

Ocena bezpieczeństwa stosowania roślin transgenicznych w żywieniu ludzi i zwierząt

Iwona Kosieradzka, Ewa Sawosz

SGGW

Nowe metody doskonalenia genetycznego roślin przeznaczonych na pasze i żywność, oparte na technikach rekombinacji DNA, stwarzają szanse zintensyfikowania produkcji rolniczej, a także poprawy jej jakości zgodnie z oczekiwaniami konsumentów. Ze względu na rosnące obawy społeczeństwa dotyczące potencjalnego ryzyka związanego ze stosowaniem genetycznie modyfikowanych roślin w żywieniu zwierząt, nowe odmiany są poddawane bardzo szczegółowym badaniom, a ich komercjalizacja jest regulowana odpowiednimi aktami prawnymi. Jednocześnie naukowcy w wielu ośrodkach pracują nad stworzeniem efektywnego systemu oceny genetycznie modyfikowanych organizmów (GMO), uwzględniającego wpływ na organizm konsumenta – systemu, który zgodnie z prawem europejskim jest istotnym elementem badań, poprzedzającym komercjalizację kolejnych generacji paszowych i konsumpcyjnych roślin genetycznie modyfikowanych (GM) o zmienionych cechach uprawowych (np. zwiększonej odporności na owady, herbicydy, stres termiczny, suszę, zasolenie) i cechach jakościowych (np. zmniejszonej zawartości włókna, zwiększonej koncentracji białka, aminokwasów egzogennych, nienasyconych kwasów tłuszczowych, antyoksydantów, witamin). Wartość odżywcza roślin transgenicznych może być ukształtowana przez zmianę przebiegu ważnych procesów metabolicznych, dlatego też udoskonalenie strategii oceny ryzyka oraz wprowadzenie nowych metod analitycznych, szczególnie w odniesieniu do roślin GM nowej generacji, jest bardzo ważne.

UREGULOWANIA PRAWNE

Światowe agencje odpowiadające za regulacje prawne w dziedzinie oceny bezpieczeństwa stosowania roślin transgenicznych w Europie, USA, Kanadzie, Japonii i innych krajach wymagają, aby wszystkie rośliny GM były poddawane szerokim badaniom. Zalecane i obowiązujące procedury badawcze obejmują środowiskowy aspekt problemu i uwzględniają konieczność oceny potencjalnego ryzyka związanego ze stosowaniem GMO w żywieniu ludzi i zwierząt.

Prawo Unii Europejskiej

Uprawa genetycznie modyfikowanych roślin oraz obrót paszami i żywnością GM objęte są odrębnymi przepisami usta-

wodawczymi Unii Europejskiej. Zasady uwalniania do środowiska genetycznie modyfikowanych organizmów przeznaczonych na paszę, ich uprawy, importu, stosowania w żywieniu zwierząt paszy zawierającej GMO oraz działanie w sytuacji przypadkowego spożycia przez ludzi reguluje dyrektywa UE 2001/18 (będąca modyfikacją dyrektywy 90/220). Dyrektywa ta dotyczy „zdolnych do życia” GMO, nie reguluje natomiast zasad obrotu np. glutenem kukurydzianym, który jest cennym surowcem paszowym, a może być wytwarzany z kukurydzy GM.

Decyzja pozwalająca na uwolnienie GMO do środowiska (roślin paszowych) jest – zgodnie z dyrektywą 2001/18 – podejmowana przy zaangażowaniu kilku instytucji, m.in. Naukowego Komitetu Roślin (Scientific Committee on Plants). Pozytywna opinia Komitetu Naukowego wpływa na decyzję Komitetu Prawodawczego Komisji Europejskiej.

Odpowiednim procedurom prawnym podlega również wprowadzenie na rynek żywności zawierającej genetycznie modyfikowane komponenty, uznawanej za tzw. nową żywność (novel food). Zgodnie z rozporządzeniem 258/97 istnieją dwa typy obowiązujących przy rejestracji procedur. Procedura „upoważnieniowa”, w którą zaangażowany jest Naukowy Komitet do spraw Żywności oraz uproszczona procedura „zgłoszeniowa”, stosowana wyłącznie w przypadku GMO uznanego za składnikowo równoważne (ekwiwalentne) w stosunku do analogicznych organizmów niemodyfikowanych i posiadających pewną historię bezpiecznego stosowania.

Zgodnie z rozporządzeniem 49/2000, żywność zawierająca wykrywalne ilości genetycznie modyfikowanego białka lub DNA musi być znakowana. Nie jest wymagane znakowanie przez producenta żywności zawierającej przypadkowo składniki GM w śladowej ilości, nie przekraczającej 1%. Produkty zawierające dodatki GM (barwniki, przyprawy), wprowadzone na rynek po kwietniu 2000 r., powinny być znakowane jako GM, zgodnie z dyrektywą UE 50/2000.

GMO dopuszczone do obrotu. Do chwili obecnej, zgodnie z dyrektywami 90/220 i 2001/18, wydano m.in. zgodę na uprawę i wykorzystanie rzepaku (odpornego na herbicydy), kukurydzy (odpornej na herbicydy, odpornej na owady) oraz import i przetwórstwo rzepaku i soi odpornych na herbicydy.

