Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa, 1987.
3. *Costa L.G.*: Biomarker research in neurotoxicology: the role of mechanistic studies to bridge the gap between the laboratory and epidemiological investigation. *Environ. Health Perspect.* 1996, 104, suppl. 1, 55-67.
4. *Friedman M.A., Dulak L.H., Stedham M.A.*: A lifetime oncogenicity study in rats with acrylamide. *Fundam. Appl. Toxicol.* 1995, 27 (1), 95-105.
5. IARC. Some Industrial Chemicals. International Agency for Research on Cancer: Lyon, France, 1994.
6. *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.
7. *Merlo L., Geigenberger P., Hajirezaei M., Stitt M.*: Changes of carbohydrates, metabolites and enzyme activities in potato tubers during development, and within a single tuber along a stem-apex gradient. *J. Plant Physiol.* 1993, 142, 392-402.
8. *Mojska H., Gielecińska I., Marecka D., Kłys W.*: Badania nad wpływem składników surowcowych i czynników technologicznych na poziom akryloamidu we frytkach ziemniaczanych. *Roczn. PZH* 2008, 59(2) 163-172.
9. *Murkovic M.*: Acrylamide in Austrian foods. *J. Biochem. Biophys. Methods* 2004, 61, 161-167.
10. *Pedreschi F., Kaack K., Granby K., Troncoso E.*: Acrylamide reduction under different pre-treatments in French fries. *J. Food Engineering* 2007, 79, 1287-1294.
11. *Pedreschi F., Kaack K., Granby K.*: Acrylamide content and color development in fried potato strips. *Food Resch Inter.* 2006, 39, 40-46.
12. *Pedreschi F., Kaack K., Granby K.*: Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* 2004, 37, 679-685.
13. *Pedreschi F., Motano, Kaack K., Granby K.*: Color changes and acrylamide formation in fried potato slices. *Food Resch. Inter.* 2005, 38, 1-9.
14. *Svenson 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.

Otrzymano: 08.08.2008

Zaakceptowano do druku: 08.04.2009