

BOHDAN ACHREMOWICZ, AGATA WAWRZYNIAK*

Żywność zmodyfikowana genetycznie – szanse i zagrożenia

Wprowadzenie

Celem inżynierii genetycznej jest wzmocnienie dziedzicznych cech przydatności organizmów żywych dla człowieka, m.in. przez przekroczenie granic między gatunkami. W organizmach zmodyfikowanych genetycznie (GMO) własny genom został zmieniony w celu uzyskania nowych, zwykle korzystnych, cech fizjologicznych lub zmiany istniejących. Pierwsze zmodyfikowane rośliny powstały w 1973 roku, a 13 lat później przeprowadzono próby polowe obejmujące uprawę tytoniu GM. Komercyjnie GM warzywa zaczęto wytwarzać i sprzedawać w USA, były to transgeniczne, późno dojrzewające pomidory FlavrSavr. Uzyskane owoce wykazały przedłużony okres trwałości i przydatności do spożycia. Kolejnymi ważnymi produktami transgenicznymi były „złoty ryż”, który wykazuje nadprodukcję beta-karotenu, prekursora witaminy A, pszenica o podwyższonej zawartości glutenu oraz kukurydza i inne rośliny uprawne, zawierające gen Bt, zwiększający odporność na szkodniki [10, 16].

Modyfikacje genetyczne prowadzone są przy użyciu różnych technik, jak np. rekombinacja kwasów nukleinowych. Powstają wówczas nowe układy przez insercję cząstek kwasów nukleinowych wytworzonych poza organizmem. Przy użyciu nośnika, jakim może być np. wirus, plazma bakteryjna lub inny nośnik, wprowadza się je do organizmu gospodarza, w którym mogą się replikować. Inna technika polega na bezpośrednim wprowadzeniu do komórki biorcy materiału dziedzicznego, przygotowanego poza organizmem, przy zastosowaniu mikroiniekcji, makroiniekcji lub mikrokapsułkowania. Stosowane mogą być także techniki łączenia i hybrydyzacji komórek. Tworzy się wówczas żywe zmodyfikowane komórki z nową kombinacją genetycznego materiału dziedzicznego przez połączenie dwóch lub więcej komórek za pomocą metod niewystępujących naturalnie w przyrodzie. Modyfikacje genetyczne budzące najwięcej kontrowersji to przeważnie wprowadzenie genów pochodzących z innych gatunków, które nadają zmodyfikowanemu organizmowi pożądaną cechę, niewystępującą u niego naturalnie [9].

Uprawy roślin użytkowych – genetycznie zmodyfikowanych, wykorzystywanych w przemyśle spożywczym, obejmowały na świecie w 1997 r. zaledwie 3 mln ha, w 2005 r.

* Prof. dr hab. Bohdan Achremowicz, Katedra Technologii i Oceny Produktów Roślinnych, Uniwersytet Rzeszowski; dr hab. Agata Wawrzyniak, prof. SGGW, Katedra Żywienia Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

już 48 mln ha, z tego 65% upraw znajdowało się w USA. Według międzynarodowej organizacji biotechnologicznej ISAAA od 1996 do 2014 r. powierzchnia upraw zmodyfikowanych genetycznie zwiększyła się 107-krotnie z 1,7 mln ha do ponad 181,5 mln hektarów. W 2014 roku rośliny GM uprawiano w 20 krajach rozwijających się oraz 8 rozwiniętych. Największy obszar uprawy przypadał na Stany Zjednoczone 73,1 mln ha, Brazylię 42,2 mln ha, Argentynę 24,3 mln ha, Kanadę 11,6 mln ha oraz Indie 11,6 mln ha [1].

