

Przechowalnictwo i przetwórstwo

NIEBEZPIECZNY AKRYLAMID. WYKORZYSTANIE BIOTECHNOLOGII JAKO SPOSOBU NA OGRANICZENIE JEGO KONCENTRACJI W PRZETWORZONYCH PRODUKTACH ZIEMNIACZANYCH

DANGEROUS ACRYLAMIDE. BIOTECHNOLOGY AS A WAY TO LIMIT ITS CONCENTRATION IN PROCESSED POTATO PRODUCTS

mgr inż. Magdalena Piekutowska
dr inż. Agnieszka Szparaga, dr hab. inż. Tomasz Piskier prof. nadzw.
Politechnika Koszalińska, Katedra Agrobiotechnologii
e-mail: magdalena.piekutowska@poczta.fm

Streszczenie

Ministerstwo Rolnictwa USA w 2014 r. zaakceptowało I generację ziemniaków powstałych zgodnie z technologią Innate amerykańskiej firmy J. R. Simplot. W technologii tej wykorzystano zjawisko cis-genezy, w której partnerami są zazwyczaj odmiany wymagające poprawy ważnych cech i dzikie formy ziemniaka. W wyniku genetycznego ulepszania ziemniaków I generacja zawiera mniej akrylamidu po usmażeniu produktów ziemniaczanych poprzez obniżenie zawartości asparaginy w bulwach oraz ma wyższą odporność na plamistość poudzerzeniową. Od początku 2017 r. 3 odmiany II generacji: Russet Burbank, Ranger Russet i Atlantic mogą być sprzedawane i uprawiane na terenie USA. II generacja ziemniaków Innate, oprócz cech uzyskanych w I, ma także mniejszą zawartość cukrów redukujących i podwyższoną odporność na zarazę ziemniaka. Trwają prace nad III generacją odmian Innate – o wysokiej odporności na PVY. Innate ulepszyła te cechy, które z punktu widzenia rolników i przetwórców ziemniaków były niemożliwe do całkowitego wyeliminowania w warunkach uprawy czy procesie produkcyjnym, a wspomniana transformacja genów w obrębie blisko spokrewnionych gatunków jest również korzystniejsza marketingowo, gdyż konwencjonalna hodowla też wykorzystuje dzikie gatunki ziemniaka jako źródła odporności na choroby.

Słowa kluczowe: akrylamid, biotechnologia, produkty ziemniaczane, transformacja genetyczna, ziemniaki Innate

Abstract

The US Department of Agriculture in 2014 approved the first generation of potatoes developed in accordance with the Innate technology of the US company J. R. Simplot. This technology uses cis-genesis, in which partners are usually the cultivars that require the improvement of important traits and the wild forms of potato. As a result of genetic improvement of potatoes, the first generation contains less acrylamide after frying potato products by lowering the asparagine content in the tubers and has a higher resistance to blackspot bruise. From the beginning of 2017, three cultivars of the second generation: Russet Burbank, Ranger Russet and Atlantic can be sold and grown in the USA. Second Innate generation, in addition to the features obtained in first, also has a lower content of reducing sugars and increased resistance to potato late blight. A third Innate generation with high resistance to PVY is under development. The Innate technology has improved those features which, from the point of view of farmers and potato industry, were impossible to be improved under cultivation or production. Furthermore, this gene transformation within closely related species is also more advantageous for marketing as conventional breeding also uses wild potato species as a source of disease resistance.

Keywords: acrylamide, biotechnology, genetic transformation, Innate potatoes, potato products

W ciągu ostatnich kilkunastu lat preferencje konsumentów do spożywania ziemniaków i produktów ziemniaczanych zmieniły się. Spada spożycie ziemniaków w formie tradycyjnej na korzyść produktów o wyższym stopniu przetworzenia, charakteryzujących się wysoką trwałością i jakością (Raport BGŻ 2015, Zgórska 2012). W przeliczeniu na jednego mieszkańca w roku 2015 średnie spożycie ziemniaków ogółem wyniosło 84,4 kg. W ostatnich kilku latach znacznie wzrosła produkcja wyrobów ziemniaczanych mrożonych, tj. frytek oraz innych przetworów. Szacuje się, że w roku 2015 krajowa produkcja frytek mogła wynieść blisko 225 tys. ton, a chipsów 88 tys. ton (USDA Report 2015).

