

zafunkcjonował prawidłowo i spełnił swoje zadanie poprzez stabilizację rynku i wzrost cen. Poprawa efektywności ekonomicznej produkcji mleka spowodowała bardzo duży wzrost skupu, który w bardzo krótkim czasie pozwolił wykorzystać przyznany Polsce limit produkcyjny. Pozytywne efekty, jakie pojawiły się na tym rynku dotychczas, były wynikiem pośredniego wpływu mechanizmów kwotowania produkcji, funkcjonujących w pozostałych krajach UE. Dopiero od roku kwoto-

wego 2006/2007, będzie można ocenić wpływ polskiego systemu kwotowania na rodzimy rynek mleka. Ponadto system kwotowania produkcji mleka spowodował przyspieszenie zmian w grupie gospodarstw produkujących mleko. W ciągu 2 lat jego funkcjonowania liczba dostawców hurtowych zmniejszyła się o około 60 tys., a średnia wielkość kwoty posiadanej przez jednego producenta wzrosła o ponad 8 tys. kg.

Zootechniczne aspekty zastosowania GMO w rolnictwie

Józef Bieniek

AR w Krakowie

Problematyka stosowania GMO w rolnictwie, hodowli i produkcji żywności

Pod pojęciem organizmów zmodyfikowanych genetycznie (GMO) rozumie się organizmy, do genomu których, w drodze manipulacji genetycznych, wprowadzono geny wyposażające te organizmy w nowe, wcześniej u nich nie występujące, właściwości. Od samego początku GMO budzą wielkie emocje i wywołują kontrowersje, napotykać na mniej lub bardziej zdecydowany sprzeciw opinii społecznej. Jak w każdej kontrowersyjnej sprawie, którą chce się zainteresować szerokie kręgi społeczne, zagadnienie przedstawia się w dużym uproszczeniu, konkludując je jednoznacznie, czytelnie dla przeciętnego odbiorcy wnioskiem, nie wnikając głębiej w istotę problemu. W istocie rzeczy sprawa nie jest tak prosta i jednoznaczna, jakby mogło wynikać z różnego rodzaju rewelacji. Często pojawiają się doniesienia o wytworzeniu w drodze manipulacji genetycznych zupełnie egzotycznych i budzących grozę konstruktów genetycznych, nie mających jednak żadnego znaczenia praktycznego. Mimo tych wzmiankowanych wcześniej zastrzeżeń systematycznie powiększa się obszar uprawy roślin zmodyfikowanych genetycznie (GMO). Aby przybliżyć skalę zastosowań, w zamieszczonej tabeli wymieniono kraje, w których na szeroką skalę uprawia się cztery najważniejsze gatunki roślin zmodyfikowanych genetycznie.

W roku 2005 światowa powierzchnia upraw roślin zmodyfikowanych genetycznie wynosiła 90 milionów hektarów. Oznacza to przyrost o 9 mln ha w stosunku do roku 2004. Powierzchnia uprawy soi w 2005 roku wyniosła 54,4 mln ha (poprzedni rok 48,4 mln ha); kukurydzy 21,2 mln ha (poprzed-

Tabela
Kraje, w których na szeroką skalę uprawia się cztery najważniejsze gatunki roślin zmodyfikowanych genetycznie

Kraj	Powierzchnia upraw (mln ha)	Soja	Kukurydza	Bawełna	Rzepak
USA	49,8	+	+	+	+
Argentyna	17,1	+	+	+	
Brazylia	9,4	+			
Kanada	5,8	+	+		+
Chiny	3,3			+	
Paragwaj	1,8	+			
Indie	1,3				+
RPA	0,5	+	+	+	
Urugwaj	0,3	+	+		
Australia	0,3			+	
Meksyk	0,1	+	+		
Rumunia	0,1	+			
Filipiny	0,1		+		
Hiszpania	<0,1		+		
Kolumbia	<0,1			+	ryż
Iran	<0,1				
Honduras	<0,1		+		
Portugalia	<0,1		+		
Niemcy	<0,1		+		
Francja	<0,1		+		
Czechy	<0,1		+		

ni rok 19,3 mln ha); rzepaku 4,6 mln ha (rok poprzedni 4,3 mln ha) oraz bawełny 9,8 mln ha (rok poprzedni 9,0 mln ha). Szacuje się, że w skali światowej około 8,5 miliona rolników stosuje zmodyfikowane genetycznie rośliny [12].

