ROCZN. PZH 2008, 59, NR 2, 163-172

HANNA MOJSKA, IWONA GIELECIŃSKA, DOROTA MARECKA, WOJCIECH KŁYS[1]

BADANIA NAD WPŁYWEM SKŁADNIKÓW SUROWCOWYCH I CZYNNIKÓW TECHNOLOGICZNYCH NA POZIOM AKRYLOAMIDU WE FRYTKACH ZIEMNIACZANYCH

STUDY OF THE INFLUENCE OF RAW MATERIAL AND PROCESSING CONDITIONS ON ACRYLAMIDE LEVEL IN FRIED POTATO CHIPS

Zakład Bezpieczeństwa Żywności i Żywienia
Instytut Żywności i Żywienia
02-903 Warszawa, ul. Powsińska 61/63
e-mail: hmojska@izz.waw.pl
Kierownik: dr n. med. *L. Szponar*

[1] Zakład Wartości Odżywczych Żywności
Instytut Żywności i Żywienia
02-903 Warszawa, ul. Powsińska 61/63
Kierownik: prof. dr hab. *H. Kunachowicz*

Zbadano związek pomiędzy zawartością asparaginy w surowcu i barwą frytek smażonych a poziomem akryloamidu we frytkach przygotowanych z różnych odmian ziemniaków. Akryloamid oznaczono metodą chromatografii gazowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas, natomiast asparaginę metodą chromatografii jonowymiennej kolumnowej. Do oceny barwy frytek smażonych wykorzystano metodę kolejności (szeregowania).

Słowa kluczowe: akryloamid, frytki smażone, odmiany ziemniaków, asparagina, barwa frytek
Key words: acrylamide, fried potato chips, variety of potatoes, asparagine, colour of fried potato chips

WSTĘP

Akryloamid jest związkiem, który nie występuje naturalnie w przyrodzie, ale od ponad pięćdziesięciu lat jest produkowany na skalę przemysłową jako substrat do syntezy polimerów poliakryloamidowych (22. Działanie neurotoksyczne akryloamidu u ludzi stwierdzono w kilku przypadkach przemysłowego narażenia na ten związek. Dodatkowo w badaniach eksperymentalnych na zwierzętach wykazano m.in. działanie genotoksyczne i kancerogenne (18, 19). W 1994 r. akryloamid został uznany przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem za związek potencjalnie rakotwórczy dla ludzi [7].

W kwietniu 2002 r. grupa szwedzkich naukowców ogłosiła, że akryloamid powstaje w czasie termicznego przetwarzania żywności i jest obecny w smażonych i pieczonych produktach z ziemniaków i zbóż [20]. Obecnie wiadomo, że akryloamid powstaje przede wszystkim w produktach wysokowęglowodanowych, poddanych obróbce termicznej, jako jeden z produktów reakcji Maillarda zachodzącej pomiędzy wolną asparaginą i cukrami redukującymi [21]. Przeciętna zawartość akryloamidu w żywności, jak wynika z badań prowadzonych na całym świecie, waha się od <5 μg/kg do, w pojedynczych przypadkach, ponad 7000 μg/kg produktu [5]. Według danych gromadzonych i aktualizowanych przez Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA – European Food Safety Authority), najwyższa zawartość akryloamidu stwierdzana jest we frytkach (od 50 μg/kg do 2600 μg/kg) i chipsach ziemniaczanych (od 50 μg/kg do 2400 μg/kg) [1]. Należy podkreślić, że we frytkach przygotowanych w warunkach zbliżonych do domowych oznaczana zawartość akryloamidu była jeszcze wyższa i wynosiła nawet ponad 5000 μg/kg produktu (12, 15), w zależności od odmiany ziemniaków i warunków smażenia.

Do czynników sprzyjających powstawaniu akryloamidu w żywności zalicza się dużą zawartość wolnej asparaginy oraz cukrów redukujących (najbardziej reaktywne są glukoza i fruktoza), wilgotność poniżej 30%, temperaturę procesu przetwarzania żywności w zakresie 120 – 170°C, a także relatywnie nieaktywną matrycę przeszkadzającą w eliminacji tego związku, jaką jest skrobia [6].