Zagrożenia związane z GMO

Genetycznie zmodyfikowane mikroorganizmy (w bezpiecznych warunkach), a także prace badawcze nad niektórymi roślinami i zwierzętami, mające uzasadnienie gospodarcze i naukowe, nie budzą większych sprzeciwów, ale już uprawy polowe zmodyfikowanych roślin wywołały zasadnicze zastrzeżenia. Wątpliwości dotyczą bezpieczeństwa uzyskanej tą drogą żywności i pasz oraz zagrożeń dla środowiska naturalnego. Niepokojąca jest także szeroka ekspansja rynkowa międzynarodowych korporacji agrotechnicznych i ich praktyki monopolowe. Przeciwnicy uważają, że plenność nie jest wyższa, a ceny nie są niższe niż tradycyjnych z powodu opłat licencyjnych [12]. Natomiast korzyści ekologiczne z upraw GM w redukcji toksycznych pestycydów na rzecz glifosatu, oraz rezygnacji z głębokiej orki stosowanej do zwalczania chwastów nie są trwałe z uwagi na zagrożenia „superchwastami” opornymi na glifosat oraz możliwość pojawienia się szkodników wykazujących oporność na toksynę Bt. [17]. Problem stanowić może także zagrożenie wynikające ze spożycia żywności i pasz otrzymanych z surowców GM. Obawy mogą budzić także alergie powodowane cząsteczkami RNA, powstałymi w roślinie jako produkt uboczny transgenezy. Kwestionowane są badania prowadzone przez producentów oraz aprobaty wydawane przez FDA na produkty GM bez testów toksykologicznych koniecznych w przypadku dodatków do żywności [19].

Wprowadzenie do roślin, jako markera, genu antybiotykooporności może grozić rozprzestrzenieniem się tej cechy na patogeny jelitowe czy wywołać aktywację genów ludzkich. Obawy budzą efekty biologiczne wynikające z transferu pomocniczych sekwencji DNA zawartych w wektorze, a towarzyszące obcemu transgenowi. Zastrzeżenia wzbudza również fakt, że nie prowadzi się badań nad wpływem żywności zawierającej GMO na zdrowie konsumentów. W USA nie prowadzi się ich, ponieważ żywność pochodząca z organizmów GM nie jest tam znakowana [27].

W badaniach publikowanych w literaturze naukowej wykazano niekorzystny wpływ żywności i pasz GMO na organizm człowieka oraz zwierząt. W badaniach jednopokoleniowych wykazano np. zmiany w ekspresji genów oraz zmiany w strukturze i działaniu trzustki oraz wątroby u gryzoni karmionych genetycznie zmodyfikowaną soją [13-15]. Ponadto w badaniach żywieniowych na zwierzętach modelowych (myszy, szczury, kró-

liki) karmionych paszami GM (badania długoterminowe, jednopokoleniowe) wykazano istotne powiększenie masy jelit ślepych, jak też wyższą aktywność enzymatyczną w obrębie tych jelit [6] oraz zmiany w produkcji enzymów wątrobowych czy też przyspieszoną przemianę materii [26]. Stwierdzono także istotnie wyższy poziom hemoglobiny w krwinkach czerwonych i istotną statystycznie różnicę w procentowej zawartości limfocytów we krwi, jak też wyższy poziom immunoglobulin IgG u szczurów otrzymujących diety z 10% dodatkiem suszu z ziemniaków transgenicznym [11]. Doniesienia wykazujące negatywne efekty spożywania pasz GM są wciąż jednak nieliczne, są niedoceniane i często poddawane krytyce przez zarzucanie badaczom stosowania nieadekwatnych prób kontrolnych, wykorzystanie nieokreślonego i niereproduktywnego materiału biologicznego, wnioskowania na podstawie niewiarygodnej statystyki itp.

Korzyści wynikających z uprawy GMO

W 2010 roku światowe plony kukurydzy były o 31 mln ton, a soi o 14 mln ton wyższe, niż byłyby bez GMO, co przełożyło się na zyski rolników, głównie z krajów rozwijających się, które wzrosły o kolejne 14 mld dol., a od 1996 roku zwiększyły się o 78 mld dol., gdyż rośliny GM szybciej dojrzewają i mają lepszą jakość przetwórczą. Innymi efektami w produkcji rolniczej GMO są oszczędność paliwa, czasu i maszyn, a także lepsze zdrowie rolników i bezpieczeństwo na farmach. W ochronie roślin zużywa się o 435 mln kg mniej pestycydów. Przy pracach polowych spala się mniejsze ilości paliwa, ponieważ farmy są bardziej wydajne, co ogranicza emisję dwutlenku węgla do środowiska. Tolerujące środki chwastobójcze zmodyfikowane rośliny uprawia się na polach płytko oranych, które spryskuje się herbicydami. Umożliwia to większą akumulację dwutlenku węgla w glebie, ponieważ orka uwalnia dwutlenek węgla, w efekcie czego zachodzi proces tzw. oddychania gleby. Uprawy GMO w 2010 r. miały wpływ na emisję dwutlenku węgla równy likwidacji w transporcie drogowym 8,6 mln samochodów [24].