Zagadnienie uprawy roślin zmodyfikowanych genetycznie dotyczy w zasadzie czterech gatunków, najważniejszych z punktu widzenia wyżywienia światowej populacji ludzi i zwierząt. Ponadto, liczne doniesienia informują o prowadzeniu intensywnych prac nad wytworzeniem i wprowadzeniem do uprawy zmodyfikowanych genetycznie wielu odmian warzyw i owoców, a do hodowli komercyjnej wielu gatunków ryb. Szacuje się, że obecnie zmodyfikowanych jest około 70 gatunków roślin (drzewa owocowe, krzewy, warzywa, rośliny przyprawowe itp.), a modyfikacje genetyczne obejmują następujące właściwości (podane według malejącego udziału we wszystkich modyfikacjach): 1 – odporność na herbicydy, 2 – modyfikacja składu, 3 – odporność na owady, 4 – sterylność, 5 – odporność na wirusy, 6 – inne rodzaje odporności, 7 – różne inne, bliżej nie sprecyzowane modyfikacje.

Trzeba sobie przy tym uzmysłowić, że zastosowania modyfikacji genetycznych nie ograniczają się wyłącznie do roślin, lecz GMO, lub ich pochodne, towarzyszą człowiekowi w wielu produktach spożywczych. Dla ilustracji przytoczono poniżej obszerną listę produktów spożywczych, przypraw i dodatków spożywczych, zestawioną na podstawie danych niemieckiej inicjatywy konsumenckiej [21], z zastrzeżeniem, że nie rości sobie ona prawa do kompletności:

- ♦ produkty spożywcze zawierające GMO lub ich pochodne: bułki, chipsy, chipsy ziemniaczane, chleb, cola, czekolada, desery, dodatki owocowe, frytki, guma do żucia, jogurt owocowy, ketchup pomidorowy, konfitury, konserwy rybne, lemoniada, likiery, lody, łosoś, majonez, makaron, margaryna, marmolada, mieszanki piekarnicze, miód, mrożonki, napój sojowy, odżywki dziecięce, pasta pomidorowa, pieczywo (chrupkie, cukiernicze, korzenne i pierniki), piwo, płatki kukurydziane, płyny orzeźwiające, produkty gotowe, proszek do pieczenia, przecier pomidorowy, przyprawy i przyprawy ziołowe, pudding, puree ziemniaczane, ryby, sałatki delikatesowe, sery twarde, słodczyce, soki (owocowe i warzywne), sos sojowy, sosy do mięsa i sałatek, szynka, tortilla, wędliny, wino, wódka, wyroby z ciasta, zupy gotowe;

- ♦ przyprawy i dodatki zawierające GMO lub z nich wytworzone: aminokwasy, aromat waniliowy i inne aromaty, beta-karoten, białko (jaja, mleka, roślinne i sojowe), cukier, cukier gronowy i karmelowy, cysteina, dekstroza, dekstryna, drożdże i drożdże spożywcze, ekstrakt drożdżowy, fenylalanina, fruktoza, glutaminian sodu, grysik kukurydziany i sojowy, izolat sojowy, karmel, karotenoidy, kobalamina, kwas (askorbinowy, cytrynowy, glutaminowy, guanylowy, inozynowy i mlekowy), kwasy tłuszczowe, laktoflawina, lecytyna, lecytyna sojowa, leucyna, lizyna, maltoza, mączka sojowa, mąka zwykła i do panierowania, metionina, metyloceluloza, mono- i dwuglicerydy, nasiona lnu, olej (lniany, roślinny, rzepakowy, słonecznikowy, sojowy i z nasion bawełny), płatki drożdżowe, proszek serwatkowy, ryboflawina, skrobia (acetylowana, modyfikowana i natleniana), sorbit, spożywcze kwasy tłuszczowe, strukturalne białko sojowe, substancje słodzące, syrop (fruktozowy, glukozowy, maltozowy i sorbitowy), tłuszcz roślinny, tokoferol, treonina, tryptofan, witamina B₁₂, B₂, C, E, inne witaminy, wyroby z serwatki, żółtko jaja.