Produkcja frytek i chipsów to procesy wieloetapowe, w których surowiec ziemniaczany poddawany jest obróbce wstępnej, technologicznej (blanszowaniu, suszeniu, smażeniu), a następnie, w wypadku frytek – zamrażaniu (Zgórska 2010). Poszczególne etapy produkcji (obieranie, krojenie, blanszowanie) mogą powodować zubożenie surowca w substancje dobrze rozpuszczalne w wodzie lub stymulować degradację niektórych składników w procesach wysokotemperaturowych. Zazwyczaj nie wpływa to na jakość powstałych produktów (za Kita, Lisińska 2007).

Podczas obróbki produktów bogatych w węglowodany w temperaturze powyżej 120°C i przy niskiej dostępności wody powstaje toksyczny akrylamid (AA). Wysoką koncentrację tego związku obserwuje się zwłaszcza w produktach smażonych w oleju i innych tłuszczach. Dane literaturowe wskazują na różny możliwy przedział zawartości tego związku w produktach pochodzenia ziemniaczanego. Według Gielecińskiej i innych (2009) we frytkach gotowych do spożycia, uzyskanych z mrożonych i wstępnie smażonych, jest to średnio 292-1534 µg/kg. Z kolei Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (Food and Drug Administration – FDA) twierdzi, że zawartość akrylamidu we frytkach może wynosić 200-12000 ppb (µg/kg). Różnice te najprawdopodobniej wynikają z odmiennych składów chemicznych surowców użytych w badaniach, różnych warunków procesu technologicznego oraz

przede wszystkim różnorodnych metod oznaczania związku (Tajner-Czopek 2011).

W ciągu kilkunastu lat związek ten stał się obiektem zainteresowań wielu badaczy, dietetyków oraz konsumentów po głośnym odkryciu grupy szwedzkich naukowców, którzy wykazali, że akrylamid obecny jest powszechnie w wielu produktach spożywczych i może wpływać negatywnie na ludzkie zdrowie. Zanim jednak wskazano jedno z głównych źródeł tego związku w organizmach ludzkich, przyczyny szukano chociażby w syntetycznych nawozach mineralnych, których jednym ze składników jest poliakrylamid – stabilizator gleb.

Wykazanie, że to żywność odpowiada za kumulację akrylamidu w organizmie człowieka, doprowadziło do oficjalnego uznania go przez Międzynarodową Agencję do Badań nad Rakiem (International Agency for Research on Cancer – IARC) za substancję mającą prawdopodobne działanie rakotwórcze (Chico Galdo i in. 2006, Dybing i in. 2005, Mustafa i in. 2008). Z kolei w Unii Europejskiej akrylamid został zaklasyfikowany jako kancerogen grupy 2. To oznacza, że należy go traktować jako substancję „potencjalnie kancerogenną”, mogącą wywoływać nowotwory u ludzi (Sanfanyado i in. 2011).

Akrylamid jest produktem dość złożonej reakcji pomiędzy cukrami redukującymi (pentozy i heksozy oraz niektóre dwucukry) a aminokwasami (głównie asparaginą) w ogrzewanej żywności (Mottram i in. 2002, Zyzak i in. 2003). Ten kilkietapowy proces określa się mianem reakcji Maillarda bądź nieenzymatycznego brązowienia. Związki powstające w wyniku tych reakcji odpowiadają za atrakcyjność produktów spożywczych: ich smak i zapach (Michalska, Zieliński 2007). Ilość akrylamidu w produkcie finalnym jest uzależniona od zawartości wyżej wymienionych składników w surowcu poddawanemu obróbce cieplnej [za Tajner-Czopek i in. 2010]. Michalak i inni (2011) wykazali, że czynnikiem determinującym stężenie powstającego akrylamidu może być pH środowiska; przy pH 7-8 obserwuje się jego najwyższe stężenie, przy pH ok. 4 dochodzi do zmniejszenia ilości AA nawet o 99%.