Asparagina jest głównym aminokwasem występującym w ziemniakach i zbożach. Jej zawartość w surowych ziemniakach zależy m.in. od ich odmiany, miejsca ich uprawy, nawożenia, przechowywania oraz obróbki ziemniaków [14]. Z kolei zawartość cukrów redukujących w ziemniakach zmienia się w zależności od temperatury ich przechowywania. Przechowywanie ziemniaków w temperaturze 4^0C skutkowało wysoką zawartością glukozy w surowcu [9]. *Pedreschi* i wsp. [12] podają, że obniżenie zawartości cukrów redukujących w surowych ziemniakach, np. poprzez blanszowanie i moczenie 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 [13]. Bardziej pożądany ciemniejszy kolor frytek smażonych skutkuje jednak wyższą zawartością akryloamidu w produkcie finalnym [13, 15].

Celem pracy było zbadanie związku pomiędzy zawartością asparaginy w surowcu i barwą frytek smażonych a poziomem akryloamidu we frytkach przygotowanych z różnych odmian ziemniaków w warunkach domowych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły następujące odmiany ziemniaków: Fresco wyselekcjonowana, Irga wyselekcjonowana (IRG-w) i Irga zakupiona w sklepie (IRG-s) oraz odmiana Irys zakupiona w sklepie. Próbki wyselekcjonowanych odmian Irga i Fresco, w ilości 2 kg każda, pozyskano w kwietniu 2006 r. z Zakładu Agronomii Ziemniaka Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie (IHAR) – Oddział w Jadwisinie. Ziemniaki były przechowywane w IHAR w specjalnych pomieszczeniach w monitorowanej temperaturze: ziemniaki odmiany Irga – w temperaturze 6 – 8^oC, natomiast odmiany Fresco

– w ok. 4°C. Próbki odmian Irga i Irys zakupiono w kwietniu 2006 r. w warszawskim sklepie w ilości 2 kg każdej z odmian. Odmiana Fresco jest jedną z odmian ziemniaków przemysłowo wykorzystywanych do produkcji frytek mrożonych obecnych na polskim rynku, a odmiany Irga i Irys są powszechnie dostępne i spożywane w Polsce w gospodarstwach domowych.

Przygotowanie frytek i warunki smażenia

Obrane ziemniaki pocięto na frytki w kształcie prostopadłościanów (ok. 50 x 7 x 6 mm) za pomocą maszynki do krojenia frytek. Z każdej odmiany frytek przygotowano po 3 porcje frytek do smażenia. Przygotowane frytki smażono we frytownicy FR-1311 na oleju uniwersalnym „Bartek" w 3 partiach. Na jednej porcji oleju (3 L) smażone były 4 porcje frytek po jednej z każdej odmiany w następującej kolejności: Fresco, Irga (IRG-w), Irga (IRG-s) oraz Irys. Czas smażenia: 5 min 30 sek został ustalony na podstawie badań sensorycznych. Smak frytek smażonych przez ten okres czasu został uznany za najbardziej pożądany. Średnia temperatura oleju w czasie smażenia monitorowana co 1 min, wynosiła 143 ± 11°C. Wahania temperatury smażenia wynikały z niemożności automatycznego ustawienia temperatury smażenia. Po usmażeniu każdą próbkę frytek zamrażano, a przed rozpoczęciem analiz rozdrabniano w stanie zamrożonym za pomocą malaksera, a następnie młynka.

Ocena barwy frytek smażonych

Ocenę barwy frytek smażonych przeprowadzono metodą kolejności, inaczej zwaną metodą szeregowania [4]. Badanie zostało przeprowadzone w grupie 6 osób. Do oceny uzyskanych wyników wykorzystano tabelę Kramera, w której górny przedział służy do stwierdzenia, czy istnieją istotnie lepsze i istotnie gorsze próbki (w tym przypadku istotnie jaśniejsze i istotnie ciemniejsze) wśród wszystkich ocenianych w czasie jednego badania. Przedział dolny służy do stwierdzenia, które porównywane próbki różnią się w badanej grupie produktów.