Wniosek wynikający z tych zestawień ująć można następująco: w sposób zupełnie niezauważalny dla przeciętnego konsumenta, GMO lub ich pochodne zadomowiły się na dobre w życiu codziennym. W związku z tym rodzi się pytanie: czy obecnie jesteśmy w stanie obyć się bez produktów spożywczych, dodatków, środków uszlachetniających itp., zawierających zmodyfikowane produkty, nieakceptowane przez dużą część ogółu?

Odpowiedź na to pytanie nie jest ani prosta, ani też jednoznaczna, wymaga bowiem dłuższego wywodu, gdyż ocena i gotowość akceptacji ryzyka związanego z GMO jest bardzo

problematiczna. Często minimalne zagrożenia klasyfikowane są jako szczególnie ryzykowne i na odwrót – wysokie ryzyko jest całkowicie ignorowane. Przykładem może być chociażby ruch drogowy, przynoszący rocznie tysiące rannych i zabitych, ale mimo to powszechnie akceptowane jest użytkowanie samochodów będących przyczyną tych zdarzeń. Z drugiej strony, minimalne chociażby zanieczyszczenie środków spożywczych prowadzi często do panikarskich reakcji. Jak wykazują badania socjologiczne, gotowość do akceptacji ryzyka związanego ze sposobem spędzania wolnego czasu, wybranym przez daną osobę, jest znacznie większa niż w stosunku do narzuconych czynników zewnętrznych, takich jak chociażby praca, czy szeroko rozumiane środowisko, którego ważnym elementem jest odżywianie się [2]. Na tej podstawie można wysnuć wniosek, że ocena ryzyka nie może być całkowicie obiektywna, lecz w dużym stopniu jest zależna od subiektywnej skali ocen. Stąd też potencjalne i rzeczywiste ryzyko powinno być nieustannie konfrontowane z rzeczywistymi korzyściami wynikającymi z wprowadzania innowacji [13].

Dobitnym przykładem może być tutaj stosowanie leków. Występujące przed laty gwałtowne protesty przeciwko lekom wytworzonym przy użyciu GMO całkowicie ucichły, ponieważ korzyści społeczne przeważały w sposób oczywisty nad ewentualnymi zagrożeniami i w związku z tym potencjalne lub domniemane ryzyko, związane z ich stosowaniem, zostało zaakceptowane. Natomiast w przypadku zmodyfikowanych genetycznie roślin, konsument – ostateczny użytkownik tych modyfikacji – nie widzi dla siebie żadnych bezpośrednich korzyści, ponieważ w dalszym ciągu korzyści te odnoszą głównie producenci, tj. rolnicy i przemysł.

Przeciwnicy stosowania GMO w rolnictwie oraz duża część opinii społecznej całkowicie ignorują fakt, że wdrażanie tych nowych, w stosunku do rolnictwa konwencjonalnego, rozwiązań korzystnie oddziałuje na środowisko. W tym miejscu należy wyraźnie powiedzieć, że nie ma jednej inżynierii genetycznej. Biorąc pod uwagę rodzaje wprowadzonych modyfikacji oraz źródło pochodzenia użytych do nich genów, jest niemożliwe, a wręcz niepoważne, pryncypialne odrzucanie, lub też zalecanie, każdej zmodyfikowanej genetycznie rośliny, ponieważ w każdym poszczególnym przypadku konieczne jest zastosowanie indywidualnych procedur badawczych. Dlatego też do wydania zgody na wprowadzenie do środowiska GMO, wypracowano regulacje prawne (w wielu krajach, w tym i w Polsce), pozwalające na indywidualną ocenę ryzyka. Regulacje te prowadzą w konsekwencji do dwóch następujących skutków:

- ♦ Jeżeli jakiś GMO z określoną właściwością jest nieszkodliwy dla człowieka i środowiska, nie oznacza to automatycznie tego samego w przypadku innych roślin z innymi zmienionymi cechami.

◆ Publikowane negatywne informacje wywołują często duże publiczne poruszenie, w związku z tym należy zauważyć, że w przypadku, kiedy wystąpią szkodliwe właściwości jednej konkretnej linii roślinnej, nie stanowi to najmniejszej podstawy do określania wszystkich GMO jako niebezpiecznych.