Wyeliminowanie toksycznego akrylamidu z produktów ziemniaczanych poddanych

obróbce termicznej nie jest proste. Rozwiązania problemu można szukać w zmianie parametrów procesu technologicznego, który pomimo ograniczenia ilości szkodliwego AA musi gwarantować powstawanie frytek czy chipsów o pożądanych cechach sensorycznych. Szczegółowym testom należy poddawać temperaturę i czas smażenia surowca. Według Romaniego i innych (2008) wzrost temperatury i wydłużenie czasu smażenia frytek w warunkach domowych stymuluje powstawanie większych ilości akrylamidu w produkcji.

Tajner-Czopek i inni (2008) w swoich badaniach wykazali, że frytki smażone w oleju w temperaturze 190°C charakteryzowały się najwyższą zawartością akrylamidu, z kolei obniżenie temperatury do 175°C spowodowało spadek jego ilości w produkcji nawet o 30%. Temperatura ta gwarantowała właściwą konsystencję frytek. Wiadomo też, że więcej AA tworzy się podczas końcowego

etapu smażenia, stąd też skrócenie go jest tym bardziej zasadne. Warto wspomnieć o roli procesu blanszowania, który umożliwia ekstrakcję cukrów redukujących i asparaginy z powierzchni frytek przed ich smażeniem, co ogranicza ilość akrylamidu w produkcji (Tajner-Czopek 2011).

Dobór odpowiedniego surowca do procesów technologicznych to bardzo ważny aspekt, limitujący zawartość akrylamidu.

Z punktu widzenia produkcji frytek najbardziej pożądane są odmiany o małej skłonności do gromadzenia cukrów redukujących w bulwach (glukozy i fruktozy). Zawartość cukrów w bulwach jest wprost proporcjonalna do ilości powstałego akrylamidu w produkcji. Wysoki poziom cukrów redukujących pogarsza wygląd i cechy organoleptyczne otrzymywanych produktów ziemniaczanych (Leszczyński 2000, Tajner-Czopek 2011). Frytki i chipsy brązowieją i stają się gorzkie – fot. 1 (Grudzińska, Zgórska 2008).



Fot. 1. Frytki z bulw charakteryzujących się dużą zawartością cukrów redukujących (fot. własna)

Poszczególne odmiany różnią się zawartością cukrów redukujących w bulwach oraz tempem ich przyrostu podczas przechowywania. Wyniki jednego z wielu doświadczeń prowadzonych przez Tajner-Czopek (2011) z trzema odmianami ziemniaka: Felsina, Innovator i Santana pokazały ich duże zróżnicowanie pod względem zawartości suchej masy i cukrów. Najwyższą zawartością suchej masy i skrobi charakteryzowały się ziemniaki odmiany Innovator, z kolei Felsina zawierała najwięcej cukrów redukujących w bulwach. Po 8 tygodniach przechowywania bulwy odmiany Innovator gromadziły o 55% mniej cukrów niż dwie pozostałe odmiany, a

frytki z niej sporządzone zawierały mniej akrylamidu: o 27% w półprodukcie i o 60% w produkcie gotowym, w porównaniu z pozostałymi odmianami. Jednym z najważniejszych czynników odpowiedzialnych za tworzenie cukrów redukujących w bulwach są warunki, w jakich przechowywany jest surowiec. Temperatura 2-4°C co prawda ogranicza transpirację, oddychanie i kiełkowanie bulw, ale może doprowadzić do nagromadzenia w nich sacharozy i cukrów redukujących (Nourian i in. 2003).