Oznaczenie zawartości białka ogółem oraz składu aminokwasów, ze szczególnym uwzględnieniem asparaginy w ziemniakach surowych

Zawartość białka ogółem oznaczono metodą Kjeldahla (16, 17) przy użyciu automatycznego analizatora Kjeltec 1035 frimy Tecator, natomiast skład aminokwasowy białka w zhydrolizowanych próbkach ziemniaków – metodą chromatografii jonowymiennej kolumnowej metodą Moore'a, Spackmana i Steina (11) z wykorzystaniem automatycznego analizatora aminokwasów firmy Beckman – model SYSTEM 6300 High Performance Analyzer. Rozdział aminokwasów przeprowadzano z zastosowaniem układu trzech buforów cytrynianowych przy gradiencie temperatury 48°C do 68°C. Czas rozdziału aminokwasów na analizatorze wynosił 87 min. Wynik przyjęto jako średnią z dwóch równoległych oznaczeń.

Oznaczenie zawartości akryloamidu we frytkach smażonych

Oznaczanie akryloamidu wykonano stosując zmodyfikowaną metodę *Castra* [3]. Metoda została zwalidowana (RSD = 3,4%), a biegłość analityczna została potwierdzona w porównaniach międzylaboratoryjnych (FAPAS/3015/pieczywo chrupkie/-1,5).

Do homogenizowanej próbki frytek (3 g) dodawano d_3-akryloamid jako standard wewnętrzny. Następnie próbkę poddawano ekstrakcji, upochodnianiu i oczyszczaniu tak jak to opisano wcześniej [10].

Oznaczenie zawartości akryloamidu we frytkach smażonych wykonano metodą chromatografii gazowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (GC-MS/MS) przy użyciu chromatografu gazowego Finnigan Mat GCQ, wyposażonego w detektor masowy z pułapką jonową. Warunki analizy chromatograficznej – gaz nośny: He (czystość: 99,9%), przepływ gazu stały: 40 cm^3/s; program temperaturowy pieca: temp nastrzyku 65°C, wzrost temp. przez 15 min do 250°C, czas analizy 23,33 min (10). Próbkę w ilości 1 µl nastrzykiwano na kolumnę chromatograficzną o długości 30 m, średnicy 0,25 mm, grubości filmu 0,25 µm (DB-35MS). Temperatura linii transferowej wynosiła 250°C, a źródła jonów: 180°C. Analizę przeprowadzano z wykorzystaniem EI (70eV) i monitorowania wybranych jonów. W pierwszej

kolejności uzyskano jon prekursora m/z 152 pochodzący od bromopochodnej akryloamidu i m/z 155 pochodzący od bromopochodnej d_3-akryloamidu, a następnie w wyniku kolizji MS/MS uzyskiwano jony potomne: m/z 152 → m/z 135 i m/z 155 → m/z 137. Stosunek pola powierzchni pod pikiem pochodzącym od jonów m/z 135 i m/z 137 był użyty do obliczeń ilościowych (10). Identyfikację badanych związków przeprowadzono na podstawie czasów ich retencji i widma masowego. Wynik przyjęto jako średnią z trzech równoległych oznaczeń.

Uzyskane wyniki badań obliczono za pomocą programu komputerowego Excel, a oceniono z wykorzystaniem pakietu statystycznego Statistica ver. 6.0 (Statsoft, Inc.).

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Ocena barwy frytek smażonych

Uzyskane wyniki oceny intensywności barwy próbek frytek smażonych otrzymanych z różnych odmian ziemniaków przedstawia tabela I.

Analiza uzyskanych wyników wykazała istotne zróżnicowanie intensywności barwy wśród badanych próbek frytek smażonych ($p < 0,05$) niezależnie od kolejności smażenia. Istotnie najjaśniejszą barwą charakteryzowały się frytki IRG-w (intensywność barwy 1), ale wyłącznie z jednego smażenia (I partia smażenia) oraz frytki z ziemniaków odmiany Irys (intensywność barwy 2 i 3) w I i III partii smażenia. Do grupy o najciemniejszej barwie zaliczono frytki z ziemniaków odmiany Fresco (intensywność barwy 10 i 12 w II i III partii smażenia) oraz Irga (IRG-s) (intensywność barwy 9 i 11 w II i III partii smażenia). Pozostałe próbki frytek stanowią trzecią grupę o barwie pośredniej pomiędzy jasną a ciemną (zakres intensywności barwy od 4 do 8). Należy podkreślić, że wśród frytek o najciemniejszej barwie znalazły się frytki uzyskane z wyselekcjonowanej odmiany ziemniaków Fresco, przeznaczonej do przemysłowej produkcji frytek.