Prowadzenie rzeczowej i sensownej dyskusji jest możliwe tylko wtedy, gdy weźmie się pod uwagę wyżej wymienione zasady. Oczywiście mogą się pojawić pytania typu: co stanie się, gdy ryzyko związane z GMO występuje, ale nie jest jeszcze znane i dlatego nie może być ocenione? Na tak postawione pytanie nie można rzeczowo odpowiedzieć, ponieważ nigdy nie można wykluczyć występowania zagrożeń. Wprawdzie zrozumiałe są oczekiwania kryjące się w pytaniu, co do bezspornego upewnienia się o całkowitym bezpieczeństwie danego środka spożywczego, jednak z wielu względów muszą one pozostać nierozwiązane. Zaś przyjęcie tego typu argumentacji prowadziło by w konsekwencji do zaniechania wprowadzania jakichkolwiek innowacji w dowolnej dziedzinie naukowo-technicznej, bowiem jak pokazuje historia badań naukowych i wynalazków, na początku ich stosowania nie można było w pełni przewidzieć związanych z nimi zagrożeń i występującego ryzyka. Drugie pytanie, a raczej zarzut, jaki jest często formułowany, można ująć następująco: GMO jest wprowadzane tylko po to, aby zarabiać pieniądze. Takie postawienie sprawy jest niezrozumiałe, ponieważ celem każdej działalności gospodarczej (przedsiębiorczości) jest osiągnięcie zysków.

Podkreślić należy, że badania nad oceną stopnia zagrożeń wynikających z wprowadzania GMO prowadzone są wraz z badaniami towarzyszącymi, mającymi na celu możliwe wszechstronne oszacowanie potencjalnych skutków zastosowania GMO, szczególnie przy uprawie polowej w kontekście kompleksowości ekosystemów. Proponowane przez krytyków GMO moratorium, trwające aż do momentu zgromadzenia „wystarczającej ilości danych”, jest z praktycznego punktu widzenia niemożliwe do wprowadzenia, bowiem z jednej strony nikt nie może ustalić, co oznacza „wystarczająco”, z drugiej zaś doświadczenia wysadzeniowe prowadzone od 15 lat w warunkach polowych, nie dały żadnej podstawy do stwierdzenia występowania zagrożeń prowadzących do wykluczenia GMO [13, 20].

Dla konsumenta transgenicznych pokarmów roślinnych istotna jest odpowiedź na pytanie dotyczące persistencji pobranych kwasów nukleinowych w przewodzie pokarmowym, a szczególnie potencjalna możliwość przeniesienia genów odporności na florę bakteryjną. Wyniki wielu złożonych badań były negatywne i w związku z tym można przyjąć, że pobieranie z pokarmem DNA nie budzi zastrzeżeń, co nie powinno specjalnie dziwić, bowiem ludzie i zwierzęta systematycznie pobierają z pokarmem duże ilości obcego DNA. Przyjmuje się, że człowiek dziennie pobiera z pokarmem około jednego grama obcego DNA, które, podobnie jak inne składniki pokar-

mu, jest rozkładane w przewodzie pokarmowym i nie stanowi żadnego potencjalnego zagrożenia. Gdyby faktycznie bakterie i komórki ciała często pobierały DNA, wtedy te obce sekwencje (fragmenty) DNA musiałyby się znaleźć w genomach człowieka, zwierząt i bakterii. Analiza zsekwencjonowanego w całości genomu bakterii *Escherichia coli*, występującej w ludzkim przewodzie pokarmowym, nie dała żadnych przesłanek wskazujących na częste występowanie transferu genów [13].

W przypadku uprawianych roślin transgenicznych mamy do czynienia z organizmami od dawna występującymi w danym ekosystemie i rozpowszechnionymi w uprawach rolniczych, a jedyną różnicą sprowadza się do zmiany pod względem jednej cechy. Stąd też nie można oczekiwać dramatycznego ich wpływu na rozprzestrzenienie się w ekosystemie. To, jak określona roślina będzie się zachowywać, zależy w dużym stopniu od wprowadzonej właściwości i od tego czy właściwość ta daje zmodyfikowanej roślinie przewagę ekologiczną. W tym miejscu należy stwierdzić, że jak do tej pory nikt nie zgłaszał zastrzeżeń w stosunku do roślin uprawnych wytworzonych w drodze hodowli konwencjonalnej, chociaż zasadniczo tam także występuje ryzyko nieograniczonego rozprzestrzenienia się.