Czynniki uprawowe, podobnie jak czynnik genetyczny i środowiskowy, mogą istotnie wpływać na zawartość cukrów redukujących

w bulwach, a tym samym ilość powstałego AA w produktach ziemniaczanych. Wysokie dawki nawozów azotowych powodują przedłużenie wegetacji bulw, wzrost zawartości cukrów redukujących oraz pogorszenie cech jakości ziemniaka (Rogozińska i in. 1996).

Z kolei wykorzystanie nawozów zawierających w swoim składzie siarkę powoduje redukcję stężenia asparaginy (aminokwas), co wpływa na obniżenie zawartości akrylamidu w produktach. Badania w tym zakresie prowadzono z udziałem ziemniaków i mąki z ziarna pszenicy ozimej (Elmore i in. 2007, Muttucumaru i in. 2006).

Innym kryterium selekcji surowca do produkcji frytek jest wielkość bulw. Badania Wilde i innych (2006) pokazały, że cecha ta w znaczący sposób przyczynia się do tworzenia akrylamidu: frytki z małych bulw zawierały więcej AA niż te ze średnich i dużych. Uzasadnieniem tego są różnice w składzie chemicznym bulw. Podczas dojrzewania substancje odżywcze są transportowane z liści do bulw, co powoduje wzrost suchej masy. Zawartość cukrów w mniejszych i niedojrzałych ziemniakach jest wyższa, ponieważ stopień translokacji cukrów z liści do bulw przekracza stopień przemiany cukrów w skrobię (Wilde i in. 2006).

Usunięcie toksycznego związku jest także możliwe dzięki wyeliminowaniu pierwszego prekursora tworzenia się akrylamidu – asparaginy. Dane literaturowe wskazują na zastosowanie enzymu asparaginazy otrzymanej z *Aspergillus oryzae* (Kuilman, Wilms 2007). Wykorzystanie go spowodowało obniżenie zawartości akrylamidu w produkcie nawet o 90% bez pogorszenia właściwości fizycznych produktu (Vang Hendriksen i in. 2006). Względny ekonomiczny ograniczają jednak zastosowanie tego mechanizmu w praktyce produkcyjnej (Kuilman, Wilms 2007).

Zjawisko tworzenia się akrylamidu w produktach ziemniaczanych z jednej strony jest problemem o randze światowej, z drugiej zaś wyzwaniem dla współczesnej biotechnologii. Ministerstwo Rolnictwa USA (The US De-

partment of Agriculture – USDA) w listopadzie 2014 r. zaakceptowało pierwszą generację ziemniaków powstałych zgodnie z technologią Innate – tworem amerykańskiej firmy J. R. Simplot. W technologii tej, opracowanej przez specjalnie powołany dział Simplot Plant Sciences, wykorzystano zjawisko cis-genezy, czyli przenoszenia genów kodujących pożądane cechy pomiędzy obiektami należącymi do tego samego gatunku i wyciszenia genów odpowiadających za cechy ograniczające daną odmianę w użytkowaniu. Partnerami w cis-genezie są zazwyczaj odmiany wymagające poprawy ważnych cech i dzikie formy ziemniaka. Technologia Innate znalazła zastosowanie w udoskonalaniu popularnych odmian przeznaczonych do produkcji frytek: Ranger Russet i Russet Burbank.

