

## **Przydatność i bezpieczeństwo roślin transgenicznych (GMO) w żywieniu zwierząt**

**Ryszard K. Pisarski, Eugeniusz R. Grela, Antoni Lipiec**

*Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie*

*ul. Akademicka 13, 20-032 Lublin*

*e-mail: ryszard.pisarski@up.lublin.pl*

**Słowa kluczowe:** GMO, rośliny transgeniczne, bezpieczeństwo żywienia

W sytuacji, w której eksponuje się żywieniowe walory produktów „proekologicznych” czy „prozdrowotnych” (cokolwiek terminy te miałyby oznaczać), a emocje często zastępują racjonalne argumenty, nie ma sprzyjającego klimatu dla środków żywienia pozyskanych na drodze manipulacji genetycznych. Najczęstszym powodem obaw jest – mimo licznych publikacji, choćby w *Postęпах Nauk Rolniczych*, które tej kwestii poświęcają sporo uwagi [5, 7, 21, 42] – brak rzetelnej wiedzy na temat organizmów genetycznie modyfikowanych i atmosfera zagrożenia, podsycana przez media nagłaśniające wyniki eksperymentów, wskazujących na horrendalne wręcz zagrożenie ze strony transgenów. Trzeba jednak zdawać sobie sprawę, że zdecydowana większość alarmistycznych wyników pochodzi z wydawnictw nierecenzowanych i z tego względu należy traktować je z rezerwą, co nie znaczy jednak, że ignorować czy bagatelizować. Obawy przed żywnością i paszami genetycznie zmodyfikowanymi można w jakiejś mierze rozumieć i usprawiedliwiać, zwłaszcza w świetle powszechnie znanej sentencji Hipokratesa, według której stajemy się tym, co spożywamy. Nie należy ich jednak demonizować, lecz traktować z właściwym człowiekowi racjonalizmem, jako że zmiany genetyczne *sensu largo* to nie tylko efekt biotechnologicznych manipulacji w laboratorium, ale także skutek naturalnej zmienności genetycznej, zachodzącej często skokowo (choćby na skutek mutacji), a także efekt prowadzonej hodowli.

Inżynieria genetyczna *sensu stricto* to jednak nie proces naturalny, lecz manipulacja (bez negatywnej konotacji), której celem jest „zmiksowanie, hybrydyzacja” DNA różnych organizmów, które w naturze nie miałyby szans na krzyżowanie. Jest to zatem wprowadzenie fragmentu obcego DNA (genu, genów) do genomu biorcy, prowadzące w konsekwencji do powstania organizmu genetycznie zmodyfikowanego – GMO (**Genetically Modified Organism**). Wedle Dyrektywy EC 2001/18 GMO

to organizm, który powstaje w efekcie zmian materiału genetycznego, niezachodzących w sposób naturalny, tj. przez kojarzenie i/lub rekombinację, a według OECD – dzięki tzw. zielonej biotechnologii lub agrobiotechnologii. Manipulację taką po raz pierwszy przeprowadzono w roku 1974, który z tego względu uznano za początek ery inżynierii genetycznej.

GMO mają wiele niewątpliwych zalet, które można zgrupować w trzy podstawowe obszary:

- poprawa plonów – jakościowa i ilościowa;
- możliwość uzyskania żywności funkcjonalnej, zawierającej np. nutraceutyki;
- możliwość zastosowania organizmów transgenicznych jako alternatywy dla polimerów przemysłowych lub w celu rekultywacji zdegradowanego środowiska.

Niektóre efekty, z pozoru łatwe do osiągnięcia, pozostają jeszcze w sferze zamierzeń, jak choćby zastosowanie GMO jako leków czy szczepionek (przeciw żółtacze typu B czy cholera) [27]. Rośliny transgeniczne mogą także być wzbogacone w składniki biologicznie aktywne, o wyjątkowym znaczeniu dla zdrowia konsumenta, np. w likopen (pomidory),  $\beta$ -karoten (ryż) i  $\alpha$ -glicyninę (soja) [19, 29]. Prawdopodobnie wydaje się też zwiększenie zawartości lizyny w białku kukurydzy, co radykalnie poprawi jego wartość odżywczą, a także zmiana profilu kwasów tłuszczowych (KT) w lipidach nasion soi i rzepaku, która korzystnie wpłynie na proporcję KT rodzin n-3 i n-6. Efektów tych jeszcze nie udało się osiągnąć, gdyż modyfikowane odmiany nie są całkowicie ustabilizowane, ale już obecnie istnieją rośliny tolerujące herbicydy, gwarantujące poprawę plonów przy radykalnym ograniczeniu stosowania środków ochrony (niewątpliwych ksenobiotyków), co powinno być argumentem dla zwolenników zrównoważonej ochrony środowiska.