Na rynku konsumenta dostępne są coraz liczniej produkty potwierdzające znaczenie gospodarcze agrobiotechnologii: żywność i pasze zawierające lub powstałe z udziałem GMO; biomateriały, jak bawełna GM; biofarmaceutyki (leki białkowe), jako produkty genetycznie zmodyfikowanych mikroorganizmów (GMM); liczne artykuły przemysłu spożywczego, jak sery i soki, w których wytworzeniu wykorzystano enzymy produkowane z zastosowaniem GMM. Poza tym obserwujemy na rynku znaczącą grupę produktów charakteryzowanych jako niezwiązane z inżynierią genetyczną, np. wiele kosmetyków opisywanych jest jako „produkty nowoczesnych technologii DNA”, natomiast w dziale żywności są liczne produkty opisane jako „wolne od GMO”, głównie w ramach produktów określanych jako „ekologiczne” i „naturalne” [21].

Aktualną postawę rolników określa wystąpienie, w którym Polski Związek Producentów Roślin Zbożowych zwraca uwagę na złą obecnie sytuację na rynku zbóż. W paź-

dzienniku 2015 roku skierował postulat do ministra rolnictwa, w którym opowiada się za wprowadzeniem uprawy kukurydzy GM w kraju [20].

Obawy związane z żywnością zmodyfikowaną genetycznie

Produkty genetycznie zmodyfikowane mogą stanowić zagrożenie żywieniowe związane ze zmniejszeniem wartości odżywczej, strawności oraz biodostępności składników. Wzrost produkcji i podaży na rynki takiej żywności i pasz zwraca uwagę na konieczność kontroli bezpieczeństwa żywnościowego. Należy jednak podkreślić, iż codziennie z pokarmem spożywamy od 0,1 do 1 g obcego DNA trawionego przez nukleazy w organizmie ludzi i zwierząt, a białka, produkty genów trawione są do aminokwasów [7]. Jednakże obawy konsumentów budzi nieznany, odległy wpływ równoczesnego spożywania wielu produktów GM na zdrowie, obciążenie ryzykiem alergii i spadku odporności (szczególnie u dzieci) w wyniku spożycia diety zawierającej taką żywność.

W opinii największych światowych organizacji i urzędów (WHO, Komisji Europejskiej, EFSA, Międzynarodowej Rady Nauki) organizmy z wprowadzonym obcym DNA nie stanowią zagrożenia dla zdrowia zwierząt i człowieka [3, 5, 28]. W opracowaniu „A decade of EU-funded GMO research” [3] podsumowującym wyniki 130 projektów badawczych prowadzonych w latach 2001-2010 nad bezpieczeństwem produktów GM dla środowiska i dla zdrowia zwierząt i ludzi nie opublikowano naukowych dowodów, iż GM organizmy stanowią większe ryzyko dla środowiska lub dla bezpieczeństwa w żywieniu ludzi i zwierząt niż konwencjonalne rośliny. Projekty te otrzymały dofinansowanie w kwocie 200 mln euro z UE i stanowiły część 25-letniego wysiłku badań nad GMO [3, 4]. Potwierdzają ten fakt także obszernie badania polskie prowadzone na różnych gatunkach zwierząt (5 pokoleniach szczurów laboratoryjnych, kurczętach i świniami rzeźnych, lochach i prosiętach, kurach nioskach, cielętach i krowach mlecznych) żywionych dietami zawierającymi śrutę sojową Roundup Ready i kukurydzę GM MON 810, a wykonane m.in. przez renomowane ośrodki badawcze w Krakowie i Puławach [22, 23].