Na podstawie procedury zgłoszeniowej (rozporządzenie 258/97) zatwierdzono dotychczas m.in. oleje produkowane z kilku rodzajów rzepaku odpornego na herbicydy, produkty kukurydziane z kukurydzy odpornej na herbicydy oraz odpornej na herbicydy i insekty. Przed wprowadzeniem rozporządzenia 259/97 zatwierdzono do obrotu handlowego i przetwórstwa soję odporną na herbicydy i kukurydzę odporną na herbicydy i insekty.

Nowe uregulowania prawne. Komisja Europejska zaproponowała ostatnio nowe uregulowania dotyczące żywności i pasz zawierających genetycznie modyfikowane organizmy [11, 12]. Najważniejsze z nich dotyczą oceny bezpieczeństwa stosowania GMO w żywieniu zwierząt i ludzi. Nowe uregulowania obejmują produkty przetworzone i dodatki do żywności (czyli GM niezdolne do życia). Pasze dla zwierząt za-

wierające GMO, podobnie jak żywność, będą musiały być znakowane (także tzw. produkty masowe). System pełnej dokumentacji będzie umożliwiał identyfikację GMO na każdym etapie produkcji. Przewiduje się także dalsze monitorowanie rynku pasz i żywności GM, które umożliwi przewidywanie wystąpienia niezamierzonych, długoterminowych efektów, będących skutkiem oddziaływania GM na organizm konsumenta i środowiska. Prawo nie wymaga znakowania produktów pochodzących od zwierząt żywionych karmą zawierającą komponenty GM, jednak produkty zawierające niewykrywalne ilości transgenicznego DNA lub transgenicznego białka (np. oleje wyprodukowane z ziarna soi GM) będą znakowane. Uproszczona forma rejestracji nowych produktów GM, tzw. procedura zgłoszeniowa, zostanie unieważniona.

Regulacje UE i innych państw mogą się nieco różnić, jednak ogólne zasady postępowania, sformułowane przez FAO/WHO oraz OECD, są bardzo zbliżone. Trwa obecnie postępowanie, prowadzone przez FAO/WHO, zmierzające do stworzenia Kodeksu Żywności, zapewniającego harmonizację międzynarodowej oceny bezpieczeństwa, analizy rynku, detekcji śladowych ilości GMO [23].

Prawo polskie

Ustawa z 22 czerwca 2001 [10] zawiera uregulowania prawne związane z problemem wytwarzania, badania i uwalniania genetycznie modyfikowanych organizmów do środowiska, ich wprowadzania do obrotu, wywozu za granicę i tranzytu. Zgodę na uwolnienie GMO do środowiska wydaje minister ds. środowiska, po dokonaniu oceny potencjalnych zagrożeń z tym związanych, w porozumieniu z Komisją do spraw GMO (organem opiniodawczo-doradczym), w skład którego wchodzi przedstawiciele rządu (ministrowie zdrowia, rolnictwa, gospodarki i inni), naukowcy, przedstawiciel firmy biotechnologicznej, przedstawiciele organizacji pozarządowych i konsumenckich. Zgodnie z ustawą, wszystkie produkty zawierające GMO muszą być znakowane. Podobnie jak w prawie Unii Europejskiej, obowiązek znakowania nie dotyczy produktu, który zawiera GMO w ilości nie przekraczającej 1% masy, o ile obecność białka lub DNA z GMO nie jest zamierzona.

Polska ustawa o GMO wymaga, aby wprowadzenie do obrotu handlowego (a także tzw. zamknięte użycie GMO) poprzedzone było oceną zagrożeń dla zdrowia konsumentów i środowiska. Artykuł 6 pkt. 1 mówi, że ocenę zagrożeń należy przeprowadzić w sposób poddający się weryfikacji na podstawie dostępnych danych naukowo-technicznych, biorąc pod uwagę zagrożenia bezpośrednio i pośrednio, które mogą wystąpić zarówno w krótkim, jak i długim okresie. Zgodnie z ustawą szczególne środki bezpieczeństwa są wymagane w odniesieniu do GMO zawierającego geny odporności na antybiotyki stosowane w leczeniu ludzi i zwierząt.

Ocena bezpieczeństwa powinna uwzględniać możliwość chorobotwórczego wpływu GMO na ludzi, rośliny i zwierzęta, niepożądane efekty wynikające z niemożności leczenia chorób lub prowadzenia skutecznej profilaktyki, z przedostania się GMO do środowiska i rozprzestrzeniania się w nim, możliwości naturalnego przenoszenia materiału genetycznego

z organizmów zmodyfikowanych do innych organizmów. Szczegółowy sposób przeprowadzania oceny potencjalnego zagrożenia związanego z uwolnieniem GMO określony zostanie przez ministrów zdrowia, rolnictwa i nauki w drodze rozporządzenia [10].