Zawartość białka ogółem oraz asparaginy w ziemniakach surowych

Badane odmiany ziemniaków różniły się pod względem zawartości białka i asparaginy. Zawartość białka ogółem wahała się od 1,91 g (Fresco) do 2,76 g (Irys) w 100 g ziemniaków (tabela 2). W przypadku zawartości asparaginy, ziemniaki odmiany IRG-w i Fresco zawierały 660 mg/100 g świeżych ziemniaków, natomiast w ziemniakach odmiany IRG-s zawartość asparaginy była o ok. 9% wyższa. Najwyższą zawartość asparaginy stwierdzono w ziemniakach odmiany Irys – 1020 mg/100 g produktu.

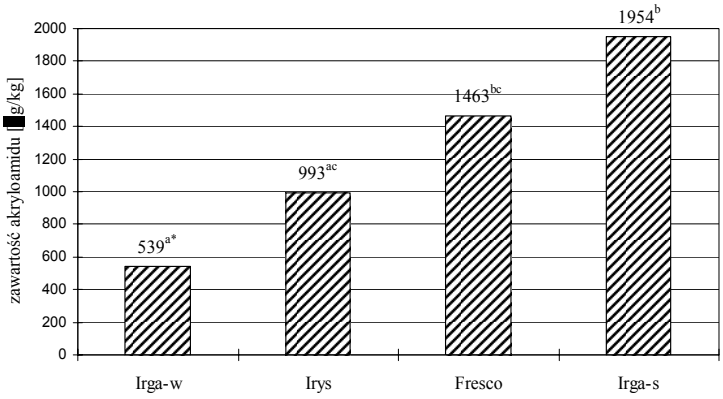
Zawartość akryloamidu we frytkach smażonych

Zawartość akryloamidu w poszczególnych próbkach frytek smażonych wahała się w szerokim zakresie od 376 do 2348 μg/kg (tabela I). Najniższą zawartością tej substancji charakteryzowały się frytki z ziemniaków wyselekcjonowanej odmiany Irga – IRG-w, natomiast najwyższą – frytki z ziemniaków tej samej odmiany, ale zakupionej w sklepie – IRG-s. Średnia zawartość akryloamidu we frytkach z ziemniaków IRG-w wynosiła 539 μg/kg i była blisko czterokrotnie niższa w porównaniu do średniej zawartości we frytkach przygotowanych z ziemniaków IRG-s (1954 μg/kg) (ryc. 1). Analiza statystyczna uzyskanych wyników wykazała istotne ($p < 0,05$) różnice w zawartości akryloamidu, zarówno pomiędzy frytkami przygotowanymi z tej samej odmiany ziemniaków, ale pochodzącej z różnych źródeł (Irga wyselekcjonowana z IHAR oraz ze sklepu warszawskiego), jak również pomiędzy różnymi

Tabela I. Intensywność barwy frytek smażonych i zawartość akryloamidu we frytkach
The colour intensity and acrylamide concentration in fried chips

Odmiana ziemniaka	Intensywność barwy frytek smażonych* (pozycja w grupie)	Zawartość akryloamidu [μg/kg produktu]
I partia smażenia		
Fresco	8	1089
Irga (IRG-w)	1	376
Irga (IRG-s)	7	1359
Irys	2	683
II partia smażenia		
Fresco	10	1659
Irga (IRG-w)	5	584
Irga (IRG-s)	9	2154
Irys	4	1213
III partia smażenia		
Fresco	12	1641
Irga (IRG-w)	6	656
Irga (IRG-s)	11	2348
Irys	3	1084

Objaśnienia:
* 1 – najjaśniejsza barwa; 12 – najciemniejsza barwa
grupa 1 – frytki najjaśniejsze: intensywność barwy 1-3
grupa 2 – frytki o pośredniej barwie: intensywność barwy 4-8
grupa 3 – frytki najciemniejsze: intensywność barwy 9-12



* różnica istotna statystycznie (p <0,05)