Poczynione dotychczas modyfikacje genetyczne nie są rozległe i najczęściej ograniczają się do zminimalizowania wrażliwości roślin uprawnych na:

- herbicydy (wprowadzenie cech tolerancji herbicydu o działaniu totalnym, dzięki syntezie enzymów rozkładających substancję czynną herbicydu: glifosat i/lub glufosynat);
- szkodniki (przeniesienie genów białka Bt, toksycznego dla niektórych owadów, z *Bacillus thuringiensis* do rośliny uprawnej);
- choroby wywoływane przez wirusy, bakterie i grzyby – wprowadzenie genów indukujących odporność roślin poprzez syntezę enzymów niszczących ścianę komórkową: chitynazy, gluknanazy lub błonę komórkową: osmotyny [31].

Dzięki modyfikacji genetycznej możliwe jest także zwiększenie potencjału adaptacyjnego roślin pastewnych do niesprzyjających warunków środowiskowych, np. kwasowości gleby [18].

Nic dziwnego zatem, że rośliny transgeniczne stawały się w ostatnich latach coraz popularniejsze, i to zarówno w rozwiniętych, jak i rozwijających się krajach. W latach 1996–2003 areał upraw GMO zwiększył się z 3 do 70 mln ha, z czego większość przypadła na Stany Zjednoczone i Argentynę, w których to krajach około 80%

powierzchni upraw stanowiły rośliny GM – głównie soja i kukurydza. Znaczący wzrost areału upraw GMO odnotowano w tym okresie także w Brazylii [28]. Obecnie rośliny transgeniczne uprawiane są na 134 mln ha w 25 krajach [20]. W porównaniu ze skalą upraw na świecie, w krajach EU areał roślin transgenicznych jest znikomy, a ponadto w użytkowaniu jest tylko jeden gatunek – kukurydza MON 810. W Europie czołowym producentem roślin transgenicznych jest Hiszpania. Na kolejnych miejscach plasują się Czechy, Portugalia, Niemcy (gdzie w 1990 powstało pierwsze prawo dotyczące inżynierii genetycznej), Słowacja, Rumunia i Polska (około 3000 ha upraw roślin GM). Warto odnotować, że do niedawna jednym z ważniejszych producentów roślin genetycznie modyfikowanych była Francja, która jednak od 2008 roku wprowadziła zakaz ich uprawy, narażając się na konsekwencje ze strony UE.

Z oczywistych względów interesujące jest stanowisko Polski wobec GMO. Podejście naszego kraju do GMO wydaje się bardzo restrykcyjne: 18 listopada 2008 roku Rząd Polski przyjął Stanowisko Ramowe, w którym opowiedział się przeciw wprowadzaniu do obrotu roślin GM i ich otwartej uprawie; dopuścił jednak możliwość prowadzenia badań nad zamkniętym użyciem roślin transgenicznych. Wedle intencji Rządu, Polska ma mieć status „kraju wolnego od GMO”, co nie zyskuje jednak aprobaty UE. Zgodnie z aktualnym stanem wiedzy decyzja ta wydaje się kontrowersyjna, jako że zdecydowana większość badań wskazuje, że GMO nie zagrażają ani zwierzętom, ani człowiekowi. Przyznać jednak należy, że w piśmiennictwie można znaleźć doniesienia o potencjalnym niebezpieczeństwie GMO; wymienia się tu zwłaszcza toksyczny i alergizujący efekt „obcych białek”. Wskazuje się też na metodologiczne niedostatki niektórych badań, których wyniki potwierdzają brak zagrożenia ze strony GMO; badaniom tym zarzuca się przede wszystkim to, że zostały przeprowadzone dosyć pośpiesznie (czego *nota bene* wymagała konieczność) i – co gorsza – nie zawsze na reprezentatywnej grupie zwierząt.