OCENA BEZPIECZEŃSTWA – PROCEDURY BADAWCZE

Zgodnie z prawem UE, prawem polskim, a także zgodnie ze stanowiskiem FAO/WHO [15, 16], OECD [26] i dyrektywami UE [13], a także FDA, USDA [za 6], procedury badawcze służące szacowaniu potencjalnych zagrożeń związanych ze stosowaniem pasz i żywności są elementem obowiązującym w procesie dopuszczania nowo tworzonych technikami inżynierii genetycznej organizmów do hodowli, obrotu handlowego, importu, przetwórstwa itp. Ocena zagrożeń, jakie może stwarzać GMO dla zdrowia ludzi i środowiska, opierać się powinna na identyfikacji wszelkich możliwych skutków. Badania naukowe, służące szacowaniu ryzyka związanego ze stosowaniem paszowych i konsumpcyjnych roślin GM, obejmują szereg etapów, spośród których najważniejsze to:

- ocena dawcy genów warunkująca bezpieczeństwo powstającego organizmu transgenicznego: czy organizm dawcy może być niebezpieczny dla organizmu rośliny biorcy, czy organizm dawcy genów jest odpowiedzialny za choroby, czy jego geny warunkują wytwarzanie toksyn, alergenów, czynników patogennych, czy w przeszłości używano w sposób bezpieczny organizmu dawcy jako źródła genów do transferu;

- badania laboratoryjne: ocena proporcjonalnego, niezakłóconego wzrostu rośliny (liści, łodyg, kwiatów, nasion, owoców, bulw, korzeni), ocena czy modyfikacja nie niszczy genów, nie hamuje ekspresji ważnych genów;

- testy polowe: badania cech agronomicznych, stabilność i odziedziczalność cech zmienionych;

- testy środowiskowe: wpływ na liczebność populacji owadów, ptaków, ssaków itp., oraz stopień degradacji gleby;

- szacowanie ryzyka związanego ze stosowaniem roślin GM jako składnika diety: równoważność składnikowa (substantial equivalence), toksyczność i alergenicność, określanie ryzyka związanego ze stosowaniem markerów genowych odporności na antybiotyki (jeśli stosowano takie markery), wpływ czynników fizycznych i chemicznych stosowanych w przebiegu procesów technologicznych na wartość surowca GM.

W badaniach naukowych zmierzających do oceny potencjalnego ryzyka związanego z zastosowaniem GMO w diecie, rozważane bywa także ryzyko możliwości akumulacji transgenicznego DNA w organizmie zwierzęcia i produktach pochodzenia zwierzęcego, a także zmiany w przebiegu procesów trawienia składników pokarmowych, przebiegu procesów metabolicznych i ich skutki (badane parametrami biochemicznymi, immunologicznymi, hematologicznymi, histopatologicznymi itp.).

Zgodnie z Prawem Unii Europejskiej, a także zaleceniami USDA, FDA, w sytuacji stwierdzenia niekorzystnych wyników badań na którymkolwiek etapie powstawania nowej linii roślin

GM, podejmuje się bardziej rozległe badania lub zaprzestaje się prac w danym kierunku. Nie dochodzi do komercjalizacji rośliny GM. Zarówno procedury badawcze, jak i metody laboratoryjne powinny być jednak stale unowocześniane zgodnie z postępem nauki i dostosowywane do nowych generacji roślin GM oraz rosnących możliwości technik analitycznych.

Równoważność składnikowa (substantial equivalence)

Wykazanie, że zastosowanie transgenicznej rośliny (lub określonej jej części) w żywieniu ludzi i zwierząt nie stanowi większego ryzyka niż to, jakie istnieje w przypadku skarmiania odmian komercyjnych, wymaga przeprowadzenia badań określających w jakim stopniu rośliny GM różnią się od konwencjonalnych, niezmodyfikowanych roślin tej samej odmiany. W tym celu, poza oceną fenotypową, przeprowadza się ocenę równoważności składu chemicznego i równoważności wartości odżywczej. W przypadku, gdy na tym etapie badań nie zostaną znalezione żadne różnice pomiędzy roślinami GM i ich odpowiednikami prawo nie wymaga kontynuowania kolejnych testów oceny bezpieczeństwa.

Tkanki jadalnych części paszowych i konsumpcyjnych roślin GM poddawane są badaniom na zawartość składników pokarmowych, w tym białka ogólnego, aminokwasów, lipidów, kwasów tłuszczowych, węglowodanów strukturalnych i niestrukturalnych, składników mineralnych, witamin, a także na zawartość substancji antyodżywczych i innych charakterystycznych dla danej rośliny substancji chemicznych.

Badania równoważności składu chemicznego, potwierdzające fakt, że zmodyfikowana roślina pod względem zawartości istotnych składników pokarmowych nie odbiega w sposób niekorzystny od linii nietransgenicznej roślin tej samej odmiany, są przedstawiane w wielu pracach badawczych i dotyczą m.in. transgenicznej soi o zwiększonej zawartości białka [14], kukurydzy Bt [7], soi odpornej na herbicyd (glyphosate-tolerant) [27] i innych. W przypadku roślin, u których celem modyfikacji było zwiększenie zawartości konkretnego składnika pokarmowego, potwierdzono korzystne z punktu widzenia konsumenta zmiany w składzie. W badaniu roślin o zmieniających cechach uprawowych (np. odporność na insekty czy herbicydy) potwierdzono zgodność składu chemicznego w zakresie parametrów określających wartość pokarmową. Naukowcy z Niemieckiego Instytutu Żywienia Zwierząt w Braunschweig przeprowadzili badania transgenicznej kukurydzy i soi odpornej na herbicydy (PAT, Ht) i insekty (Bt), wykazując brak zasadniczych różnic pomiędzy konwencjonalnym i zmodyfikowanym materiałem roślinnym pod względem zawartości białka ogólnego, skrobi, kwasów tłuszczowych, aminokwasów [19].