W wyniku genetycznego ulepszania ziemniaków poprawiono cztery ważne cechy z punktu widzenia ich przetwórstwa. 1. Po pierwsze i najważniejsze: mniej akrylamidu podczas smażenia produktów ziemniaczanych poprzez obniżenie zawartości asparaginy w bulwach. Było to możliwe dzięki ograniczeniu aktywności syntetazy asparaginowej – enzymu katalizującego syntezę asparaginy. 2. Wyższa odporność bulw na plamistość pouderzeniową. Ograniczenie podatności na sinienie było możliwe dzięki zmniejszeniu aktywności kolejnego enzymu – oksydazy polifenolowej, która jest uwalniania z uszkodzonych komórek. 3. Niższa zawartość cukrów redukujących w bulwach oraz 4. większa odporność roślin na zarazę ziemniaka (*Phytophthora infestans*) – fot. 2. Według producenta odporność ta nie jest całkowita, ale wyraźna na tyle, że pozwala na ograniczenie zabiegów ochronnych w ciągu wegetacji o połowę [<http://www.innatepotatoes.com/2015/01/14/potato-possible-carcinogenic/>]. Warto podkreślić, że inne ważne cechy, takie chociażby jak plonowanie, nie zostały zmienione pod wpływem wprowadzonych modyfikacji genetycznych.



Fot. 2. Druga generacja ziemniaków Innate o podwyższonej odporności na zarazę ziemniaka (<http://www.innatepotatoes.com/newsroom/j.r.-simplots-doug-cole-talks-white-russet-potatoes-and-innate-technology>)

Pierwsza generacja ziemniaków Innate wyróżnia się obniżoną zawartością akrylamidu po wysmażeniu oraz zmniejszoną podatnością na plamistość poudarzeniową. Od początku 2017 r., po akceptacji Agencji Ochrony Środowiska USA (The Environmental Protection Agency – EPA) oraz FDA, trzy odmiany drugiej generacji: Russet Burbank, Ranger Russet i Atlantic mogą być sprzedawane i uprawiane na terenie Stanów Zjednoczonych. Druga generacja ziemniaków Innate, oprócz cech uzyskanych w pierwszej generacji, ma także mniejszą zawartość cukrów redukujących i podwyższoną odporność na zarazę ziemniaka. Obecnie trwają prace nad trzecią generacją odmian Innate – o wysokiej odporności na wirus Y ziemniaka [<http://www.innatepotatoes.com/newsroom>].

Odkrycie związane z obecnością akrylamidu w produktach żywnościowych oraz wykazanie jego kancerogennego wpływu na zdrowie ludzi było przełomem w naukach o żywieniu. Poziom wiedzy i świadomość konsumentów na temat zagrożeń, jakie niesie ten związek, ciągle rośnie. Promowanie w ostatnich latach bezpieczeństwa żywnościowego sprzyja wykorzystaniu nowych rozwiązań w spożywczych procesach technologicznych w praktyce oraz rozwojowi biotechnologii żywności. Poza tym poznanie czynników odpowiedzialnych za kształtowanie zawartości akrylamidu w gotowym produkcie pozwoliło na opracowanie właściwej technologii uprawy i przechowywania ziemniaków.

Seria odmian Innate jest bez wątpienia ciekawym rozwiązaniem i przełomem w nowoczesnej hodowli roślin. Wcześniejsze próby wprowadzenia ziemniaków modyfikowanych genetycznie do powszechnej uprawy nie przyniosły oczekiwanych rezultatów. Odmiana niemieckiego koncernu BASF Amflora, charakteryzująca się zmienionym składem skrobi (Ryffel, 2010), mimo akceptacji Komisji Europejskiej nie znalazła uznania plantatorów ziemniaka. W związku z tym w 2012 r. wyrokiem Europejskiego Trybunału Sprawiedliwości decyzja KE o wprowadzeniu odmiany została unieważniona, a Amflora wycofana z europejskiego rynku.

Technologia Innate ulepszyła te cechy, które z punktu widzenia rolników i przetwórców ziemniaków były niemożliwe do całkowitego wyeliminowania w warunkach uprawy czy procesie produkcyjnym. Poza tym wspomniana transformacja genów w obrębie blisko spokrewnionych gatunków również jest korzystniejsza marketingowo – przecież konwencjonalna hodowla roślin też wykorzystuje dzikie gatunki ziemniaka jako źródła odporności na choroby. Cis-geneza jest przyspieszeniem tego, co – przynajmniej teoretycznie – jest możliwe w tradycyjnej hodowli.