Przeciwnicy GMO uważają, że korzyści, jakie można uzyskać stosując modyfikowane organizmy są niewspółmiernie mniejsze niż potencjalne zagrożenia, takie choćby jak nieprzewidywane interakcje genowe, synteza substancji toksycznych czy zaburzenia przemiany materii [2]. Ich zdaniem, transgeniczne rośliny tolerujące herbicydy będą traktowane tymi środkami w nieporównanie większym stopniu niż rośliny konwencjonalne, czego konsekwencją – w przypadku ich zastosowania w żywieniu – będzie wprowadzenie do organizmu konsumenta pozostałości herbicydów, np. glifosatu [17]. Za nieobojętną uznają także możliwość pojawienia się dimeru l-tryptofanu, którego szkodliwość *per se* została wielokrotnie potwierdzona, syntetyzowanego jakoby przez transgeniczne mikroorganizmy [25].

Jednym z najczęściej rozważanych potencjalnych zagrożeń jest niekontrolowany horyzontalny transfer DNA – do organizmów tego samego lub innych gatunków, a nawet między królestwami roślin i zwierząt [6]. Mimo że jest to teoretycznie możliwe, nigdy nie stwierdzono horyzontalnego transferu zmodyfikowanego DNA do bakterii przewodu pokarmowego człowieka czy zwierząt. Tym bardziej wątpliwe,

niemniej nie do wykluczenia *a priori*, jest prawdopodobieństwo wertykalnego wpływu GMO – transfer zmodyfikowanego DNA do potomnych pokoleń konsumentów.

Wątpliwości i ocena potencjalnego ryzyka zdają się leżeć u podstaw podejścia poszczególnych krajów do kwestii uprawy roślin transgenicznych. Zdecydowanie bardziej liberalne stanowisko w tym względzie zajmują USA, podczas gdy kraje EU, podnosząc argumenty bezpieczeństwa człowieka, zwierząt i względów ochrony środowiska, są znacznie bardziej ostrożne. Na odmiennosc postaw zwraca uwagę Rowland [34], wskazując przy tym, że ocena bezpieczeństwa pokarmów genetycznie modyfikowanych jest wielkim wyzwaniem, i to zarówno na etapie badań, jak i interpretacji wyników, gdyż rutynowe testy toksykologiczne, sprawdzające się wobec pojedynczych substancji mogą nie dać w pełni wiarygodnego wyniku w przypadku badania pokarmów wieloskładnikowych.

Przyszłość roślin GM, jakkolwiek zapowiadająca się obiecująco, będzie zależeć od wyników badań dotyczących wszelkich możliwych konsekwencji ich uprawy i stosowania w charakterze środków żywienia. Dotychczasowe badania porównujące rośliny tradycyjne i transgeniczne, których wyniki przytoczono poniżej, nie wykazują możliwości szkodliwego wpływu GMO na konsumentów. Według ich autorów, białko badanych roślin transgenicznych było trawione tak samo jak białko roślin tradycyjnych, a w produktach zwierzęcych nie stwierdzono obecności zmodyfikowanego DNA. Takie są konkluzje badań cytowanych w dalszej części artykułu\*. Aczkolwiek nie wskazują one na zagrożenia, gwoili uczciwości i rzetelności, tak czysto ludzkiej, jak i naukowej, należy dopuścić ewentualność, że nie są one w stanie wykazać zagrożeń, jako że te mogą ujawnić się dopiero w kolejnych generacjach, a badania często dotyczą zwierząt niepozostawiających po sobie potomstwa. Nie zawsze też uwzględniają efekty odroczone, albo trwają dość krótko. Niestety, na tym etapie badań nie można z całą pewnością wykluczyć ewentualnej absorpcji i dystrybucji „obcego” DNA w organizmach zwierząt żywionych paszami transgenicznymi, chociaż wiele wskazuje, że obawy są bezpodstawne. Ponadto wiele przytoczonych badań dotyczy równoważności składnikowej i na jej podstawie udziela odpowiedzi na fundamentalne pytanie dotyczące stosowania GMO w żywieniu: czy możliwy jest odmienny efekt żywieniowy w sytuacji jednakowego składu? Gdyby równoważność dotyczyła wszystkich bez wyjątku składników, odpowiedź byłaby oczywista. Trudno jednak o niezachwianą pewność, że tak właśnie jest.