Badania równoważności wartości odżywczej roślin GM przeprowadzane są na zwierzętach laboratoryjnych lub w warunkach produkcyjnych. Za równoważne uznaje się rośliny, których składniki pokarmowe są trawione i wykorzystywane przez organizm w stopniu nie mniejszym niż składniki pokarmowe ich konwencjonalnych (izogenicznych) odpowiedników. Różnice w wykorzystaniu składników paszy przez organizm (a także zróżnicowane ich pobranie będące np. efektem

zmiany walorów smakowych rośliny GM) mogą skutkować zmianą tempa wzrostu zwierząt doświadczalnych.

Ekspertyzy tego typu są szczególnie istotne w procesie oceny roślin wykazujących odporność na insekty i charakteryzujące się tolerancją herbicydów. Clark i Lpharraguerre [5], na podstawie danych pochodzących z wielu doświadczeń, przeprowadzonych na kurczętach, owcach, krowach mlecznych i innych zwierzętach, w których dostępne na rynku, komercyjne odmiany kukurydzy i soi GM o ww. cechach były składnikiem diety, stwierdzili, że rośliny te są nie tylko równoważne pod względem składu chemicznego, ale także mają zbliżoną wartość odżywczą dla zwierząt gospodarskich. Równoważność wartości odżywczej kisonki z kukurydzy Bt i jej konwencjonalnej odmiany, określonej wskaźnikami produkcyjnymi, parametrami strawności i wykorzystania przez organizm zwierzęcia, wykazali Daenicke i wsp. [7] w doświadczeniu na opasanym bydle holsztyńskim. Niektóre eksperymenty przeprowadzane na zwierzętach potwierdzają podwyższenie wartości odżywczej rośliny GM, zwłaszcza jeśli modyfikacja genetyczna dotyczy poprawy cech jakościowych. Przykładem mogą być badania zespołu z Uniwersytetu w Missouri [32], w których wykazano, że skarmianie tucznikami niskofitynowej kukurydzy (LP corn) pozwala na uzyskanie wyższych wartości wskaźników produkcyjnych w stosunku do analogicznych wskaźników określonych u zwierząt żywionych nietransgeniczną kukurydzą tej samej odmiany.

Wydaje się jednak, że system oceny oparty wyłącznie na ocenie równoważności (substantial equivalence) jest niewystarczający, zwłaszcza w odniesieniu do roślin GM nowej generacji, a może jedynie stanowić punkt wyjścia, początkowy etap badań bezpieczeństwa żywności i pasz GMO [24, 33]. Wprowadzenie obcych genów może w sposób pośredni lub bezpośredni wywoływać nieoczekiwane zmiany w metabolizmie transgenicznej rośliny. Przy badaniu zmierzającym do określenia zasadniczej równoważności nie zawsze brane są pod uwagę substancje o istotnym wpływie na stan zdrowia konsumenta. Substancje, których koncentracja w jadalnej części rośliny zmienia się w sposób niezamierzony, jest wtórnym, ubocznym efektem zmian w metabolizmie rośliny. Uzyskana na skutek modyfikacji genetycznej odporność niektórych roślin GM na stesy (zasolenie, suszę) wiąże się ze wzmogłą akumulacją proliny, w czasie syntezy której zmienia się intensywność powstawania fenoli, flawonoidów, polimerów ligniny i innych [31]. Zawartość tych substancji nie zawsze jest przedmiotem analizy przeprowadzanej w ramach oceny „składnikowej równoważności”, a ich wpływ na organizm ludzi i zwierząt jest bezsporny. Modyfikacja genetyczna rośliny, której efektem jest synteza enzymu uczestniczącego w procesie wytwarzania substancji nie występujących w roślinie konwencjonalnej tego samego gatunku (np. w przypadku roślin odpornych na herbicydy), może wtórnie zmienić metabolizm rośliny uprawnej. Teoretycznie, wtórne metabolity mogą okazać się toksyczne dla konsumenta [24]. Określenie bezpieczeństwa stosowania takiej rośliny w żywieniu ludzi i zwierząt wymaga więc specjalistycznych badań.

Akumulacja transgenicznego DNA w organizmie zwierzęcia i produktach pochodzenia zwierzęcego oraz transfer genów

Ze względu na obawy społeczeństwa związane z istnieniem potencjalnego ryzyka stosowania genetycznie modyfikowanych organizmów w żywieniu człowieka i zwierząt, rozważany jest problem czy transgeniczne białko może być przenieszone i akumulowane w produktach pochodzenia zwierzęcego (mleku, mięsie, jajach) i czy stanowi ono zagrożenie dla zdrowia człowieka.