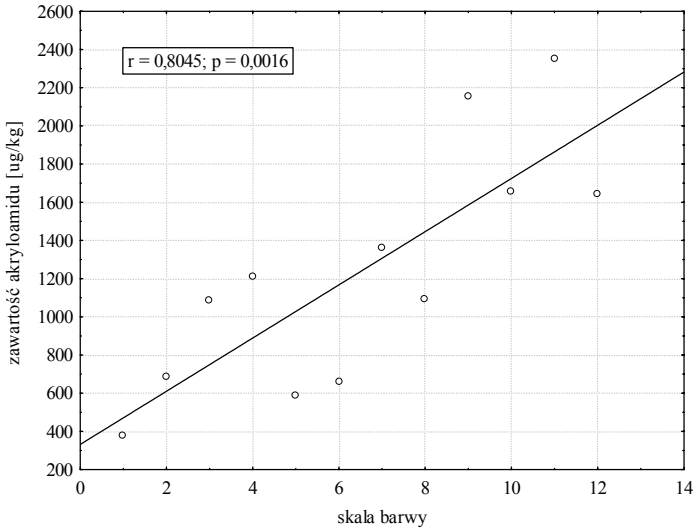
Ryc. 1 Średnia zawartość akryloamidu we frytkach smażonych otrzymanych z ziemniaków różnych odmian
Average concentration of acrylamide in potato chips made from different varieties

Tabela II. Zawartość białka ogółem i wolnej asparaginy w surowych ziemniakach 4 odmian
Protein content and free asparagines in 4 varieties of raw potatoes

Składnik	Odmiany ziemniaków			
	Fresco	Irga (IRG-w)	Irga (IRG-s)	Irys
Białko ogółem (N x 6,25) [g/100 g]	2,05	1,91	2,09	2,76
Asparagina [mg/100 produktu]	660	660	720	1020

odmianami (ryc. 1). Jak wynika z ryciny 1, stwierdzono istotną ($p < 0,05$) różnicę w zawartości akryloamidu pomiędzy frytkami z ziemniaków odmian IRG-w a Fresco i IRG-s, a także pomiędzy frytkami z ziemniaków odmiany Irys a frytkami z odmiany IRG-s. Należy zaznaczyć, że zawartość akryloamidu w badanych frytkach z ziemniaków odmiany Fresco, która jest stosowana do produkcji frytek na skalę przemysłową była ponad 4-krotnie wyższa niż przeciętna zawartość tej substancji stwierdzona w naszych wcześniejszych badaniach [10], we frytkach pobranych z zakładów żywienia zbiorowego w latach 2005-2006. Również we frytkach przygotowanych z pozostałych 3 odmian ziemniaków zawartość akryloamidu była znacznie wyższa od danych z naszych wcześniejszych badań. Może to wskazywać na stosowanie przez producentów frytek zabiegów technologicznych, np. blanszowania lub dodatku przeciwutleniaczy, które wpływają na obniżenie akryloamidu w produkcie finalnym.

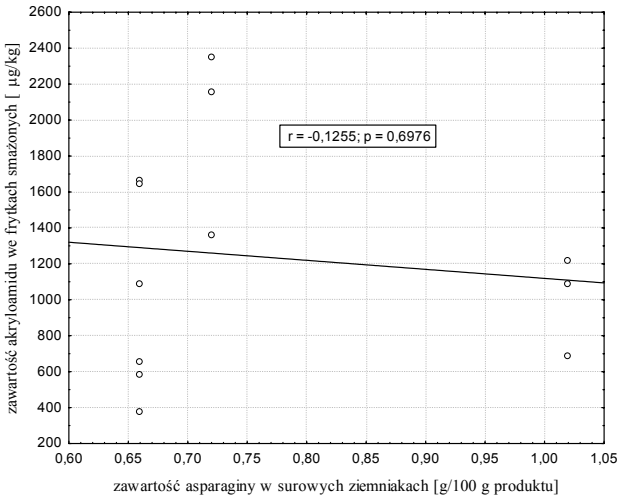
Porównując barwę badanych frytek stwierdzono, że frytki IRG-s, w których oznaczono najwyższe zawartości akryloamidu charakteryzowały się znacznie ciemniejszą barwą po usmażeniu (skala intensywności dla poszczególnych próbek: 7, 9 i 11) w porównaniu do