Jednym z wiodących europejskich ośrodków badań nad GMO jest Braunschweig, w którym w roku 1997 wdrożono program, mający dać odpowiedź, czy równoważne składnikowo rośliny transgeniczne pierwszej generacji: Bt-kukurydza, Pat-kukurydza, Pat-buraki cukrowe i Gt-soja mogą modyfikować wyniki produkcyjne [10].

---

\* Informacje o wynikach (głównie z ostatniej dekady) zaczerpnięte zostały, bez żadnej preselekcji, z bazy „SCOPUS” (opcja document search).

Badania prowadzono na brojlerach, nioskach, świnich, owcach i bydle (w tym przetokowanych krowach). Do roku 2001 nie stwierdzono istotnych różnic w wartości odżywczej badanych pasz transgenicznych i konwencjonalnych [11]. Wykazano pełną równoważność składnikową, a ponadto nie stwierdzono obecności fragmentów obcego DNA w tkankach zwierząt doświadczalnych. W dwu kolejnych raportach z badań prowadzonych w Braunschweigu znaleźć można potwierdzenie, że gen Bt nie modyfikuje strawności składników pokarmowych kukurydzy ani jej wartości energetycznej. Nie zmienia też składu aminokwasowego białka, profilu kwasów tłuszczowych (KT), zawartości polisacharydów nieskrobiowych (NSP) i składników mineralnych [1]. Również w badaniach nad Pat-kukurydzą nie stwierdzono różnic w zawartości podstawowych składników pokarmowych (w tym skrobi), w składzie aminokwasowym białka, profilu KT i zawartości włókna neutralno detergentowego (NDF). Podobne wyniki uzyskano w przypadku buraków z genem Pat [3].

Badacze z Braunschweigu opublikowali w roku 2003 wyniki eksperymentów dotyczących hybrydu kukurydzy Bt 176, stosowanego przez 5 tygodni w żywieniu kurcząt brojlerów [39]. Przeprowadzone analizy pasz nie wykazały różnic w składzie chemicznym, składzie aminokwasowym białka i profilu KT lipidów. Kurczęta żywione kukurydzą transgeniczną lub konwencjonalną uzyskały zbliżone efekty produkcyjne; istotnych różnic nie stwierdzono także w pozornej strawności składników pokarmowych. We krwi pobranej przed ubojem wprost z serca (aby wykluczyć możliwość kontaktu z przypadkowym DNA) nie stwierdzono zróżnicowania łącznej objętości elementów morfotycznych krwi ani innych wskaźników osocza. Nie zaobserwowano także różnic w składzie analizowanych prób mięśni piersiowych i udowych, mięśnia sercowego, wątroby, nerek, śledziony, torby Fabrycjusza i grasicy. W teście strawnościowym, przeprowadzonym pomiędzy 20. a 25. dniem odchowu brojlerów stwierdzono, że pasaż DNA kukurydzy transgenicznej i konwencjonalnej w przewodzie pokarmowym jest zbliżony, a ponadto DNA hybrydu Bt 176 jest częściowo rozkładany – podobnie jak konwencjonalny. Badając metaboliczne losy DNA zauważono, że w próbach występują bardzo krótkie fragmenty DNA (199 par zasad) chloroplastów. Ich obecność stwierdzono we krwi, mięśniach, wątrobie, śledzionie i nerkach, ale zanikały one po nieco wydłużonym okresie głodówki poprzedzającej ubój. Co ważne, w żadnej z badanych prób nie stwierdzono obecności fragmentów DNA, właściwych genowi Bt.

Podobne informacje dotyczące losów DNA przedstawione zostały przez zespół badawczy Brolla, zajmujący się reakcją świń na transgeniczne ziemniaki 1-SST i 1-FFT. Po 42 dniach doświadczenia w żadnym z badanych organów, ani w treści układu pokarmowego, nie stwierdzono obecności obcego DNA, chociaż specyficzny DNA chloroplastów został odnaleziony w treści dwunastnicy, jelita czczego, okrężnicy i odbytnicy. Pojedyncza sekwencja genu kodującego inhibitor metalo-karboksypeptydazy została zidentyfikowana w treści żołądka świń karmionych izogennymi ziemniakami i w dwunastnicy oraz jelicie biodrowym zwierząt żywionych

ziemniakami transgenicznymi. Nie zaobserwowano jednak inkorporacji obcego DNA w genom świń [4].

