

AGNIESZKA TAJNER-CZOPEK

AGNIESZKA KITA

GRAŻYNA LISIŃSKA

ANNA PEKSA

ELŻBIETA RYTEL

Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Zawartość akrylamidu we frytkach sporządzonych z różnych odmian ziemniaka

The acrylamide content in French fries prepared from potato tubers of different cultivars

Celem pracy było określenie zawartości akrylamidu we frytkach po I i II stopniu smażenia oraz barwy gotowego produktu w zależności od zawartości cukrów redukujących w bulwach ziemniaka trzech odmian. Stwierdzono, że zawartość cukrów redukujących w ziemniakach badanych odmian miała wpływ na ilość wytworzonego akrylamidu we frytkach. Z ziemniaków odmiany Innovator o najniższej zawartości cukrów redukujących uzyskano frytki o najmniejszej ilości akrylamidu w porównaniu z produktami z pozostałych odmian. Półprodukt (frytki po I stopniu smażenia) zawierały dziewięć razy mniej akrylamidu (średnio $40 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) niż frytki gotowego spożycia (średnio $360 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Frytki sporządzone z ziemniaków odmiany Innovator o najniższej zawartości cukrów redukujących odznaczały się najjaśniejszą barwą (wartość „L” = 70) w porównaniu z pozostałymi próbkami.

Słowa kluczowe: akrylamid, frytki, odmiana ziemniaka

The aim of the experiment was to determine the acrylamide content in French fries made from tubers of three potato cultivars after the first and second stages of frying. The colour of final products as depending on the content of reducing sugars in tubers was also evaluated. The effect of reducing sugars content in potato tubers on the level of acrylamide content of French fries was found. French fries made from cv. Innovator tubers containing the lowest content of reducing sugars were proved to have lower content of acrylamide than French fries produced from tubers of the other cultivars. The content of acrylamide in semi-products was 9 times lower (approx. $40 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) than that in ready to eat French fries (approx. $360 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). French fries produced from tubers of cv. Innovator having the lowest content of reducing sugars were characterized by a lighter colour (“L” value = 70) than those prepared from tubers of the other cultivars.

Key words: acrylamide, French fries, potato cultivar

WSTĘP

Przetwarzanie produktów wysokoskrobiowych w temperaturach powyżej 120°C, ma wpływ na tworzenie się toksycznego akrylamidu (AA) (Friedman, 2003). Związek ten powstaje w wyniku przebiegu złożonej reakcji Maillarda w czasie procesu: smażenia, pieczenia lub grillowania (Takere i in., 2002).

Zasadniczymi prekursorami odpowiedzialnymi za powstawanie (AA) są cukry redukujące (glukoza, fruktoza) oraz aminokwasy — głównie asparagina (Mottram i in., 2002; Yaylayan i in., 2003). Ilość tworzącego się akrylamidu w gotowym produkcie uzależniona jest od zawartości wyżej wymienionych składników występujących w surowcu (Mottram i in., 2002; Friedman, 2003; Mestdagh i in., 2009).

W ziemniakach odpowiedzialne za tworzenie akrylamidu w smażonym produkcie są głównie cukry redukujące a ich zawartość w bulwach decyduje o ilości powstającego AA (Claeys i in., 2005). W związku z tym, prowadzone są intensywne badania nad możliwością obniżenia ilości cukrów redukujących w przerabianych ziemniakach, a tym samym zmniejszenia zawartości toksycznego związku w gotowym produkcie.

Szczególnie wysokim poziomem AA charakteryzują się produkty smażone z ziemniaka, tj. chipsy i frytki. Zawartość tego związku w chipsach może kształtować się w granicach od 200 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ do 12000 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Friedman, 2003; Kita i in., 2008), natomiast we frytkach w zakresie od 15 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ do 3700 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Friedman, 2003; Tajner-Czopek i in., 2008; Gielecińska i Mojska, 2009).

Z grupy produktów smażonych z ziemniaka frytki cieszą się stale rosnącą popularnością wśród konsumentów oraz zwiększającym się spożyciem. Dlatego istnieje konieczność kontynuowania badań zmierzających do obniżenia zawartości akrylamidu we frytkach, zarówno po I jak i II stopniu smażenia.