Ryc. 2 Zależność pomiędzy zawartością akryloamidu we frytkach smażonych a intensywnością barwy frytek
Correlation between acrylamide concentration and colour intensity in fried chips

frytek IRG-w o najniższych poziomach akryloamidu (skala intensywności 1, 5 i 6). Również frytki z odmiany Fresco, w których średnia zawartość akryloamidu była wysoka i wynosiła 1463 μg/kg produktu, charakteryzowały się ciemną barwą (skala intensywności 8, 10 i 12). Dla wszystkich czterech badanych odmian ziemniaków stwierdzono istotną zależność pomiędzy zawartością akryloamidu a intensywnością barwy frytek smażonych ($r = 0,8045$; $p < 0,005$) (ryc. 2). Analiza statystyczna zawartości akryloamidu we frytkach smażonych w grupach o istotnie różnej intensywności barwy produktów (1, 2 i 3) niezależnie od odmiany ziemniaków wykazała, iż we frytkach o najciemniejszej barwie (grupa 3) zawartość akryloamidu była istotnie wyższa ($p < 0,01$) w porównaniu do grupy frytek najjaśniejszych (grupa 1) oraz o barwie pośredniej (grupa 2). Średnie wartości akryloamidu dla poszczególnych grup według intensywności barwy wynosiły odpowiednio: 714 μg/kg w grupie 1, 980 μg/kg w grupie 2 i 1951 μg/kg produktu gotowego do spożycia w grupie 3. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w pracach innych autorów (8, 13, 15), z których wynika, że barwa frytek smażonych pozytywnie koreluje z zawartością akryloamidu w produkcie. Im ciemniejsza barwa frytek, tym wyższy poziom akryloamidu w produkcie.

Jak wynika z licznych badań [2, 13, 23] na poziom akryloamidu w produktach z ziemniaków ma wpływ zawartość asparaginy i cukrów redukujących w surowcu. Różnica w zawartości asparaginy w surowych ziemniakach odmiany IRG-w (najniższa zawartość akryloamidu) i IRG-s (najwyższa zawartość akryloamidu) nie była wysoka i wynosiła zaledwie 9%. Warto również podkreślić, że najwyższą zawartość asparaginy 1010 μg/kg stwierdzono w surowych ziemniakach odmiany Irys, podczas gdy średnia zawartość akryloamidu we frytkach przygotowanych z tych ziemniaków wynosiła 993 μg/kg (ryc. 1). Zawartość cukrów redukujących (glukoza, fruktoza) w surowych ziemniakach nie była oznaczana, ale jak wiadomo [9] na tę



Ryc. 3. Zależność pomiędzy zawartością akryloamidu we frytkach smażonych a poziomem asparaginy w surowych ziemniakach
Correlation between acrylamide concentration in fried chips and level of asparagines in raw potatoes

ostatnią ma istotny wpływ temperatura przechowywania ziemniaków. Im niższa temperatura przechowywania, tym wyższa zawartość cukrów redukujących. Z informacji uzyskanych z IHAR wynika, że ziemniaki z odmian wyselekcjonowanych były przechowywane w różnej temperaturze: IRG-w – 6-8^{0}C, a Fresco – około 4^{0}C. Można przypuszczać, że ziemniaki zakupione w sklepie były przechowywane w niskiej temperaturze, tak aby zapobiec ich porastaniu. We frytkach z ziemniaków IRG-w, przechowywanych w wyższej temperaturze (prawdopodobnie najniższa zawartość cukrów redukujących) stwierdzono najniższą średnia zawartość akryloamidu (539 μg/kg produktu). Wymaga to dalszych badań.

Analiza statystyczna uzyskanych wyników badań nie wykazała istotnej korelacji pomiędzy zawartością akryloamidu we frytkach smażonych a zawartością asparaginy w surowych ziemniakach użytych do ich produkcji (r = -0,13) (ryc. 3). Podobnie brak korelacji pomiędzy tymi składnikami stwierdzili w swoich badaniach *Williams* [24] dla 5 różnych odmian oraz *Wicklung* i wsp. [23] dla 3 odmian ziemniaków.