Wydaje się, że opracowanie dwóch generacji odmian ziemniaka, na cele frytkowe, według technologii Innate to niebywały sukces w nowoczesnej biotechnologii. Próba wprowadzenia ich na rynek europejski była-

by szansą na skuteczne wyeliminowanie związków kancerogennych z popularnych produktów żywnościowych.

Literatura

- Chico Galdo V., Massart C., Jin L., Vanvooren V., Caillet-Fauquet P., Andry G., Lothaire P., Dequanter D., Friedman M., Van Sande J. 2006.** Acrylamide, an in vivo thyroid carcinogenic agent, induces DNA damage in rat thyroid cell lines and primary cultures. – *Mol. Cell. Endocrinol.* 257-258: 6-14;
- Dybing E., Farmer P. B., Andersen M., Fennell T. R., Lalljie S. P. D., Müller D. J. G., Olin S., Petersen B. J., Schlatter J., Scholz G., Scimeca J. A., Slimani N., Törnqvist M., Tuijelaars S., Verger P. 2005.** Human exposure and internal dose assessments of acrylamide in food. – *Food Chem. Toxicol.* 43: 365-410;
- Elmore J. S., Mottram D.S., Muttucumaru N., Dodson A. T., Parry M. A., Halford N. G. 2007.** Changes in free amino acids and sugars in potatoes due to sulfate fertilization and the effect on acrylamide formation. – *J. Agric. Food Chem.* 55: 5363-5366;
- FDA 2004.** Exploratory Data on Acrylamide in Food FY 2003 Total Diet Study Results. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydat2.html> and Exploratory Data on Acrylamide in Food (data through November 15, 2002, data through February 7, 2003 and data through October 1, 2003) <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydata.html>;
- Galecińska I., Mojska H., Walecka K. 2009.** Ocena wpływu różnych rodzajów obróbki termicznej na zawartość akrylamidu we frytkach ziemniaczanych. – *Rocz. PZH* 60, 2: 121-124;
- Grudzińska M., Zgórska K. 2008.** Wpływ zawartości cukrów w bulwach ziemniaka na barwę chipsów. – *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 5(60): 107-115;
- Kita A., Lisińska G. 2007.** Ocena składu chemicznego i jakości organoleptycznej mrożonych produktów ziemniaczanych pochodzących z sieci handlowej. – *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 3(52): 15-27;
- Kuilman M., Wilms L. 2007.** Safety of the enzyme asparaginase, a means of reduction of acrylamide in food. – *Toxicol. Lett.* 172: 196-197;
- Leszczyński W. 2000.** Jakość ziemniaka konsumpcyjnego. – *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. Supl.* 4(25): 5-27;
- Michalak J., Gujska E., Klepacka J. 2011.** The effect of domestic preparation of same potato products on acrylamide content. – *Plant Food Hum. Nutr.* 66(4): 307-312;
- Michalska A., Zieliński H. 2007.** Produkty reakcji Maillarda w żywności. – *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2(51): 5-16;
- Mottram D. S., Wedzicha B. L., Dodson A. T. 2002.** Food chemistry: acrylamide is formed in the Maillard reaction. – *Nature* 419: 448-449;
- Mustafa A., Kamal-Eldin A., Petersson E. V., Andersson R., Aman P. 2008.** Effect of extraction pH on acrylamide content in fresh and stored rye crisp bread. – *J. Food Comp. Anal.* 21: 351-355;
- Muttucumaru N., Halford N. G., Elmore J. S., Dodson A. T., Parry M., Shewry P. R., Mottram D. S. 2006.** The formation of high levels of acrylamide during the processing of flour derived from sulfate-deprived wheat. – *J. Agric. Food Chem.* 54: 8951-8955;