Wprowadzenie w produkcji frytek pewnych modyfikacji parametrów technologicznych ma wpływ na kształtowanie zawartości akrylamidu zarówno w półprodukcie (Tajner-Czopek i in., 2008) jak i w gotowych frytkach (Tajner-Czopek i in., 2008; Pedreschi i Zuñiga, 2009). Jednak to właśnie odmiana ziemniaka, warunki uprawy oraz temperatura przechowywania mają w pierwszej kolejności wpływ na kształtowanie zawartości toksycznego związku w usmażonym produkcie (Mestdagh i in., 2009).

Z tego względu do produkcji frytek powinny być przeznaczone wyselekcjonowane odmiany ziemniaka, charakteryzujące się niską ilością cukrów redukujących w bulwach (Zgórska i Grudzińska, 2010). Ich zawartość w bulwach jest mało stabilną cechą ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa i dlatego musi być stale kontrolowana (Lisińska i in., 2009). Zawartość cukrów redukujących powinna być niewielka po sprężeniu ziemniaków z pola, ale również po długotrwałym okresie przechowywania (Zgórska i Frydecka-Mazurczyk, 2000; Zgórska, 2005). Prawidłowe przechowanie ziemniaków powinno odbywać się w temperaturze 6–8°C). Natomiast przechowywanie ich w temperaturze szczególnie (4°C) bez późniejszego rekondycjonowania, wpływa na znaczne zwiększenie zawartości cukrów redukujących w bulwach (Mozolewski, 2000; Zgórska i Frydecka-Mazurczyk, 2002; Zgórska, 2005; Grudzińska, 2007). Intensywność gromadzenia cukrów w bulwach w czasie przechowywania jest uzależniona w dużym

stopniu od odmiany (Zgórska, 2005). Wybrane odmiany ziemniaka należące do odmian typu tzw. "cold storage" charakteryzują się nie tylko niską zawartością cukrów redukujących w bulwach, zaraz po sprzęcie z pola, ale również gromadzą niewielką ilość tych związków w czasie przechowywania (Grudzińska, 2007).

Wysoką zawartość cukrów redukujących w bulwach można obniżyć stosując zabieg rekondycjonowania (przechowywanie ziemniaków w temperaturze około 15–20°C przez 7 do 14 dni) (Zgórska, Czerko 2006). Należy jednak zaznaczyć, że różne odmiany ziemniaka różnie reagują na ten proces, a obniżanie ilości cukrów redukujących w bulwach do określonego poziomu jest cechą odmianową (Zgórska i Frydecka-Mazurczyk, 2002; Putz, 2004).

Dobór odpowiedniej odmiany ziemniaka do produkcji frytek musi uwzględniać możliwość obniżenia ilości akrylamidu powstającego w smażonym produkcie z równoczesnym uzyskaniem odpowiednich cech organoleptycznych gotowego produktu. Jedną z cech jest barwa frytek, która powinna być jasna, złota, bez brązowych przebarwień lub czarnych plam i smug oraz bez brunatnych końców, tzw. "sugar ends" (Sowokinos i in., 2000; Lisińska, 2006; Lisińska i in., 2009).

Barwa gotowego produktu oceniana jest przez konsumentów w pierwszej kolejności, dlatego należy zwrócić szczególną uwagę na dobór odpowiedniej odmiany ziemniaka charakteryzującej się niską zawartością cukrów redukujących w bulwach (Grudzińska i Zgórska, 2010), która umożliwi otrzymanie frytek o właściwej barwie. Odpowiednia barwa gotowego produktu związana jest zazwyczaj z niższą zawartością akrylamidu (Pedreschi i in. 2006; Pedreschi i Zuñiga, 2009).

Wymagania konsumentów dotyczące barwy frytek są wysokie i ściśle określone, dlatego badania prowadzone w kierunku wytypowania odpowiedniej odmiany ziemniaka do przerobu na frytki, muszą być prowadzone również w kierunku określenia zawartości cukrów redukujących w bulwach oraz ilości powstającego w półprodukcie i w gotowych frytkach akrylamidu.