Zagrożenia dla ludzi

Ten obszar ryzyka ma bardzo duże znaczenie dla ludzi, jako konsumentów roślin transgenicznych lub produktów z nich wytworzonych. W tym kontekście, w odniesieniu do roślin transgenicznych, sformułować można następujące możliwe zakresy ryzyka:

- ◆ przenoszenie odporności na antybiotyki z roślin na patogene organizmy jelitowe;
- ◆ możliwa toksyczność produktów genowych, wskutek zastosowanych genów odporności;
- ◆ alergię wywołane produktami genowymi wprowadzonych transgenów;
- ◆ niepożądane substancje toksyczne w transgenicznych roślinach.

Zagadnienia te mają bardzo duże znaczenie z punktu widzenia potencjalnego konsumenta, bowiem wiele użytkowanych obecnie odmian roślin transgenicznych faktycznie zawiera geny odporności na antybiotyki, pochodzące m.in. z zastosowanego jako wektor fragmentu *E. coli*. Należy jednak dodać, że stały postęp w metodach przenoszenia genów sprawia, że w przyszłych pokoleniach roślin transgenicznych geny takie nie będą już obecne, co może istotnie podwyższyć stopień akceptacji roślin transgenicznych. DNA wprowadzone do organizmu z pokarmem jest rozkładane w przewodzie pokarmowym i staje się nieszkodliwe dla człowieka. Dotychczas nie stwierdzono, aby nastąpiło przeniesienie genu odporności na jelitową florę bakteryjną i przyjmuje się, że jest to w zasadzie nieprawdopodobne.

Często przywoływany przez krytyków scenariusz pojawienia się bakterii z genem odporności na antybiotyki, wywołanej przez rośliny transgeniczne, nie wytrzymuje krytyki z naukowego punktu widzenia. Ponadto, trzeba sobie uzmysłowić, że codziennie człowiek spożywa wraz ze świeżymi warzywami bardzo duże ilości bakterii glebowych, które z natury posiadają geny odporności na antybiotyki, a do tego wiele z naturalnie występujących gatunków bakterii jelitowych także posiada geny odporności [4, 13].

W ostatnich latach pojawiło się wiele doniesień o bakteriach odpornych na antybiotyki. Winę za to ponosi głównie nadmierne spożywanie (nieprawidłowe rozpoznanie – diagnozowanie, względnie tucz zwierząt) oraz niewłaściwe przyjmowanie antybiotyków (zbyt wczesne odstawianie leku przez pacjenta). Zasadniczo uważa się, że odporność taka powstaje wskutek stosowania antybiotyków, a nie poprzez przyjmowanie DNA.

Kolejne zagadnienie z obszaru ryzyka, to alergie wywołane przez produkty transgenów. Alergie są nadwrażliwymi reakcjami układu odpornościowego, które mogą być wywołane przez różnorodne substancje. Mechanizmy prowadzące do wyzwolenia reakcji alergicznych u ludzi nie są do tej pory całkowicie wyjaśnione. Możliwość wystąpienia u ludzi alergii wywołanych spożyciem roślin transgenicznych często stanowi istotny punkt krytyki. Jednak w drodze odpowiednich eksperymentów można wykluczyć ewentualność, że zrekombinowane białka prowadzące w roślinach do wystąpienia odporności na antybiotyki, owady i herbicydy, wywołają alergie u ludzi. Jest to wysoce nieprawdopodobne, bowiem odpowiednie białka zostają strawione w soku żołądkowym w bardzo krótkim czasie (około 30 sekund). W przeciwieństwie do tego, znane proteiny wywołujące alergie zachowują stabilność w soku żołądkowym do 60 minut. Nie można jednak wykluczyć, że rośliny transgeniczne, którym wprowadzono obcy gen, mogą posiadać potencjał alergiczny powodowany przez produkt transgeny. Przykładem takiej potencjalnej możliwości może być fakt, że wiele ludzi wykazuje alergię przeciwko białku orzeszków ziemnych. Stąd też sklonowanie genu syntezy białka z orzeszka ziemnego do pomidorów, mogłoby uczynić te ostatnie niejadalnymi dla odnośnego rodzaju alergików. Ponieważ ewentualności takiej nie można całkowicie wykluczyć, wszystkie produkty transgeniczne, przez ich wprowadzeniem na rynek, poddawane są odpowiednim badaniom.