Podobne badania dotyczyły ewentualnej obecności obcego DNA w treści jelit i tkankach świń, w zależności od czasu wpływającego od ostatniego karmienia dawką, w skład, której wchodziła kukurydza z genem Bt [32]. Rekombinowany DNA stwierdzano wyłącznie w treści jelit zwierząt ubitych przed upływem 48 h od ostatniego karmienia. Godne podkreślenia jest, że chociaż w tkankach świń znajdowano fragmenty roślinnego DNA, nie były to rekombinacje specyficzne dla kukurydzy transgenicznej.

Od roku 1997 w Braunschweigu przeprowadzono 18 eksperymentów. W 16 przypadkach badania dotyczyły pierwszej generacji roślin GM, a więc roślin o składzie chemicznym identycznym ze składem roślin konwencjonalnych, w 2 przypadkach – roślin transgenicznych drugiej generacji, cechujących się istotnymi zmianami w składzie chemicznym (rzepak o zmodyfikowanym profilu KT i ziemniaki zmodyfikowane pod kątem zawartości inuliny). Większość wyników została już przedstawiona w niniejszym artykule, niemniej warto zwrócić uwagę na eksperyment dotyczący potencjalnego, długoterminowego wpływu roślin transgenicznych na reprodukcję zwierząt. Badaniem objęto 10 pokoleń przepiórek japońskich i 4 pokolenia kur niosek. Uzyskane wyniki dowodzą, że genetycznie modyfikowane rośliny nie wywierały nie tylko bezpośredniego wpływu na spożywające je zwierzęta, ale także na ich pokolenia potomne, co wydaje się szczególnie istotne [12].

Z badań przeprowadzonych na szczurach, kurczętach brojlerach, sumach i krowach mlecznych, trwających odpowiednio 4, 6, 10 i 4 tygodnie, żywionych śrutą z nasion dwu linii soi transgenicznej lub soi izogenicznej, wynika, że przyrost masy ciała, wykorzystanie paszy, a także produkcja mleka i jego skład były podobne – nie stwierdzono pomiędzy nimi różnic statystycznie istotnych [14]. Niewątpliwie było to konsekwencją jednakowego składu chemicznego nasion obu linii soi transgenicznej (40-3-2 i 61-67-1) oraz soi niezmodyfikowanej, uwzględniającego podstawowe składniki odżywcze, profil aminokwasowy, profil kwasów tłuszczowych oraz zawartość składników antyodżywczych, takich choćby jak inhibitory tripsyny, lektyny, izoflawony, stachioza, rafinoza czy fitinyiany [32].

Podobne badania, dotyczące kukurydzy, przeprowadził zespół badawczy Sidhu [36]. Analizowali oni skład chemiczny (w tym skład aminokwasowy białka i profil KT lipidów) kukurydzy z dwu sezonów wegetacyjnych. Porównanie dotyczyło kukurydzy GA21 i kukurydzy konwencjonalnej, i – jak autorzy podają – „z wyjątkiem kilku drobnych różnic, które nie mogły mieć biologicznego znaczenia” zarówno ziarno, jak i zielenka kukurydzy GM i konwencjonalnej były „porównywalne”. Żywieniowe bezpieczeństwo kukurydzy GA21 oceniano także w doświadczeniu na kurczętach brojlerach, którego wyniki nie wykazały różnic w tempie wzrostu, wykorzystaniu paszy na przyrost masy ciała i masy tłuszczu zapasowego, co pozwoliło autorom na konkluzję, że kukurydza transgeniczna jest „równie bezpieczna i odżyw-