W badania tych nie stwierdzono negatywnego wpływu spożycia badanych pasz GM (soi RR i kukurydzy MON 810) na wskaźniki reprodukcyjne w kolejnych 4 pokoleniach szczurów (w tym na ilość skutecznych pokryć, liczbę młodych przy urodzeniu, liczbę odchowanych młodych i masę odsadków w 5. tygodniu życia, masę ciała samic przed pokryciem i po odsadzeniu młodych), choć podkreślić trzeba, iż w pokoleniu F4 w grupie żywionej z dodatkiem tradycyjnej kukurydzy i zmodyfikowanej genetycznie soi stwierdzono istotnie wyższą masę ciała szczurów przy urodzeniu, a w pokoleniu F5 w grupie żywionej z dodatkiem transgenicznej soi i transgenicznej kukurydzy stwierdzono wyższą średnią masę ciała szczurów przy urodzeniu i mniejszą liczebność miotów. Ponadto nie stwierdzono wpływu spożycia śruty sojowej Roundup Ready i kukurydzy GM MON 810 na wskaźniki wzrostowe szczurów (tj. na kontrolę spożycia paszy oraz przyrosty masy

ciała w okresie od 6. do 22. tygodnia życia zwierząt), jak też na parametry charakteryzujące status metaboliczny i zdrowotny zwierząt (tj. na parametry biochemiczne i hematologiczne krwi, względną masę wybranych narządów wewnętrznych, na cechy morfologiczne oraz ocenę histopatologiczną narządów wewnętrznych). Podkreślić należy także, iż w badaniach tych nie odnotowano różnic istotnych statystycznie w zawartości immunoglobulin IgA, IgD, IgE i IgG i IgM w surowicy szczurów żywionych paszami z dodatkiem lub bez GMO w kolejnych pokoleniach. Ponadto, co jest niezwykle ważne, brak obecności transgenicznego DNA w narządach wewnętrznych, krwi, tkance mięśniowej i kale szczurów może świadczyć, wg badaczy, o wysokiej efektywności jego trawienia oraz braku pasażu wykrywalnych fragmentów transgenów do organizmu zwierząt [21]. W badaniach wykonanych na zwierzętach hodowlanych, żywionych dietami zawierającymi śrutę sojową Roundup Ready i kukurydzę GM MON 810, podobnie nie stwierdzono ich negatywnego wpływu na status metaboliczny i zdrowotny zwierząt, w tym wpływu na efektywność odpowiedzi immunologicznej po szczepieniach profilaktycznych przeciw schorzeniom drobiu, świń i bydła występującym w Polsce, transgenicznego DNA w przewodzie pokarmowym, po przejściu żołądka właściwego i dwunastnicy, transgenicznego DNA w narządach wewnętrznych, we krwi, tkance mięśniowej zwierząt, mleku i jajach kur niosek. Nie wykazano także obecności transgenicznego DNA w mikroorganizmach symbiotycznych przewodu pokarmowego i odchodach zwierząt wydalanych do środowiska glebowego, jak też nie stwierdzono reakcji alergicznych u zwierząt na białko pasz zmodyfikowanych genetycznie i wpływu transgenicznego DNA na skład chemiczny obu pasz (przy braku różnic w składzie chemicznym pasz tradycyjnych i zmodyfikowanych genetycznie), co wskazuje na ich równoważność pokarmową w żywieniu zwierząt. Nie wykazano także wpływu pasz GM na produktywność zwierząt, przyrosty masy ciała, wydajność mleczną, nieśność kur i jakość tkanki mięśniowej (mięsa). Podsumowując, badacze stwierdzili, iż badane pasze GM są równoważne pod względem wartości pokarmowej i nie zagrażają produkcji zwierzęcej oraz zdrowiu zwierząt [23].

Obecnie jednak brak jest nadal danych dotyczących długofalowego oddziaływania GMO na organizm kolejnych pokoleń zwierząt i obserwacji z udziałem ludzi, w tym grup ryzyka, np. z obniżonym stanem odporności, co jest niezmiernie istotne, gdyż np. w badaniach wykonanych wśród pacjentów z wykonaną ileostomią, badacze u osób po ileostomii stwierdzili w treści jelita cienkiego do 3,7% transgenicznego DNA [18], co może być wskazaniem do kontynuowania tego typu badań w przyszłości.