Celem pracy było określenie zawartości akrylamidu we frytkach po I i II stopniu smażenia oraz barwy gotowego produktu w zależności od zawartości cukrów redukujących w bulwach ziemniaka trzech odmian.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem użytym do badań były ziemniaki trzech odmian: Felsina i Innovator (wczesne) oraz Agnes (średnio wczesna), pochodzące z zakładu produkującego frytki (McCain z Chociwela k/Strzelina), z sezonu wegetacyjnego 2008. Ziemniaki do czasu rozpoczęcia badań przechowywano w temperaturze 15°C.

Próby ziemniaków podzielono na dwie części: pierwszą z przeznaczeniem do analiz w surowcu i drugą do przygotowania frytek. W bulwach ziemniaka oznaczono zawartość cukrów redukujących — metodą Nizowkina-Jemielianowej (Jarosz i in., 1955). Frytki sporządzono metodą dwustopniowego smażenia w oleju rzepakowym (Lisińska i in., 2007). Krajankę smażono w oleju o temperaturze 175°C przez 1 minutę (pierwszy stopień smażenia), po schłodzeniu frytki zamrażano do temperatury -18°C. Następnie zamrożony

półprodukt dosmażano przez 5 minut w oleju o temperaturze 175°C (drugi stopień smażenia). W próbach po I i II stopniu smażenia oznaczono zawartość akrylamidu, przy użyciu aparatu HPLC/MS/MS, metodą chromatograficzną opracowaną przez (Rosĕn i Hellenäs, 2002), a zmodyfikowaną w Katedrze Technologii Rolnej i Przechowalnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (Tajner-Czopek i in., 2009). Oznaczenie to polegało na tym, że z nieodtłuszczonych frytek, po ich zmieleniu i naważeniu, ekstrahowano akrylamid przy użyciu wody dejonizowanej. Kolejną próbę odwirowano przy użyciu wirówki. Osad odrzucono, natomiast klarowny roztwór przeniesiono na kolumnienki SPE, uprzednio kondycjonowane przy użyciu metanolu i wody dejonizowanej i osuszone pod próżnią. Klarowny roztwór znajdujący się na kolumnienkach SPE przemywano wodą dejonizowaną. Kolejno akrylamid eluowano z kolumnienki SPE przy pomocy metanolu i odparowano do sucha w atmosferze azotu. Następnie suchą pozostałość rozpuszczono w wodzie dejonizowanej, przepuszczono przez filtr strzykawkowy i nastrzyknięto do autosamplera aparatu HPLC/MS/MS. Wyniki zawartości akrylamidu wyrażono w [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]. Powtarzalność metody oznaczania zawartości akrylamidu we frytkach prowadzone opisaną metodą HPLC/MS/MS kształtowała się na poziomie 96% (Tajner-Czopek i in., 2009).

W gotowych frytkach oznaczono barwę spektrofotometrycznie przy użyciu aparatu pomiarowego typu Minolta CR-200, mierząc wartość „L”.