Od dawna są znane rośliny użytkowe o szczególnie wysokim potencjale alergicznym, np. orzeszki. Stąd też, planując zastosowanie genów z takich roślin, należy koniecznie przeprowadzić badania wstępne. Inny przykład: podczas transformacji nasion soi z genem odpowiedzialnym za białko paraorzeszka (2S Albumina) okazało się, że użyto wyłącznie białka wywołującego alergię, co można było wykazać używając surowic alergików. W konsekwencji odpowiedni rodzaj soi nie został wprowadzony do upraw rolniczych. Przykład ten uka-

zuje ponadto bardzo wysoką sprawność działania wewnętrznych naukowych mechanizmów kontrolnych w firmach biotechnologicznych. Krytycy przytaczają ten przykład jako wyraz zagrożeń, jednak w tej sprawie można sobie wyrobić własny sąd. Warto dodać, że obowiązujące przepisy o znakowaniu produktów transgenicznych informują kupującego o pochodzeniu transgeny. Nie można także ignorować faktu, że wiele normalnych środków spożywczych prowadzić może do ciężkich alergii, czasami zagrażających życiu. Wśród około 100 000 białek roślinnych, tylko 2-5% może wywoływać alergie. Białka z orzeszków ziemnych, mleka, jaj, ziaren soi, ryb, raków, maź i pszenicy odpowiedzialne są za około 90% wszystkich alergii.

Krytycy mówią często o tym, że poprzez inżynierię genetyczną do naszego pokarmu dostają się substancje, jakie nigdy nie były tam obecne. Zarzut ten nie do końca jest prawdziwy, dotyczy bowiem także owoców egzotycznych, cieszących się obecnie dużą popularnością. Dobrym przykładem, związanym z potencjalnym ryzykiem przy wprowadzaniu nowych, dotychczas nie używanych środków spożywczych, jest owoc kiwi. Owoce te, wcześniej nieznanne w Europie, zostały sprowadzone z Nowej Zelandii dopiero w latach 60. Wtedy nie przeprowadzono testów bezpieczeństwa, a w międzyczasie okazało się, że owoc ten posiada wysoki potencjał alergiczny. Z pewnym przekąsem można stwierdzić, że jest jednak bardzo mało prawdopodobne, aby porównywalny produkt transgeniczny mógł zostać w ogóle dopuszczony do obrotu komercyjnego.

Przegląd badań nad wynikami zastosowania GMO w hodowli zwierząt użytkowych

Piśmiennictwo dotyczące badań nad skutkami zastosowania pasz zawierających GMO w hodowli zwierząt jest bardzo obszerne i dotyczy większości gatunków użytkowych. Oto przykłady niektórych z nich, które moim zdaniem najlepiej oddają istotę zagadnienia. Aulrich i wsp. [1], w doświadczeniu na kurach nioskach, badali zawartość składników pokarmowych i strawność ziarna kukurydzy odmiany tradycyjnej i odpornej na owady. Stwierdzili oni brak różnic w wartości odżywczej, strawności substancji organicznych i energii metabolicznej paszy oraz w masie ciała niosek. W innych badaniach nie stwierdzono też wpływu zmodyfikowanego ziarna kukurydzy (Bt) na śmietelność, masę ciała i pobranie paszy przez broilery [3], jak też na przyrostyienne, wykorzystanie paszy i strawność białka [10] oraz na przyrost masy ciała i wartość odżywczą paszy [15]. Podobne wyniki uzyskali Hammond i wsp. [11] w badaniach, wykonanych na wielu gatunkach zwierząt, nad wpływem ziaren kukurydzy odpornej na herbicydy.

Badania przeprowadzone na bydle mlecznym i mięsnym prowadzą do podobnych konkluzji. W doświadczeniu żywieniowym z zielonką z transgenicznej kukurydzy (Bt) nie wykazano jej negatywnego wpływu na wydajność mleka, jego skład oraz zdrowotność wymienia [6], z kolei Folmer i wsp.