PODSUMOWANIE

Zawartość akryloamidu we frytkach smażonych otrzymanych z różnych odmian ziemniaków wahała się od 376 do 2348 μg/kg. Najniższą zawartość stwierdzono we frytkach smażonych z ziemniaków wyselekcjonowanej odmiany Irga, a najwyższą we frytkach, otrzymanych z tej samej odmiany ziemniaków, ale zakupionych w sklepie. Nie stwierdzono istotnych związków pomiędzy zawartością asparaginy w surowych ziemniakach a poziomem akryloamidu we frytkach (r = -0,13). Różnice w zawartości akryloamidu we frytkach otrzymanych z ziemniaków przechowywanych w różnej temperaturze wydają się świadczyć o wpływie poziomu cukrów redukujących w surowcu, których zawartość zależy od temperatury przechowywania ziemniaków, na zawartość akryloamidu w usmażonych frytkach. Wyniki naszych badań wskazują, że w odniesieniu do czynników surowcowych, większy wpływ na poziom akryloamidu w produkcie finalnym (frytki) ma temperatura przechowywania ziemniaków i związany z tym poziom cukrów redukujących, a nie zawartość asparaginy.

Intensywność barwy badanych frytek istotnie korelowała ($r = 0,8045$; $p < 0,005$) z zawartością akryloamidu, niezależnie od odmiany surowca i kolejności smażenia. Jest to ważna wskazówka technologiczna, zarówno w odniesieniu do frytek produkowanych na skalę przemysłową, jak i tych przygotowywanych w domu. Ponad czterokrotnie wyższa zawartość akryloamidu stwierdzana w obecnych badaniach (frytki przygotowywane w warunkach domowych) w porównaniu do poziomów akryloamidu we frytkach pochodzących z barów i restauracji [10] świadczy, jak się wydaje, o istotnym wpływie obróbki wstępnej, np. blanszowania na zawartość akryloamidu w produkcie finalnym. Wymaga to dalszych badań.

Podziękowanie. Autorzy dziękują Pani doc. dr hab. *Krystynie Rykaczewskiej* z Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin za udostępnienie próbek wyselekcjonowanych odmian ziemniaków.

H. Mojska, I. Gielecińska, D. Marecka, W. Kłys

BADANIA NAD WPŁYWEM SKŁADNIKÓW SUROWCOWYCH I CZYNNIKÓW TECHNOLOGICZNYCH NA POZIOM AKRYLOAMIDU WE FRYTKACH ZIEMNIACZANYCH

Streszczenie

Celem pracy było zbadanie związku pomiędzy zawartością asparaginy w surowcu i barwą frytek smażonych a poziomem akryloamidu we frytkach przygotowanych z różnych odmian ziemniaków. Zawartość akryloamidu we frytkach smażonych otrzymanych z różnych odmian ziemniaków wahała się od 376 do 2348 μg/kg. Najniższą zawartość stwierdzono w smażonych frytkach z ziemniaków wyselekcjonowanej odmiany Irga, a najwyższą we frytkach, otrzymanych z tej samej odmiany ziemniaków, ale zakupionych w sklepie. Nie stwierdzono istotnych związków pomiędzy zawartością asparaginy w surowych ziemniakach a poziomem akryloamidu we frytkach ($r = -0,13$). Intensywność barwy badanych frytek istotnie korelowała ($r = 0,8045$; $p < 0,005$) z zawartością akryloamidu, niezależnie od odmiany surowca i kolejności smażenia.

H. Mojska, I. Gielecińska, D. Marecka, W. Kłys

STUDY OF THE INFLUENCE OF RAW MATERIAL AND PROCESSING CONDITIONS ON ACRYLAMIDE LEVEL IN FRIED POTATO CHIPS

Summary

The aim of our study was to examine relation between the asparagine level in raw material and acrylamide concentration in chips made from different varieties of potato. Relation between colour of potato chips and acrylamide content was also examined. Acrylamide concentration in fried potato chips ranged from 376 to 2348 μg/kg. We found the lowest acrylamide content in potato chips made from the Plant Breeding and Acclimatization Institute Irga and the highest in Irga bought in the Warsaw market. We didn't find significant correlation between the asparagine content in raw material and the acrylamide level in potato chips ($r = -0.13$). The colour intensity of fried chips positively correlated with acrylamide concentration independently from the potato varieties and sequence of frying ($r = 0.8045$; $p < 0.005$).