Badania żywieniowe wykazały, że większość DNA jest rozkładana enzymatycznie w układzie pokarmowym. Pobrane przez zwierzę DNA jest natychmiast rozkładane na małe części w mechanicznym procesie żucia, procesach trawienia enzymatycznego i hydrolizy kwasowej w jamie ustnej (gębowej) i dalszych odcinkach przewodu pokarmowego (głównie dzięki sekrecji enzymów trzustki i wątroby zawierających DNazę, endonukleazę). Na podstawie wielu badań eksperymentalnych udowodniono, że roślinne DNA jest degradowane w układzie trawiennym zarówno przeżuwaczy, jak i zwierząt monogastrycznych, a prawdopodobieństwo, że nastąpi ekspozycja zmodyfikowanych genów bądź wbudowanie fragmentu DNA jest bardzo małe [18].

Jednak jedna z prac badawczych [25] donosi o wykryciu odcinków roślinnego DNA w pobranych od krwi tkankach (w białych krwinkach). W innym badaniu, w którym mikrobiologiczne DNA było wprowadzane bezpośrednio do światła jelita myszy, odcinki tego DNA zostały wykryte w niektórych białych krwinkach (leukocytach) myszy po 24 lub więcej godzinach od pierwszego kontaktu [8, 9, 29, 30]. Natomiast badania obecności transgenicznego białka w jajach (i białku jaj) pochodzących od kur niosek żywionych mieszankami zawierającymi soję Roundup Ready [1] dały wynik negatywny. Nie wykryto także białka GM w wątrobie i odchodach zwierząt. W analizach mleka pochodzącego od krów żywionych kukurydzą Bt [17] nie stwierdzono obecności transgenicznego białka (Bt11) i transgenicznego DNA.

Markery genowe odporności na antybiotyki – przeniesienie odporności

Niektóre transgeniczne rośliny uprawne zawierają genowe markery odporności na antybiotyki, potwierdzające skuteczność transferu genów w procesie modyfikacji. Istnieje obawa, że cechy odporności na antybiotyki mogą być przenoszone do mikroorganizmów bytujących w przewodzie pokarmowym i zwiększać odporność ludzi i zwierząt. Skarmianie roślin GM zawierających markery odporności na antybiotyki mogłoby prowadzić do wytworzenia nowych mikroorganizmów odpornych na choroby. Dobrze udokumentowane jest przekazywanie odporności na antybiotyki między szczepami bakterii, jednak eksperci WHO stwierdzili, że biorąc pod uwagę złożoność i szczególne uwarunkowania procesu, przekazywanie odporności na antybiotyki przez rośliny GM jest mało prawdopodobne, choć nie może być wykluczone. Możliwość transferu genu odporności na antybiotyki z rośliny GM do układu mikroorganizmu, który może ulec przekształceniu w patogen,

podlegała ocenie bezpieczeństwa, a dyrektywa UE 2001/18 (i polska ustawa o GMO) zakazuje stosowania genów odporności na antybiotyki. Nowe techniki laboratoryjne pozwalają na rezygnację ze stosowania markerów genowych odporności na antybiotyki, potwierdzających skuteczność transferu genów w procesie modyfikacji; rozwijane są metody wykorzystujące markery nie stanowiące zagrożenia dla zdrowia, np. manA, xylA [24].

Alergenność i toksyczność białek GM, ocena stanu zdrowia zwierząt żywionych roślinami GM

Wprowadzenie technikami inżynierii genetycznej nowych genów prowadzi do wytwarzania nowych białek, które teoretycznie mogą być alergenami pokarmowymi. Spożywanie rośliny GM może być przyczyną reakcji alergicznej, ponieważ w procesie modyfikacji informacji genetycznej możliwe jest wprowadzenie genów powodujących wytwarzanie nowych, alergennych białek, zwiększenie koncentracji endogennych alergenów lub modyfikacja endogennych białek w taki sposób, że stają się one alergenami. W niektórych roślinach uprawnych, w celu poprawy cech agrotechnicznych (odporność na insekty, wirusy), technikami inżynierii genetycznej wprowadzono geny warunkujące wytwarzanie inhibitorów enzymów (proteazy, amylazy), lektyn i innych substancji uznawanych za czynniki antyodżywcze, alergenne, powodujące wzrost poziomu przeciwciał IgE w surowicy krwi. Podobnie w roślinach o dużej tolerancji na zasolenie, odpornych na pestycydy i porażenie grzybami, zwiększona koncentracja patogennych białek (np. osmotyny) jest przyczyną alergicznej reakcji organizmu konsumenta [Jensen i wsp., 1998; cyt. za 24]. Prowadząc badania pod kątem alergenności paszy i żywności GM należy pamiętać, że wiele alergenów traci swe właściwości w procesie obróbki technologicznej surowca. Niektóre z nich wykazują jednak dużą odporność na działanie czynników fizycznych. Jak wskazują badania – lektyny, substancje w znacznie mniejszym stopniu toksyczne dla zwierząt wyższych niż dla insektów [30], ulegają znacznej degradacji podczas długotrwałego ogrzewania, a mimo to mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia [22]. Wykazano także, że lektyny wykazują dużą stabilność w przewodzie pokarmowym szczurów [2]. Postuluje się, aby żywność GM zawierająca komponenty, w których jako dawców genów wykorzystano rośliny o znanych właściwościach alergennych, była w odpowiedni sposób oznakowana [24].