[8] stwierdzili brak wpływu tej paszy na przebieg fermentacji w żwacu, produkcję mleka i jego skład. Jak podają MacKenzie i McLean [14], opierając się na wynikach badań innych autorów, żywienie krów mlecznych kiszoną sporządzoną z roślin kukurydzy odpornych na herbicydy nie odbiło się negatywnie na zawartości suchej masy paszy, wydajności mleka, wydajności białka, laktozy i tłuszczu mleka, jak też na jego składzie, tj. procentowej zawartości tłuszczu, białka i laktozy, oraz nie wpłynęło na wzrost liczby komórek somatycznych i zawartość mocznika. Także Grant i wsp. [9] oraz Donkin i wsp. [5], w obszernym doświadczeniu nad wpływem żywienia krów mlecznych paszą zawierającą różne odmiany transgenicznej kukurydzy, uzyskali podobne wyniki i też nie stwierdzili jej wpływu na wydajność mleka i jego skład oraz zawartość komórek somatycznych. Phipps i wsp. [16], badając wpływ żywienia wysoko wydajnych krów rasy hf paszą treściwą zawierającą różne odmiany modyfikowanych genetycznie ziaren soi i kukurydzy, wykazali, że zmodyfikowane genetycznie DNA paszy nie występuje w mleku. Do podobnych rezultatów doszli także Poms i Foisy [17], którzy w modelowych badaniach nad wykrywaniem w mleku pochodnych zmodyfikowanej genetycznie paszy nie stwierdzili obecności transgenicznego DNA. Autorzy ci podają, że mimo pobierania przez krowy mleczne dużych ilości pasz treściwych, DNA paszy podczas trawienia w przewodzie pokarmowym i podczas przemiany materii w krwi podlega tak intensywnej degradacji, że nawet gdyby jakieś jego ilości znalazły się w mleku, to i tak byłyby one znacznie poniżej granicy wykrywalności współczesnymi metodami analitycznymi, bazującymi na PCR.

Badania Russella i wsp. [18] oraz Folmera i wsp. [7] na bydle mięsnym żywionym kukurydzą odporną na owady, wskazują na brak negatywnego oddziaływania pasz zawierających zmodyfikowane genetycznie rośliny lub ich ziarno na ilość pobranej paszy. Do tego kiszonka z modyfikowanej kukurydzy (Bt) miała tę samą, względnie nieco lepszą jakość od kiszonki z kukurydzy konwencjonalnej, co dotyczyło także wskaźników przyswajalności i przyrostów dziennych bukatów. W innym dwuletnim eksperymencie Russell i wsp. [19] badali wpływ żywienia zmodyfikowaną kukurydzą na ciężarne krowy mięsne. MacKenzie i McLean [14], opierając się na wynikach badań innych autorów, opisują trwające około 3 miesiące badania na 56 bukach rasy angus i simentalskiej, żywionych kiszoną z całych roślin i śrutą z ziaren z kukurydzy konwencjonalnej i odpornej na herbicydy. Także w tym przypadku nie wykazano różnic w średnich przyrostach dziennych, pobraniu suchej masy i wykorzystaniu paszy. W tej samej pracy autorzy podają, że tuczniki żywione paszą zawierającą ziarno kukurydzy odpornej na owady (Bt) nie różniły się od grupy kontrolnej pod względem średnich przyrostów dziennych, pobrania i wykorzystania paszy oraz przebiegu wzrostu i składu tuszy.

W obszernej pracy przeglądowej Breever i Kemp [4] dochodzą do wniosku, że zmodyfikowane genetycznie zboża są

ekwiwalentne niezmodyfikowanym odmianom komercyjnym, a ich zmodyfikowane białka są bezpieczne dla ludzi, zwierząt i środowiska, bowiem wiele substancji spożywczych zawiera kompleksową mieszanek białek, lipidów, węglowodanów, kwasów nukleinowych, minerałów i witamin. Gdyby przyjąć, że ważąca około 600 kg krowa mleczna pobiera w dawce pokarmowej 40% suchej masy z kiszonki i dalsze 20% z ziarna kukurydzy, to z tymi składnikami dociera do jej organizmu tylko około 2,6 µg zmodyfikowanego genetycznie DNA. Natomiast dziennie krowa ta spożywa z pokarmem około 608 mg DNA. Stosunek ilościowy zmodyfikowanego DNA do konwencjonalnego wynosi zatem jak 1:234 000 lub 0,00042%. Ponadto nie wykryto, jak dotąd, genów roślinnych lub ich fragmentów w genomie człowieka lub też w genomach zwierząt. Jest to wynikiem milionów lat ewolucji, przy stałej ekspozycji tych gatunków na roślinne DNA, stąd też niepożądana integracja zmodyfikowanego DNA wydaje się wysoce nieprawdopodobna. Konkludując można stwierdzić, że spożywanie mleka, mięsa i jaj wytwarzanych przez zwierzęta żywione zmodyfikowanymi roślinami jest w takim samym stopniu bezpieczne, jak pokarmów pochodzących z tradycyjnych sposobów wytwarzania.