PIŚMIENNICTWO

1. Acrylamide in food – Database of activities in the EU. http://europa.eu.int/comm/food/fs/sfp/fcr/acrylamide/acryl.database.en.html.
2. *Becalski A., Lau B.P.-Y., Lewis D., Seamam S.W., Harward S., Sahagian M., Ramesh M., Leclerc Y.*: Acrylamide in French fries: Influence of free amono acids and sugar. J. Agric. Food Chem. 2004, 52, 3801-3807.
3. *Castle L.:* Determination of acrylamide monomer in mushrooms grown on polyacrylamide gel. J. Agric. Food Chem. 1993, 41, 1261-1263.
4. *Chusteczki P, Świderski F.*: Zastosowanie metod analizy sensorycznej w ocenie jakości produktów spożywczych. W: Teoria i ćwiczenia z towaroznawstwa produktów spożywczych. Red. *Świderski F.* Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa 1987.
5. Evaluation of certain food contaminants. Sixty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Geneva 2006

6. *Grob K., Biedermann M., Biedermann-Brem S., Noti A., Imhof D., Amrein T., Pfefferle A., Bazzocco D.*: French fries with less than 100 µg/kg acrylamide. A collaboration between cooks and analysts. Eur. Food Res. Technol. 2003, 217, 185-194.
7. IARC. Some Industrial Chemicals. International Agency for Research on Cancer: Lyon, France, 1994.
8. *Kumar D., Singh B.P., Kumar P.*: An overview of the factor affecting sugar content of potatoes. Ann. appl. Biol. 2004, 145, 247-256.
9. *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.
10. *Mojska H., Gielecińska I., Szponar L.*: Acrylamide content in heat-treated carbohydrate – rich foods in Poland. Roczn. PZH 2007, 58, 1, 345-349.
11. *Moore S., Spackman D.H., Stein W.H.:* Chromatography of amino AIDS on sulfonated polystyrene resins. Anal. Chem. 1958, 30, 1185.
12. *Pedreschi F., Kaack K., Granby K., Troncoso E.*: Acrylamide reduction under different pre-treatments in French fries. J. Food Engineering 2007, 79, 1287-1294.
13. *Pedreschi F., Kaack K., Granby K.*: Acrylamide content and color development in fried potato strips. Food Resch Inter. 2006, 39, 40-46.
14. *Pedreschi F., Kaack K., Granby K.*: Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying. Lebensm.-Wiss. U.-Technol. 2004, 37, 679-685.
15. *Pedreschi F., Motano, Kaack K., Granby K.*: Color changes and acrylamide formation In Fred potato slices. Food Resch. Inter. 2005, 38, 1-9.
16. PN-75/A-04018 Produkty rolno-żywnościowe – Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko.
17. PN-75/A-04018/Az3:2002 Produkty rolno-żywnościowe – Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko.
18. Report of a Joint FAO/WHO Consultation WHO Headquarters: Health Implications of Acrylamide in Food. Geneva, Switzerland, 25-27 June 2002.
19. Scientific Committee on Food: Opinion 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
20. SNFA. Swedish National Food Administration. Information about acrylamide in food. http://www.slv.se/engdefault.asp.
21. *Stadler R.H., Scholz G.*: Acrylamide: An update on current knowledge in analysis, levels in food, mechanisms of formation, and potential strategies of control. Nutr. Rev. 2004, 62, 449-467.
22. *Taeymans D., Wood J.*: A review of acrylamide: An industry perspective on research, analysis, formation, and control. Critical Reviewes in Food Science and Nutrition 2004, 44, 323-347.
23. *Wicklund T., Østlie H., Lothe O., Knutsen S.H., Bråthen E., Kita A.*: Acrylamide in potato crisp – the effect of raw material and processing. LWT, 2006, 39, 571-575.
24. *Williams J.S.E.*: Influence of variety and processing conditions on acrylamide levels in fried potato crisps. Food Chem. 2005, 90, 875-881.

Otrzymano: 6.12.2007