cza jak kukurydza konwencjonalna”. W roku 2004 wyniki badań nad transgeniczną soją opublikował zespół pod kierunkiem Zhu [43]. Chińskie badania dotyczyły soi odpornej na Roundup (RR) i zostały przeprowadzone na szczurach, przyporządkowanych do 4 grup. W grupie pierwszej stosowano soję konwencjonalną, w pozostałych – transgeniczną. W grupie drugiej stanowiła ona 30% dawki, w trzeciej – 60% a w czwartej – nawet 90% (w grupie 4. nie udało się zbilansować dawki na poziomie grup 1–3). Podczas 13-tygodniowego eksperymentu nieco mniejszą masę ciała i gorsze wykorzystanie karmy stwierdzono tylko w grupie czwartej i to jedynie w 1. tygodniu badań. Wskaźniki hematologiczne, skład osocza krwi i moczu nie były znacząco zróżnicowane. Również badania sekcyjne nie wykazały wpływu soi GM na badane cechy. Co szczególnie istotne, w mięśniach szczurów żywionych transgeniczną soją nie zidentyfikowano specyficznych dla niej konstrukcji genów, jak choćby liczącego 145 par zasad genu cp4. Finalnie, nie stwierdzono niekorzystnego wpływu soi GM na szczury, nawet jeżeli stanowiła ona 90% dawki.

Wspomniane powyżej nieznaczące, niepotwierdzone statystycznie, zmniejszenie masy ciała wydaje się interesujące i nieodosobnione w przypadku stosowania GMO. Zaobserwowali je także El Sanhoty wraz z współpracownikami, badając ziemniaki linii Spunta z genem Cry V [9]. Jakkolwiek skład chemiczny ziemniaków konwencjonalnych i transgenicznych, uwzględniający 14 składników odżywczych, był prawie taki sam, jakkolwiek prawie identyczna była zawartość analizowanych składników antyodżywczych (glikoalkaloidy, inhibitory enzymów proteolitycznych i suma związków fenolowych), to jednak masa ciała 30-dniowych albinotycznych szczurów żywionych ziemniakami transgenicznymi (w ilości 30%) była nieco mniejsza. Poza tym wyniki testu nie wykazały jakichkolwiek znaczących różnic u zwierząt żywionych ziemniakami niezmodyfikowanymi i transgenicznymi; takie samo było tempo wzrostu, pobranie i wykorzystanie karmy, takie same wskaźniki biochemiczne, skład osocza krwi i względna masa organów wewnętrznych (wątroby, śledziony, serca, nerek i jąder). Konkluzja musiała być zatem jednoznaczna: ziemniaki GM linii Spunta mają taki sam skład i właściwości biochemiczne jak konwencjonalne ziemniaki Spunta.

Istotnych różnic we względnej masie narządów wewnętrznych, wartości wskaźników morfologicznych i większości wskaźników biochemicznych krwi nie zaobserwowano także u szczurów żywionych przez 35 dni transgenicznymi ziemniakami o zwiększonej zawartości białka, linii J2sub. Szczury żywiono izoproteinowymi dietami z udziałem 20% suszu z ziemniaków transgenicznych o zawartości 16,2% białka lub konwencjonalnych (linia Desiree o zawartości 10,7% białka surowego w suchej masie). Składniki pokarmowe ziemniaków transgenicznych nie były trawione gorzej; stwierdzono wręcz, że strawność tłuszczu i włókna w dawkach z ich udziałem była większa w porównaniu do dawek zawierających ziemniaki konwencjonalne, a strawność masy organicznej była nawet istotnie lepsza [22]. Wyniki przywołanego eksperymentu zdają się zatem dobrze rokować możliwości zastosowania w żywieniu zwierząt nie tylko GMO pierwszej, ale i drugiej generacji.

Trwający 90 dni test, przeprowadzony na 400 szczurach żywionych dietą zawierającą 11 lub 33% kukurydzy MON 810 lub jej niezmodyfikowanego genetycznie odpowiednika, potwierdził bezpieczeństwo stosowania kukurydzy transgenicznej [16]. Nie zaobserwowano jakichkolwiek istotnych różnic w stanie zdrowia zwierząt, masie ciała, pobraniu karmy, masie organów wewnętrznych, wskaźnikach hematologicznych oraz w składzie moczu. Na podstawie uzyskanych wyników zespół skonkludował, że kukurydza MON 810 musi być uznana za ekwiwalent kukurydzy konwencjonalnej, jako że jest tak samo bezpieczna i odżywcza.