Opinie Polaków nt. GMO

W badaniach przeprowadzonych przez TNS Pentor w 2012 roku [25] w celu poznania poziomu wiedzy Polaków o GMO, jedynie 3,3% z 1005 zapytanych Polaków powyżej 15. roku życia umiało całkowicie poprawnie stwierdzić, co oznacza skrót GMO, przy

braku narzuconej respondentowi listy odpowiedzi, a 65,9% odpowiedziało „nie wiem”. Ponadto wśród badanych tylko nieco ponad połowa respondentów zadeklarowała wcześniejszy kontakt z pojęciem organizmów genetycznie zmodyfikowanych (51,9%), a 3,8% badanych zawsze lub 12,3% czasami sprawdzało, robiąc zakupy, czy produkt zawiera składniki powstałe w wyniku modyfikacji genetycznych.

W badaniach CBOS wykonanych w analogicznym okresie [2] wśród 1135 dorosłych mieszkańców Polski, aż 54% badanych oświadczyło, iż nigdy nie zetknęło się na polskim rynku z produktami zawierającymi organizmy zmodyfikowane genetycznie (najczęściej byli to rolnicy i emeryci), choć aż 65% uważało, że w Polsce powinno się zakazać uprawy roślin zmodyfikowanych genetycznie, w tym 2/3 z tych osób wybierało opcję „zdecydowanie”. Przeciwnicy zakazu stanowili zaledwie nieco ponad 1/5 badanych (22%). Należy też podkreślić, iż 49% respondentów deklarowało, iż bez jakiegokolwiek wątpliwości wybrałoby jednoznacznie w trakcie zakupu produkt niezmodyfikowany genetycznie i niezawierający organizmów zmodyfikowanych genetycznie (GMO), mimo iż byłby znacznie droższy. I chociaż większość Polaków uznaje GMO za osiągnięcie nauki i ludzkiego rozumu (66%), to jednocześnie w opinii Polaków uprawa roślin GM to groźba pojawienia się u ludzi nowych chorób i alergii (76%), ryzyko nasilenia występowania różnych chorób (71%), a nawet niekontrolowane zmiany genetyczne u człowieka (67%). Większość badanych wyrażała też opinię, iż jest to niebezpieczna ingerencja w przyrodę (71%) i niedopuszczalna ingerencja w porządek ustalony przez Boga (47%), jak też ryzyko opanowania rynku przez międzynarodowe koncerny (71%), związane z uprawą roślin zmodyfikowanych genetycznie. Tylko 41% respondentów miało zdanie, iż uprawy te mogą powodować niższe ceny żywności czy być szansą na zlikwidowanie głodu i niedostatku, gdy ponad połowa (52%) przychyliła się do opinii, że uprawy GMO mogą spowodować pogłębianie się różnic materialnych pomiędzy ludźmi i krajami [2]. Natomiast w badaniu TNS Pentor [25] większość ankietowanych deklarowała, że użyłaby leku na bazie GMO w celu ratowania własnego życia (66,8%).

Większość badanych (ponad 90%) przychyliła się do zdania, iż organizmy zmodyfikowane genetycznie, jak i produkty ze zwierząt karmionych paszą zawierającą organizmy zmodyfikowane genetycznie (GMO), powinny być odpowiednio oznakowane, a opinia ta dominowała we wszystkich grupach społeczno-demograficznych [2].