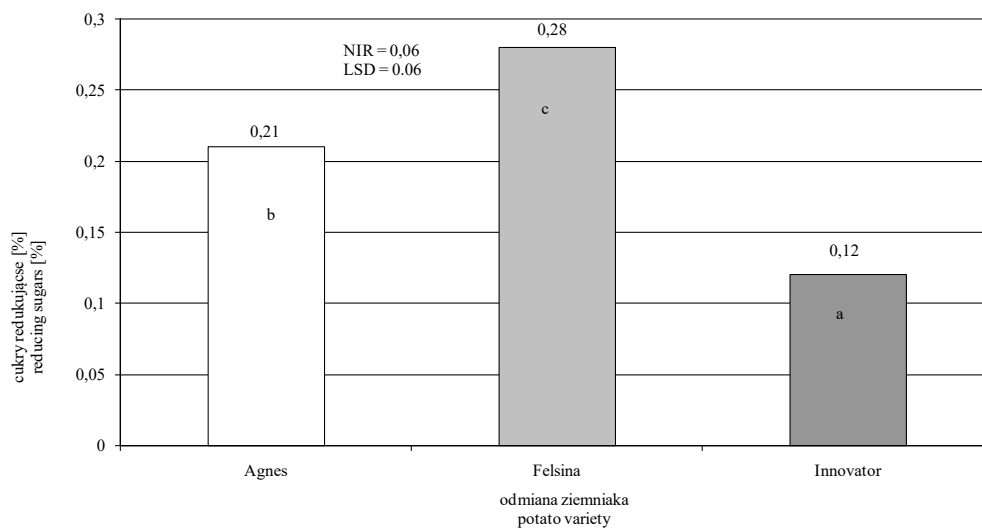
Badania wykonano w trzech powtórzeniach technologicznych. Otrzymane wyniki badań poddano obliczeniom statystycznym przy użyciu programu Statgraphics v.9.0. Zastosowano jednokierunkową analizę wariancji i wyznaczono grupy homogeniczne za pomocą testu Duncana (na poziomie istotności $p \leq 0,05$).

WYNIKI I DYSKUSJA

Użyte w doświadczeniu odmiany ziemniaka: Agnes, Felsina i Innovator są powszechnie używane do produkcji frytek w Europie Zachodniej i Środkowej (Keijbets i in., 2001; Lisińska i in., 2009; Zgórska 2010; Zgórska i Grudzińska, 2010).

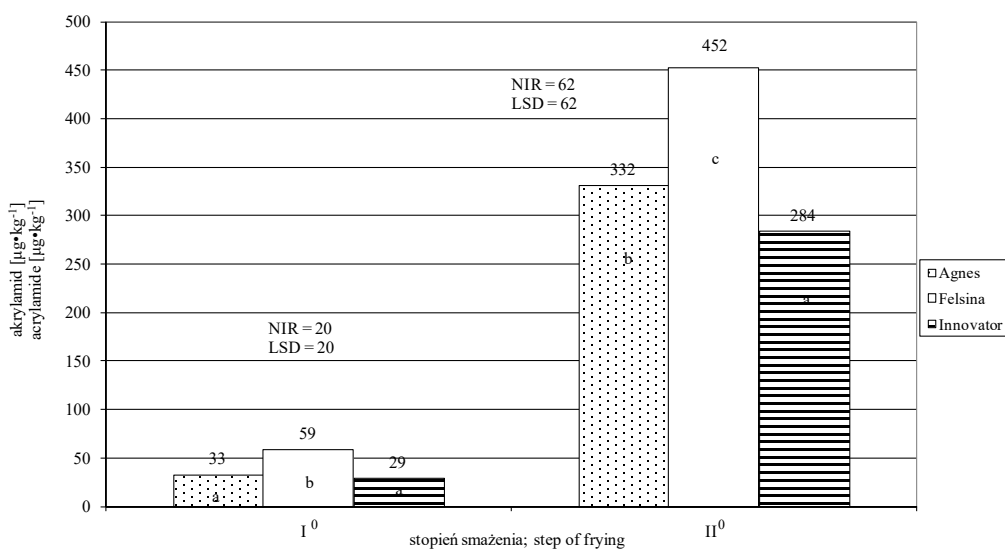
Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zawartość cukrów redukujących w bulwach była uzależniona od przerabianej odmiany ziemniaków (rys. 1). Ziemniaki odmiany Felsina charakteryzowały się najwyższą zawartością cukrów redukujących w bulwach (0,28%), mniej zawierały ziemniaki odmiany Agnes (0,21%), a najniższą zawartość tego składnika oznaczono w ziemniakach odmiany Innovator (0,12%).