Przeprowadzony w identycznym układzie test dotyczący bezpieczeństwa stosowania i wartości odżywczej kukurydzy MON 863 jest ze wszech miar godzien odnotowania i refleksji [15]. W ostatecznej konkluzji Autorzy stwierdzili (podobnie jak w poprzednim eksperymencie), że wyniki uzyskane w efekcie stosowania kukurydzy MON 863 są „porównywalne” z wynikami zwierząt żywionych konwencjonalnymi odmianami kukurydzy, a zatem jest ona równie bezpieczna i odżywcza. Wniosek ostateczny sformułowano na podstawie ogólnego stanu zdrowia zwierząt, masy ciała, spożycia karmy, wskaźników patologii klinicznej, obrazu tkanek i masy narządów wewnętrznych. Nie wszystkie analizowane wskaźniki były, co prawda, identyczne; w niektórych przypadkach stwierdzono różnice, które jednak uznano za nieistotne. Przykładowo, proporcja masy nerki do masy ciała u szczurów żywionych MON 863 była nieco mniejsza niż u zwierząt żywionych kukurydzą konwencjonalną. Zauważono przy tym pewną zależność od płci. O ile u samic (15 szt.) zmian w nerkach (np. ognisk zapalnych) i sercu (kardiomiopatia) było praktycznie tyle samo u osobników żywionych kukurydzą GM i izogeniczną-konwencjonalną (odpowiednio 6:7 i 7:7), o tyle u samców (20 szt.) zmian patologicznych w nerkach było nieco więcej (11:7), ale za to przypadków kardiomiopatii – mniej (6:11). Ostateczna konkluzja była jednak korzystna dla MON 863, co stało się przyczyną dyskusji naukowej i sporu.

Korzystając z możliwości dostępu do „surowych” wyników doświadczenia zrelacjonowanego powyżej, zespół badaczy francuskich, pod kierownictwem Seralini’ego, reprezentującego Komitet na Rzecz Niezależnej Informacji i Badań w Zakresie Inżynierii Genetycznej, dokonał reinterpretacji wyników. Można założyć, że to właśnie nieufność wobec badaczy związanych z Monsanto nakazała z rezerwą odnieść się do wyników ich testu, co stało się możliwe po wyroku sądu apelacyjnego w Münster, który nakazał udostępnienie wszystkich surowych wyników tych badań, tak by mogły one być przeanalizowane przez innych badaczy. Znamienne dla tej sytuacji jest, że oba zespoły, dysponując tymi samymi danymi, doszły do zgoła odmiennych wniosków, co podważa wiarygodność naukową jednego z nich. Jest to jednak dobitny acz naganny przykład tego, jak nastawienie i przekonania rzutują na interpretację wyników. Seralini i współpracownicy stwierdzili, że wyniki badań zespołu Hammonda wskazują na pewną, zależną od udziału kukurydzy GMO w dawkach, różnicę w masie ciała i na hepatotoksyczność kukurydzy MON 863. Uznali przy tym, że ich wyniki są bliższe prawdy, bo użyli właściwych metod statystycznych



i nieco inaczej skonstruowali model doświadczenia. W konkluzji zaś podnieśli, że konieczne są dłuższe badania, żeby wskazać rzeczywistą naturę i zakres możliwych zmian patologicznych. Obecnie, według cytowanych autorów, nie można jednoznacznie stwierdzić, że GM MON 863 jest bezpiecznym produktem [35].