W celu potwierdzenia bezpieczeństwa w odniesieniu do transgenicznego białka, przeprowadzany jest przede wszystkim test polegający na jego wyizolowaniu i oczyszczeniu, następnie określeniu sekwencji aminokwasów, masy cząsteczkowej oraz ocenie rozpuszczalności i stabilności. Wyniki tych badań porównuje się ze znanymi alergenami [3]. Należy jednak pamiętać, że alergeny o nieznannej strukturze nie mogą być badane tym testem. Ponadto stosowane powszechnie techniki laboratoryjne nie pozwalają na ocenę porównawczą trzeciorzędowej struktury białek, których potencjalna alergenność jest oceniana. Wprowadzenie nowoczesnych metod analitycznych z pewnością poszerzy zakres i precyzję tych ba-

dań. Zwykle w następnej kolejności przeprowadza się badanie strawności białka (głównie metodami *in vitro*) – większość alergenów nie ulega trawieniu. Do testów toksyczności *in vitro* mogą być używane kultury tkankowe (komórki nabłonka jelitowego ssaków, komórki wątroby [Noteborn i wsp., 1995; cyt. za 24]). Jeśli uzyskane wyniki są zadowalające, kolejny etap to ocena toksyczności polegająca na podawaniu zwierzętom laboratoryjnym (np. myszom) badanego białka w ilościach wielokrotnie przekraczających prawdopodobną ich koncentrację w naturalnej diecie człowieka czy zwierzęcia spożywającego rośliny GM. Przez co najmniej 14 dni obserwuje się zmiany masy ciała zwierząt i dokonuje obserwacji klinicznych, a następnie zwierzęta uśmierca się i bada ich najważniejsze narządy wewnętrzne. W sytuacji stwierdzenia jakichkolwiek niekorzystnych objawów, np. niskie przyrosty masy ciała czy zmiany histopatologiczne tkanek i narządów wewnętrznych, podejmuje się bardziej rozległe badania lub nawet zaprzestaje się prac w danym kierunku [3]. W testach toksyczności *in vivo* mogą być wykorzystywane całe rośliny (tkanki jadalnych części roślin) lub oczyszczone, wyizolowane produkty zmodyfikowanych genów. Takie testy toksyczności i eksperymenty żywieniowe na zwierzętach zwykle poprzedzają komercjalizację nowych odmian. Interpretacja wyników badań żywieniowych może jednak być utrudniona w przypadku, gdy ze względu na specyfikę składu tkanki rośliny GM, właściwe (tj. zgodne z potrzebami zwierzęcia) zbilansowanie diety jest niemożliwe. Wyniki krótkoterminowego testu toksyczności, polegającego na podaniu zwierzętom substancji, której wytwarzanie w roślinie było celem modyfikacji genetycznej, także może być obciążone dużym błędem, spowodowanym technologiczną trudnością wyekstrahowania tej substancji w całości czystej postaci. Często jej koncentracja w tkance roślinnej jest bardzo mała. Niezbilansowanie diety czy podanie słabo oczyszczonej badanej substancji może spowodować zróżnicowanie wartości porównywanych parametrów, wywołane czynnikami innymi niż czynniki doświadczalne.

Rośliny GM, mogące stanowić pożywienie dla ludzi, stosowane w paszach dla zwierząt lub zjadane przez zwierzęta dzikie, są poddawane badaniom na zwierzętach pod kątem zdrowotności. Stan zdrowia zwierząt określany jest na podstawie badań krwi (parametrów morfologicznych, biochemicznych i innych) i organów wewnętrznych (histopatologicznych i innych). Białka o charakterze substancji o działaniu toksycznym, wprowadzane w celu przeniesienia odporności na owady szkodniki, jak te pochodzące z *Bacillus thuringiensis* (Bt), są badane nie tylko pod kątem wpływu na parametry produkcyjne i zdrowotne żywionych nimi zwierząt [4, 20, 21], ale także pod kątem toksyczności dla organizmów, na które nie mają oddziaływać, jak motyle, pszczoły, dżdżownice i inne organizmy glebowe.

Nowe systemy oceny bezpieczeństwa stosowania GMO w żywieniu ludzi i zwierząt – projekty badawcze UE

Rośliny GM nowej generacji mogą łączyć w sobie cechy warunkowane przez kilka różnych genów, np. cechy odporności

na herbicydy czy owady, i cechy jakościowe, np. zwiększonej wartości odżywczej czy poprawy walorów smakowych. Zwiększenie liczby genów wykorzystywanych w transgenezie prowadzi do wzrostu prawdopodobieństwa zmian w metabolizmie rośliny, prowadzących do powstawania nieoczekiwanych i niezamierzonych efektów transgenezy. Dotychczas stosowane metody oceny bezpieczeństwa roślin GM (zwłaszcza metody *in vitro*) mogą okazać się niewystarczające. Zdaniem naukowców z Instytutu Kontroli Jakości Produktów Rolnych (RIKILT) z Wageningen, konieczne będzie osiągnięcie światowego konsensusu w sprawie odpowiednich systemów oceny bezpieczeństwa GMO, w szczególności w stosunku do roślin nowej generacji, uwzględniających stosowanie nowoczesnych technik analitycznych i eksperymentów na zwierzętach laboratoryjnych [24].