Zastosowany w doświadczeniu surowiec mimo, że charakteryzował się zróżnicowaną zawartością cukrów redukujących w bulwach to jednak ilości te mieściły się w normie i spełniały wymagania stawiane ziemniakom przeznaczonym do produkcji frytek. Zgórska i Frydecka-Mazurczyk (2002), Lisińska (2006), Lisińska i wsp. (2009) oraz Zgórska (2010) podają, że zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka przeznaczonego do produkcji frytek powinna być niższa niż 0,3%, a nawet 0,25%.



a,b,c - grupy homogeniczne; a,b,c - homogeneous groups

Rys. 1. Zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka trzech odmian
Fig. 1. Content of reducing sugar in potato tubers of three varieties

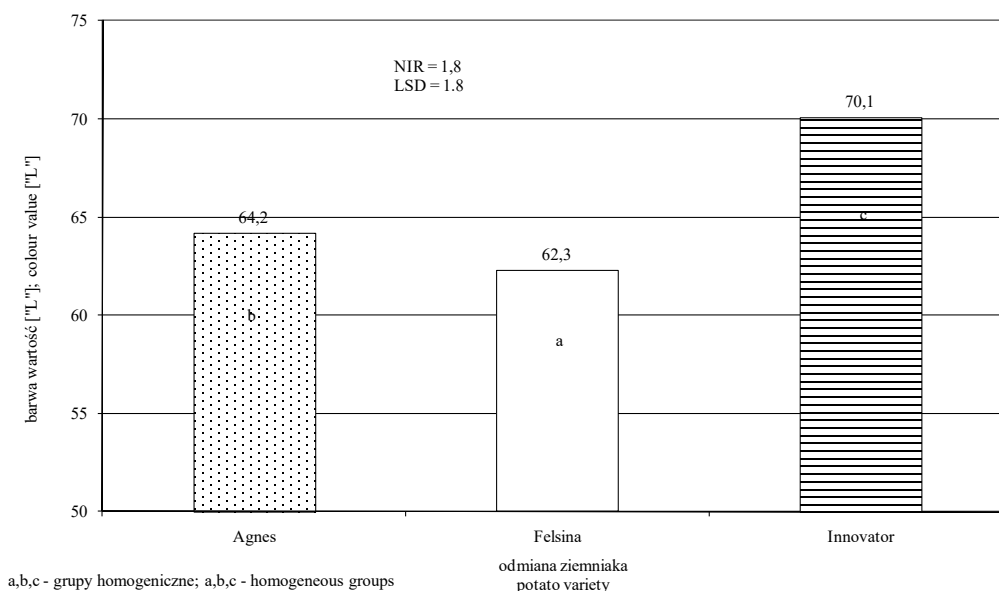


a,b,c - grupy homogeniczne; a,b,c - homogeneous groups

Rys. 2. Zawartość akrylamidu po I i II stopniu smażenia we frytkach sporządzonych z ziemniaków trzech odmian
Fig. 2. Content of acrylamide in after I and II stages of frying French fries prepared from potato tubers of three varieties

Wyniki zawartości akrylamidu we frytkach po I i II stopniu smażenia sporządzonych z ziemniaków trzech odmian przedstawiono na (rys. 2). Stwierdzono, że zawartość akrylamidu w półprodukcie (po I stopniu smażenia) oraz w gotowych frytkach (po II stopniu smażenia) była zróżnicowana w zależności od odmiany ziemniaka, z którego sporządzono próby. Najniższą zawartością toksycznego związku charakteryzował się półprodukt oraz gotowe frytki sporządzone z ziemniaków odmiany Innovator, która również miała najmniej cukrów redukujących w bulwach (rys. 1) w porównaniu z pozostałymi odmianami. Półprodukt sporządzony z ziemniaków odmiany Innovator zawierał o około 51% i około 44% mniej AA, w porównaniu z próbkami otrzymanymi z ziemniaków odmiany Felsina i Agnes (rys. 2). Podobną zależność zaobserwowano w gotowych frytkach sporządzonych z tych odmian. Ilość AA w próbce otrzymanej z odmiany Innovator była o około 37% niższa w porównaniu z frytkami z odmiany Felsina i o około 26% w porównaniu z frytkami z surowca Agnes.

Zawartość akrylamidu w półproduktach sporządzonych z ziemniaków badanych odmian kształtowała się w zakresie od $29 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $59 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i była ona średnio około dziewięciokrotnie niższa w porównaniu z gotowymi frytkami otrzymanymi po dosmażeniu tych półproduktów (od $284 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $452 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) (rys. 2).