Podsumowanie

Wykorzystanie organizmów zmodyfikowanych genetycznie w rolnictwie umożliwia obecnie m.in. zwiększenie produktywności przy prostszej agrotechnice, poprawę odporności roślin GM na zachwaszczenie i pasożyty, ograniczenie zużycia środków chemicznych, zwiększenie zawartości składników odżywczych w uzyskanych produktach. Znacznie większe korzyści wynikają z zastosowania GMO w medycynie i farmacji. Produ-

kowane są antybiotyki i szczepionki, takie jak insulina, hormon wzrostu, antrombina (czynnik krzepnięcia krwi), antytrypsyna (leczy rozedmę), erytropoetyna (na anemię), interleukiny (wzmacniają odporność). Pomimo wymienionych korzyści organizmy te budzą wciąż wiele obaw i kontrowersji. Zaniepokojenie budzi zaburzenie równowagi w-przyrodzie poprzez rezygnację z upraw różnych gatunków roślin, zanieczyszczenie upraw konwencjonalnych uprawami GM, powstawanie „superchwastów” odpornych na środki chemiczne czy też uodpornienie szkodników na pestycydy. Konsumentom czują się zagrożeni niewyjaśnioną kwestią alergenicności tych produktów i wpływu spożycia na odporność organizmów (szczególnie u dzieci), w tym także na antybiotyki. Nieznane są jeszcze skutki odległe spożycia żywności GM, jak też efekt równoczesnego spożywania wielu takich produktów.

Dopóki tak wiele sprzeczności i niejasności towarzyszy zwłaszcza kwestii upraw GM oraz żywności wytworzonej ze zmodyfikowanych odmian, wydaje się, że w sferze legislacji należy bezwzględnie kierować się zasadą przezorności (*precautionary principle*) [12] przy kontynuowaniu niezależnych badań w tym obszarze i starannym ewidencjonowaniu gospodarczych, zdrowotnych i społecznych szans i zagrożeń.

Artykuł oparty jest na treści wykładów wygłoszonych na konferencji „Żywność zmodyfikowana genetycznie – wady i zalety” zorganizowanej 16 listopada 2015 r. przez Komitet Nauk o Żywności Człowieka oraz Komitet Nauk o Żywności PAN [8].

Literatura

- [1] Aldemida R., Reano I., Solis R., Hautea R. (2015). *Trends in global approvals of biotech crops (1992-2014)*. GM Crops & Food: Biotechnology in Agriculture and the Food Chain 6: 150-166. DOI: 10. 1080/21645698.2015.1056972
- [2] CBOS (2013). *Polacy o bezpieczeństwie żywności i GMO*. http://www.cbos.pl/SPISKOM.POL/2013/K_002
- [3] European Commission. *A decade of EU-funded GMO research (2001-2010)*. http://ec.europa.eu/research/biosociety/pdf/a_decade_of_eufunded_gmo_research.pdf
- [4] European Commission. *Safety of Genetically Modified Organisms (1985-2000)*. <http://ec.europa.eu/research/quality-of-life/gmo/>
- [5] International Council for Science. *New Genetics, Food and Agriculture: Scientific Discoveries – Societal Dilemmas*. http://www.icsu.org/publications/reports-and-reviews/new-genetics-food-and-agriculture-scientific-discoveries-societal-dilemmas-2003/ICSU_GMO_report_May_2003.pdf
- [6] Juśkiewicz J., Zduńczyk Z., Fornal J. (2005). *Nutritional properties of tubers of conventionally bred and transgenic lines of potato resistant to necrotic strain of Potato virus Y (PVYN)*. Acta Bioch. Pol. 52: 725-729.
- [7] Klotz A., Mayer J., Einspanier R. (2002). *Degradation and possible carry over of feed DNA monitored in pigs and poultry*. Eur. Food Res. Technol. 214: 271-275.
- [8] Komitet Nauk o Żywności PAN. <http://www.knoz.pan.pl/index.php/pl/aktualnoci-i-wydarzenia/zorganizowane-konferencje>.