W ramach sieci tematycznej Unii Europejskiej ENTRANS-FOOD są koordynowane działania czterech projektów badawczych dotyczących GMO:

– GMOCARE (troska GMO) – nowe metodologie analityczne do wykrywania niezamierzonych skutków transgenezy, np. technika rezonansu jądrowego, elektroforezy i spektrometrii masowej, pozwalające na bardzo szczegółową analizę składu chemicznego tkanek; technika fluorescencji mikroskopowej i mikroszeregi hybrydyzacji cDNA, pozwalające na wykrycie różnic w ekspresji genu;

– SAFETEST (testy bezpieczeństwa) – nowe metody detekcji efektów toksyczności żywności GM na ludziach i zwierzętach, obejmujące techniki *in vivo*, *in vitro* i *in situ*;

– GMOBILITY (możliwości GMO) – transfer genów z roślin GM do mikroorganizmów;

– Qpergmofood (ilość żywności GMO) – metody wykrywania i materiały do ilościowej detekcji GMO.

Sieć tematyczna jest przeznaczona do wywołania dyskusji i wymiany informacji pomiędzy naukowcami, przedstawicielami przemysłu i organizacji konsumenckich uczestniczącymi w projekcie. Jej celem jest stworzenie platformy dyskusyjnej dotyczącej problemów analizy ryzyka związanego z GMO, na podstawie danych literaturowych i badań naukowych [23].

Ogromne zainteresowanie społeczeństwa problemem uwolnienia GMO do środowiska i towarzyszące mu poczucie zagrożenia, wynikające z wciąż niewystarczającej informacji na ten temat, a także stosunkowo niewielka liczba publikacji stanowiących dokumentację rzetelnych badań naukowych na zwierzętach, wskazują na konieczność poszerzenia, ujednoczenia i uszczegółowienia procedur zmierzających do określenia potencjalnego ryzyka. Intensyfikacja prac badawczych jest konieczna w procesie tworzenia nowoczesnego systemu oceny GMO, poprzedzającego komercjalizację nowych roślin tworzonych przy użyciu technik rekombinacji DNA. Jednocześnie publikacja wyników wiarygodnych i szczegółowych badań prowadzonych z wykorzystaniem nowoczesnych metod i technologii, zgodnie z obowiązującymi procedurami prawnymi, powinna przyczyniać się do kreowania racjonalnego stosunku społeczeństwa do GMO.

Literatura: 1. Ash J., Scheideler S., Novak C.: Poultry Science Association Annual Abstracts, Supplement 1, 26, 2000. 2. Aubry M., Boucrot P.: Annals of Nutrition and Metabolism 30 (3), 175-182, 1986. 3. Beever D., Kemp C.: Nutrition Abstracts 70, 175-182, 2000. 4. Brake J., Vlachos D.: Poultry Science 77, 648-653, 1998. 5. Clark J., Ipharraguerre I.: Livestock performance: feeding biotech crops. Agricultural Biotechnology in the Global Marketplace. Symposium held in conjunction with American Dairy Science Association and American Society of Animal Science Meeting. Baltimore, USA, 2000. 6. Coon C.: Poultry Feed and Biotechnology. Poultry World. Sutton, Surrey, UK, 2001. 7. Daenicke R., Aulrich K., Flachowsky G.: Mais 4, 135-137, 1999. 8. Doerfler W., Schubert R.: Wiener Klinische Wochenschrift 110, 40-44, 1998. 9. Doerfler W., Schubert R., Heller H., Kammer C., Hilger-Eversheim K., Knoblauch M., Remus R.: Trends in Biotechnology 15, 297-301, 1997. 10. Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej nr 76, poz. 811. Ustawa o organizmach genetycznie zmodyfikowanych. 22 czerwca 2001. 11. EC: Preliminary text of Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council concerning traceability and labelling of genetically modified organisms and traceability of food and feed products produced from genetically modified organisms (http://europa.eu.int/comm/food/fs/biotech/biotech09_en.pdf) European Commission, Brussels, 25 July 2001. 12. EC: Preliminary text of Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on genetically modified food and feed (http://europa.eu.int/comm/food/fs/biotech/biotech08_en.pdf). European Commission, Brussels, 25 July 2001. 13. EC: Directive 2001/18/EC of the European Parliament and of the Council, 2001. 14. Edwards H., Douglas M., Parsons C., Baker D.: Poultry Science 79, 4, 525-527, 2000. 15. FAO/WHO: ALINORM 97/13 Report of the 28 Session of the Codex Committee on Food Hygiene. Rome, Italy, 1995. 16. FAO/WHO: Biotechnology and Food Safety. Report of a Joint FAO/WHO Consultation. Rome, Italy, 1996. 17. Faust M.: Livestock products – Corn composition and detection of transgenic DNA proteins. Agricultural Biotechnology in the Global Marketplace. Symposium