Literatura: 1. Aulrich K., Halle I., Flachowsky G., 1998 – Inhaltsstoffe und Verdaulichkeit von Maiskörnern der Sorte Cesar und der gentechnisch veränderten Bt-hybride bei Legehennen. In: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs-und Forschungsanstalten Reihe: Kongreberichte. Giessen, Germany. 2. Berghofer E., 2001 – Ländlicher Raum. 3, 1-11. 3. Brake J., Vlachos D., 1998 – Poultry Sci. 77, 648-653. 4. Breever D.E., Kemp C.F., 2000 – Nutrition Abstracts and Reviews. Ser. Livestock Feeds and Feeding. Vol 70. No. 3, 175-182. 5. Donkin S.S., Velez J.C., Totten A.K., Stanisiewski E.P., Hartnell G.F., 2003 – J. Dairy Sci. 86, 1781-1788. 6. Faust M., Miller L., 1997 – Study finds no Bt in milk. Iowa State University Integrated Crop Management Newsletter IC-478, Special Livestock Edition, Ames. 7. Folmer J.D., Erickson C.E., Milton C.T., Klopfenstein T.J., Beck J.F., 2000 – J. Anim. Sci. 78 (Suppl. 2), 85 (Abstr.). 8. Folmer J.D., Grant R.J., Milton C.T., Beck J.F., 2000 – J. Dairy Sci. 83, 1182 (Abstr.). 9. Grant R.J., Fanning K.C., Kleinschmidt D., Stanisiewski E.P., Hartnell G.F., 2003 – J. Dairy Sci. 86, 1707-1715. 10. Halle I., Aulrich K., Flachowsky G., 1998 – Einatz von Maiskörnern der Sorte Cesar und des gentechnisch veränderten Bt-hybriden in der Broilermast. Proc. 5 Tagung, Schweine-und Geflügelernährung. Wittenberg, Germany, 265-267. 11. Hammond B.G., Vicini J.L., Hartnell G.F., Naylor M.W., Knight C.D., Robinson E.H., Fuchs R.L., Padgett S.R., 1996 – J. Nutr. 126, 717-727. 12. James C., 2005 – Executive Summary of Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops, 2005. ISAAA Briefs No. 34. ISAAA, Ithaca, NY. 13. Kempken F., Kempken R., 2004 – Gentechnik bei Pflanzen. 2. Auflage. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg New York. 14. MacKenzie D., McLean M., 2002 – Feed Mix. Vol. 10, No. 3, 16-20. 15. Mireles Jr. A., Kim S., Thompson R., Amundsen B., 2000 – Poultry Sci. 79 (Suppl. 1), 285, 65-66 (Abstr.). 16. Phipps R.H., Deaville E.R., Maddison B.C., 2003 – J. Dairy Sci. 86, 4070-4078. 17. Poms R.E., Foisy H., 2001 – Ländlicher Raum. 2, 1-5. 18. Russell J.R., Farnham D., Berryman R.K., Hersom M.J., Pugh A., Barrett K., 2000 – Nutritive value of the crop residues from bt-corn hybrids and their effects on performance of grazing beef cows. Pages 56-61 in 2000 Beef Research Report (A.S. Leaflet R1723), Iowa State University, Ames, IA. 19. Russell J.R., Hersom M.J., Pugh A., Barrett K., Farnham D., 2000 – J. Anim. Sci. 78 (Suppl. 2), 79 (Abstr.). 20. Transgen, 2005 – Gentechnisch veränderte Lebensmittel. Eine sichere Sache?. Ed. Transparenz für Gentechnik bei Lebensmitteln. Transgen, Bachstrasse 62-64, Aachen. 21. Transgen, 2006 – Wo ist die Gentechnik drin? Ed. Transparenz für Gentechnik bei Lebensmitteln. Transgen, Bachstrasse 62-64, Aachen.