- [9] Kononowicz A.K. *Nie ma dowodów na szkodliwość GMO*. Gmo.org.pl/2015/nie-ma-dowodu-na-szkodliwosc-gmo
- [10] Kosicka-Gębska M., Gębski J. (2009). *Oczekiwania i obawy związane z wprowadzeniem do obrotu produktów i żywności pochodzących z modyfikacji genetycznych*. Zeszyty Naukowe SGGW. Problemy Rolnictwa Światowego. 09: 65-76.
- [11] Kosieradzka I., Sawosz E., Szopa J., Bielecki W. (2008). *Potato genetically modified by 14-3-3 protein repression in growing rat diets. Part 2: Health status of experimental animals*. Pol. J. Food Nutr. Sci. 58: 377-382.
- [12] Lisowska K., Chorąży M. (2010). *Genetycznie modyfikowane uprawy – przegląd zagrożeń*. Nauka 4: 127-136.
- [13] Malatesta M., Biggiogera M., Manuali E. et al. (2003). *Fine structural analyses of pancreatic acinar cell nuclei from mice fed on genetically modified soybean*. Eur. J. Histochem. 47: 385-388.
- [14] Malatesta M., Tiberi C., Baldeli B. et al. (2005). *Reversibility of hepatocyte nuclear modifications in mice fed on genetically modified soybean*. Eur. J. Histochem. 49: 237-242.
- [15] Malatesta M., Boraldi F., Annovi G. et al. (2008). *A long-term study on female mice fed on a genetically modified soybean: effects on liver ageing*. Histochem. Cell Biol. 130: 967-977.
- [16] Mickiewicz A., Twardowski T., Figlerowicz M. (2006). *GMO – zyski i straty*. Biotechnologia. 3 (74): 145-153.
- [17] National Research Council. (2010). *The impact of genetically engineered crops on farm sustainability in United States*. Washington, DC: The National Academy Press.
- [18] Netherwood T., Martin-Orue S.M., O'Donnell A.G. (2004). *Assessing the survival of transgenic plant DNA in the human gastrointestinal tract*. Nat. Biotechnol. 22: 204-209.
- [19] Nordlee J.A., Taylor S.L., Townsed J.A. et al. (1996). *Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans*. N. Engl. J. Med. 334: 688-692.
- [20] Polski Związek Producentów Roślin Zbożowych. *Stanowisko ws. zakazu stosowania materiału siewnego kukurydzy MON 810 z dnia 28.05.2015 r.* <http://www.pzprz.pl>
- [21] Sowa S., Twardowski T., Zimny J. (2015). *Biogospodarka, biotechnologia i nowe techniki inżynierii genetycznej*. Nauka 4: 137-143.
- [22] Szymczyk B., Szczurek W., Świątkiewicz S. (2013). *Wielopokoleniowe skutki stosowania pasz GMO w żywieniu zwierząt*. Pasze Przemysłowe 1: 112.
- [23] Świątkiewicz S., Szymczyk B., Świątkiewicz M. et al. (2012). *Rezultaty krajowych badań nad bezpieczeństwem pasz genetycznie zmodyfikowanych w żywieniu zwierząt gospodarskich*. Pasze Przemysłowe 1: 15-24.
- [24] Święcicki W., Surma M., Kozłara W. et al. (2011). *Nowoczesne technologie w produkcji roślinnej – przyjazne dla człowieka i środowiska*. Polish J. Agron. 7: 102-112.
- [25] TNS PENTOR. (2012). *Polacy wobec GMO*. http://www.kopernik.org.pl/fileadmin/user_upload/PROJEKTY_SPECJALNE/Archiwum_projektow/Genesis/raport_-_GMO.pdf
- [26] Tudisco R., Lombardi P., Bovera F. et al. (2006). *Genetically modified soya bean in rabbit feeding: detection of DNA fragments and evaluation of metabolic effects by enzymatic analysis*. Anim. Sci. 82, 193-199.
- [27] Tudisco R., Mastellone V., Cutrignelli M.I. et al. (2010). *Fat of transgenic DNA and evaluation of metabolic effects in goats fed genetically modified soybean and in their offspring*. Animal. DOI: 10.1017/S1751731110000728
- [28] World Health Organization. *Food safety*. <http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/20questions/en/>

Genetically modified food – opportunities and threats

Genetically modified organisms are increasingly used in various fields of human activity. The examples of benefits arising from their use particularly in biotechnology, cultivation, and breeding have been shown. However, the risks associated with modifications of plants and animals intended for use in food and feed raise public concerns. The paper discusses the risks and opportunities for agriculture posed by genetically modified food. There is a need for further studies to clarify the impact of GMOs on the environment and impact on living organisms, especially in long-term diets.

Key words: GMO, food, opportunities, threats