held in conjunction with American Dairy Science Association and American Society of Animal Science Meeting. Baltimore, USA, 2000. 18. Fergus L., Beever E., Phipps H.: Feed utilisation and safety of GM crops. Mat. konf. „Wykorzystanie roślin GM w żywieniu zwierząt i ludzi”. Warszawa, 2001. 19. Flachowsky G., Aulrich K.: Journal of Animal and Feed Science 10, sup. 1, 181-195, 2001. 20. Folmer J., Erickson G., Milton C., Klopfenstein T., Beck J.: Utilisation of Bt corn residue and corn silage for growing beef steers. Abstract 271 presented at the Midwestern Section ASAS and Midwest Branch ADSA Meeting, Des Moines, IA, 2000. 21. Folmer J., Grant R., Milton C., Beck J.: Journal of Dairy Science 83, 1182, Abstract 272, 2000. 22. Franck Oberaspach S., Keller B.: Plant Breeding 116 (1), 1-17, 1997. 23. Kleter G.A., Kuiper H.A.: Regulation of genetically modified crops for food & feed and their safety assessment. Mat. konf. „Wykorzystanie roślin GM w żywieniu zwierząt i ludzi”. Warszawa, 2001. 24. Kleter G., Noordam M., Kok E., Kuiper H.: New developments in crop plant biotechnology and possible implications for food product safety. Report 2000.004. RIKILT. Wageningen, 2000. 25. Klotz A., Einspanier R.: Mais 3, 109-111, 1998. 26. OECD: Report of OECD Workshop on Nutritional Assessment of Novel Foods and Feeds. Ottawa, Canada, 2001. 27. Padgett S., Taylor B., Nida I., Bailey R., MacDonald J., Holden R., Fuchs R.: Journal of Nutrition 126, 702-716, 1996. 28. Puszta A.: Journal of Nutritional Biochemistry 129 (8), 1597-1603, 1996. 29. Schubert R., Hohlweg U., Renz D., Doerfler W.: Molecular and General Genetics 259, 569-576, 1998. 30. Schubert R., Lettman C., Doerfler W.: Molecular and General Genetics 242, 495-504, 1994. 31. Shetty K.: Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition 6 (3), 162-171, 1997. 32. Spencer J., Allee G., Sauber T.: Journal of Animal Science 78, 6, 1529-1536, 2000. 33. Zduńczyk Z.: Journal of Animal and Feed Science 10, sup. 1, 195-211, 2001.

Artykuł recenzowany

Praktyczne wykorzystanie biotechniki rozrodu w doskonaleniu bydła mlecznego

Ireneusz Dymarski¹, Józef Jażdżewski¹, Zbigniew Dorynek²

¹ZZD w Pawłowicach, ²AR w Poznaniu

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania hodowlą bydła mlecznego w Polsce. Korzystne ceny za mleko sprawiły, że produkcja dużej ilości dobrego jakościowo surowca stała się opłacalna. Konsekwencją tego jest wzrost zainteresowania hodowców powiększaniem stad, między innymi poprzez zakup żeńskiego materiału hodowlanego. Jednocześnie istnieje zapotrzebowanie stacji unasienniania na wartościowy materiał hodowlany. Jednak ograniczone możliwości rozrodcze bydła są jednym z głównych czynników limitujących pokrycie zapotrzebowania zarówno na męski, jak

i żeński materiał hodowlany. Wprowadzenie do praktyki hodowlanej nowoczesnej biotechniki reprodukcji, jaką jest transplantacja embrionów, w znacznym stopniu pozwala na zaspokojenie potrzeb poprzez zwiększenie współczynnika reprodukcji krów, dając jednocześnie podstawy lepszego wykorzystania ich potencjału genetycznego [2, 4].

Wprowadzenie inseminacji na początku lat pięćdziesiątych spowodowało, że na postęp genetyczny decydujący wpływ miał buhaj, podczas gdy udział krowy – matki buhaja – był ograniczony. Zastosowanie techniki przenoszenia zarodków pozwoliło na zwiększenie znaczenia samicy w postępie hodowlanym na ścieżkach: matka – syn i matka – córka oraz ostrzejszą selekcję matek buhajów. Szerokie stosowanie w praktyce hodowlanej tej metody reprodukcji stwarza możliwości nie tylko przyspieszenia postępu hodowlanego w stadach, ale również modyfikacji programów hodowlanych.

W artykule przedstawiono wyniki 10-letniego okresu realizacji tematu badań, którego celem było doskonalenie zarodkowego stada bydła mlecznego z wykorzystaniem nowoczesnych metod rozrodu. Wychodząc naprzeciw sugestii ministerstwa rolnictwa oraz potrzebom regionu wielkopolskiego opracowany został przez SHiUZ w Poznaniu (1992 r.) regionalny program hodowli bydła. W programie tym, w odróżnieniu od dotychczas stosowanych metod pracy hodowlanej, założono, że stosowanie w rozrodzie metody ET pozwoli na szersze