Rys. 3. Barwa (wartość 'L') frytek sporządzonych z ziemniaków trzech odmian
Fig. 3. The colour of French fries prepared from of potato tubers of three varieties

Tajner-Czopek i wsp. (w druku) podają, że smażone produkty ziemniaczane (po II stopniu smażenia) niezależnie od ich rodzaju charakteryzują się znacznie wyższą

zawartością akrylamidu w porównaniu z półproduktem (po I stopniu smażenia), a związane jest to z dłuższym czasem smażenia prób.

Pęksa i Tajner (1994) podają, że odpowiednia barwa frytek wyrażona wartościami wyróżnika „L” kształtuje się w szerokim zakresie od 73,5 do 53,0. Podobnie Grudzińska i Zgórska (2010) podają, że właściwej barwie frytek odpowiada wartość wyróżnika „L” powyżej 60.

Barwa frytek sporządzonych z ziemniaków trzech badanych odmian była właściwa, wartości wyróżnika barwy „L” wahały się w zakresie od 62,3 do 70,1 (rys. 3).

Stwierdzono jednak statystycznie istotną różnicę pomiędzy uzyskanymi w doświadczeniu wynikami barwy frytek. Najlepszą jasno-żółtą barwą charakteryzowały się frytki sporządzone z ziemniaków odmiany Innovator, zawierające również najmniej cukrów redukujących w bulwach (rys. 1). Natomiast próby sporządzone z odmiany Felsina o najwyższej ilości cukrów w bulwach miały wyraźnie ciemniejszą barwę.

WNIOSKI

1. Zawartość cukrów redukujących w ziemniakach badanych odmian miała wpływ na ilość wytworzonego akrylamidu we frytkach.
2. Z ziemniaków odmiany Innovator o najniższej zawartości cukrów redukujących uzyskano frytki o najmniejszej ilości akrylamidu w porównaniu z produktami z pozostałych odmian.
3. Półprodukt (frytki po I stopniu smażenia) zawierał dziewięć razy mniej akrylamidu (średnio $40\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) niż frytki gotowe do spożycia (średnio $360\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).
4. Frytki sporządzone z ziemniaków odmiany Innovator o najniższej zawartości cukrów redukujących odznaczały się najjaśniejszą barwą (wartość „L” = 70) w porównaniu z pozostałymi próbami.

LITERATURA

- Claeys W. L., De Vleeschouwer K., Hendrickx M. E. 2005. Quantifying the formation of carcinogens during food processing: acrylamide. *Trends Food Sci. Technol.* 16: 181 — 193.
- Friedman M. 2003. Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide. A review. *J. Agric. Food Chem.* 51: 4504 — 4526.
- Gielecińska I., Mojska H. 2009. Ocena zawartości akryloamidu we frytkach ziemniaczanych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, XLII. 3: 486 — 490.
- Grudzińska M. 2007. Stabilność cech technologicznych i konsumpcyjnych bulw ziemniaka w czasie przechowywania. Praca doktorska, Koszalin.
- Grudzińska M., Zgórska K. 2010. Wpływ efektywności zabiegu rekondycjonowania wybranych odmian bulw ziemniaka na barwę frytek. *Nauka Przyr. Techn.* 4, 2: 1 — 8.
- Jarosz K., Muszkat T., Skibniewski S., Suchodolski J., Urbański M. 1955. Kontrola produkcji w przemyśle spirytusowym. WPLiS Warszawa: 312 ss.
- Keijbets M.J.H., Aviko B., Steenderen V. 2001. The manufacture of pre-fried products. In: *Frying. Improving quality*. Ed. By Rossell J. B., CRC Press LLC, USA.
- Kita A., Tajner-Czopek A., Lisińska G. 2008. Wpływ rodzaju oleju smażalniczego na zawartość akrylamidu w chipsach ziemniaczanych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 530: 353 — 361.
- Lisińska G. 2006. Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 81 — 94.