- Nourian F., Ramaswamy H. S., Kushalappa A. C. 2003.** Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. – *Lebensm.-Wiss. Technol.* 36: 49-65;
- Poland – Fresh Potatoes and Products. Annual 2015.** USDA Foreign Agricultural Service;
- Raport BGŻ BNP PARIBAS. 2015.** Polacy zmieniają swoje nawyki żywieniowe. Agrokonferencja. Warszawa, 18.11.2015;
- Rogozińska I., Wojdyła T., Pińska M. 1996.** Wpływ zróżnicowanych bezpośrednich i pośrednich czynników środowiskowych na zawartość węglowodanów w bulwie ziemniaka jadalnego. [W:] *Ziemniak jako surowiec do przetwórstwa spożywczego.* Konf. Bonin, 28-29.05.1996: Inst. Ziemn. Bonin: 54-60;
- Romani S., Bacchiocca M., Rocculi P., Dalla R. M. 2008.** Effect of frying time on acrylamide content and quality aspects of French fries. – *Eur. Food Res. Technol.* 226: 555-560;
- Ryffel G. U. 2010.** Making the most of GM potatoes. – *Nature Biotech.* 28(4): 318;
- Sanganyado E., Parekh C. T., Eriksson S. 2011.** Analysis of acrylamide in traditional foodstuffs in Zimbabwe. – *Afr. J. Food Sci.* 5(17): 910-913;
- Tajner-Czopek A., Kita A., Lisińska G. 2008.** Zawartość akrylamidu we frytkach w zależności od temperatury i czasu smażenia. – *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 530: 371-379;
- Tajner-Czopek A., Kita A., Lisińska G., Pękasa A., Rytel E. 2010.** Zawartość akrylamidu we frytkach sporządzonych z różnych odmian ziemniaka. – *Biul. IHAR* 257/258: 237-244;
- Tajner-Czopek A. 2011.** Wpływ zabiegów technologicznych na właściwości frytek ziemniaczanych i zawartość akrylamidu. Wyd. UP Wroc.;
- Wilde T., Meulenaer B., Mestdagh F., Govaert Y., Ooghe W., Fraselle S., Demeulemeester K., Peteghem C., Calus A., Degroodt J. M., Verhé R. 2006.** Selection criteria for potato tubers to minimize acrylamide formation during frying. – *J. Agric. Food Chem.* 53: 6550-6557;
- VangHendriksen H., Stringer M., Ernst S., Held-Hansen P., Schafermayer R., Corrigan P. 2006.** Novozymes A/S/ Procter and Gamble Inc., Patent No. WOO6053563;
- Zgórska K. 2010.** Jakość frytek wyprodukowanych w warunkach przemysłowych i domowych. – *Ziemn. Pol.* 1: 1-6;
- Zgórska K. 2012.** Ziemniak – surowiec do produkcji żywności wygodnej i minimalnie przetworzonej. [W:] *Produkcja i rynek ziemniaka.* Red. nauk. J. Chotkowski. Wyd. Wieś

Jutra: 324-333; 29. Zyzak D. V., Sanders R. A., Stojanovic M., Tallmadge D. H., Eberhart B. L., Ewald D. K., Gruber D. C., Morsch T. R., Strothers M. A., Rizzi G. P., Villagran M. D. 2003. Acrylamide Formation Mechanism in Heated Foods. – J. Agric. Food Chem. 51(16): 4782-4787

Źródła internetowe:

[http:// www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydata.htm](http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydata.htm) dostęp 04.04.2017

<http://www.innatepotatoes.com> dostęp: 07.05.2017

<http://www.innatepotatoes.com/newsroom> dostęp: 07.05.2017

<http://theplate.nationalgeographic.com/2015/01/14/potato-possible-carcinogenic/> dostęp 07.05.2017

https://www.nytimes.com/2014/11/08/business/genetically-modified-potato-from-simplot-approved-by-usda.html?_r=0 dostęp 07.05.2017

<http://www.innatepotatoes.com/newsroom/j.r.-simplots-doug-cole-talks-white-russet-potatoes-and-innate-technology-> dostęp 04.07.2017