- Lisińska G., Pęksa A., Kita A., Rytel A., Tajner-Czopek A. 2009. The quality of potato for processing and consumption. In: Yee N., Bussel W (ed.), Potato IV, FOOD. 3, Special Issue 2: 99 — 104.
- Lisińska G., Tajner-Czopek A., Kalum L. 2007. The effects of enzymes on fat content and texture of French fries. *Food Chem.* 102: 1055 — 1060.
- Mestdagh F., van Peteghem C., de Meulenaer B. 2009. A farm-to-fork approach to lower acrylamide in fried potatoes. In: Yee N., Bussel W (ed.) Potato IV. FOOD. 3, Special Issue 2: 66 — 75.
- Mottram D. S., Wedzicha B. L., Dodson A.T. 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction., *Nature.* 419: 448 — 449.
- Mozolewski W. 2000. Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa w zależności od czasu przechowywania. Cz II. Wpływ czasu przechowywania ziemniaków na ich przydatność do wyrobu frytek. *Biul. IHAR* 213: 269 — 274.
- Pedreschi F., Kaack K., Granby K. 2006. Acrylamide content and color development in fried potato strips. *Food Res. Int.* 39: 40 — 46.
- Pedreschi F., Zuñiga R.N. 2009. Acrylamide and oil reduction in fried potatoes: A review. In: Yee N., Bussel W (ed.) Potato IV. FOOD. 3, Special Issue 2: 82 — 92.
- Pęksa A., Tajner A. 1994. Porównanie metody wizualnej z metodą obiektywną oznaczania barwy frytek ziemniaczanych. *Zesz. Nauk. AR we Wroc. Technol. Żywn. VII.* 244: 131 — 139.
- Putz B. 2004. Reduzierende Zucker in Kartoffel. *Kartoffelbau.* 55: 188 — 192.
- Rosén J., Hellenäs K. E. 2002. Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Analyst.* 127: 880 — 882.
- Sowokinos J. R., Shock C. C., Stiebler T. D., Eldredge E. P. 2000. Compositional and enzymatic changes associated with sugar-end defect in Russet Burbank potatoes. *Am. J. Potato Res.* 77: 47 — 56.
- Tajner-Czopek A., Kita A., Aniołowski K., Lisińska G. 2009. Determination of acrylamide content in fried potato products. *New Concepts in Food Evaluation. Nutraceuticals, Analyses, Consumer.* Ed. by T. Trziszka & M. Oziembłowski. 281 — 289.
- Tajner-Czopek A., Kita A., Lisińska G. 2008. Zawartość akrylamidu we frytkach w zależności od temperatury i czasu smażenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 530: 371 — 379.
- Tajner-Czopek A., Lisińska G., Kita A., Rytel E., Pęksa A. 2010. Wpływ temperatury smażenia na zawartość akrylamidu w produktach ziemniaczanych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 557 (w druku).
- Tareke E., Rydberg P., Karlsson P., Eriksson S., Törnqvist M. 2002. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J. Agric. Food Chem.* 50: 4998 — 5006.
- Yaylayan V.A., Wnorowski A., Locas C. P. 2003. Why asparagine needs carbohydrates to generate acrylamide. *J. Agric. Food Chem.* 51: 1753 — 1757.
- Zgórska K. 2005. Zmiany cech technologicznych bulw ziemniaka w czasie przechowywania. *Ziemn. Pol.* 4: 26 — 28.
- Zgórska K. 2010. Jakość frytek wyprodukowanych w warunkach przemysłowych i domowych. *Ziemn. Pol.* 1: 43 — 48.
- Zgórska K., Czerko Z. 2006. Rekondycjonowanie bulw przechowywanych w niskiej temperaturze — metodą ograniczającą zawartość cukrów w bulwach ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 547 — 556.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 2000. Wpływ warunków w czasie wegetacji oraz temperatury przechowywania na cechy jakości ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa. *Biul. IHAR.* 213: 239 — 251.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 2002. Przydatność nowych polskich odmian do przetwórstwa spożywczego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 347 — 354.
- Zgórska K., Grudzińska M. 2010. Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa spożywczego. *Ziemn. Pol.* 3: 39 — 42.