W tym samym roku (2006) opublikowane zostały wyniki badań nad przydatnością bawełny Bt-Cry 1c dla kurcząt brojlerów [8]. W 49-dniowym eksperymencie 120 kurcząt podzielono na 3 grupy, wszystkie żywione mieszankami izobiałkowymi i izoenergetycznymi, przy czym w mieszankach dla grup 1. i 2. było 10% śruty bawełnianej poekstrakcyjnej otrzymanej z roślin transgenicznych i/lub konwencjonalnych, a grupa 3. otrzymywała mieszankę wyłącznie sojowo-kukurydzaną. Śruta bawełniana zawierała gossypol całkowity i wolny (odpowiednio bawełna modyfikowana: 12,7 i 0,7, konwencjonalna: 12,5 i 0,4 g · kg<sup>-1</sup>). Badając co 7 dni przyrost i wykorzystanie paszy stwierdzono, że do 7. tygodnia tempo wzrostu i wykorzystanie paszy były identyczne, ale od 5. do 7. tygodnia istotnie lepiej ( $p \leq 0,01$ ) wykorzystywana była mieszanka z udziałem bawełny transgenicznej. Cechy rzeźne tuszek również były podobne, z wyjątkiem mięśnia udowego. Badane wskaźniki, w tym hematologiczne, białko osocza i poziom cholesterolu nie różniły się. Z powyższego wynika, że poddana badaniom transgeniczna bawełna nie wywiera negatywnego wpływu ani na efekty produkcyjne odchowu brojlerów, ani na wskaźniki biochemiczne i może bezpiecznie być stosowana w przetestowanej ilości.

Kolejny rok przyniósł raport z badań toksykologicznych na szczurach Sprague-Dawley, żywionych *ad libitum* przez 13 tygodni transgeniczną kukurydzą z genami Cry 1F i Pat [26]. Porównywano cechy szczurów otrzymujących kukurydzę linii 1507, blisko-izogeniczną kukurydzę 33P66 i niemodyfikowaną genetycznie hybrydę komercyjną 33J56. Skład chemiczny ziarna uwzględniający aminokwasy, składniki mineralne, antyodżywcze i metabolity wtórne był bardzo zbliżony. Podczas 90 dni nie stwierdzono różnic w wartości odżywczej dawek ani efektów toksycznych (klinicznych) neuro-behawioralnych czy zaburzeń wzroku. Wskaźniki kliniczne, hematologiczne i analizy moczu też się istotnie nie różniły. Zbliżona była masa organów wewnętrznych, a badania zmian patologicznych lub submikroskopowych nie wykazały niepokojącego wpływu kukurydzy transgenicznej. Uzyskane wyniki przekonują, że kukurydza linii 1507 jest równie bezpieczna i odżywcza jak ziarno niemodyfikowane genetycznie. Na brak zagrożenia ze strony genetycznie modyfikowanych kukurydzy MON 810 i soi RR wskazują także aktualne badania zespołu Świątkiewicza [37].

Obiecujących wyników dostarczają wielopokoleniowe badania wpływu genetycznie modyfikowanego pszenżyta na odpowiedź immunologiczną myszy C57BL/6J [23]. Pięć generacji myszy żywiono karmą z 20% udziałem konwencjonalnego lub transgenicznego ziarna (pszenżyto o cechach tolerancji herbicydu BASTA). U myszy F5 stwierdzono, co prawda, powiększone węzły chłonne (jednak nie śledzone) i większą liczbę białych krwinek, ale różnice nie odbiegały od normy. Mniej było u nich także

limfocytów T w śledzionie i węzłach chłonnych oraz B w węzłach chłonnych i krwi. Dużo wyższy był poziom interleukin IL-2, a niższy IL-6. Nie stwierdzono natomiast zmian poziomu interferonu i immunoglobulin IgE, co pozwoliło autorom na konkluzję, że zmiany obserwowane u myszy F5 w efekcie żywienia transgenicznym pszenizytem nie są wywołane przez proces nowotworowy i nie są reakcją alergiczną.

Badania dotyczące GMO nie zawsze angażują zwierzęta, czasami ograniczają się jedynie do analizy składu, zwłaszcza w zakresie składników specyficznych, o uznanych funkcjach biologicznych, trudnych do przecenienia – krytycznych dla zdrowia człowieka czy zwierząt. Tak było w przypadku badań Venneria i in. [41], którzy w badaniach porównawczych oceniali wartość odżywczą pszenicy rab1, kukurydzy Bt i pomidorów ro1D. W badaniach uwzględniono profil KT lipidów, zawartość niezmodyfikowanej się frakcji antyoksydantów, ogólną zawartość fenoli, polifenoli, karotenoidów, witaminy C, aktywność antyoksydacyjną i skład mineralny plonów. W przypadku pszenicy i kukurydzy nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy roślinami transgenicznymi i konwencjonalnymi, natomiast w pomidorach transgenicznych aktywność antyoksydacyjna była istotnie mniejsza niż w konwencjonalnych. Autorzy składowali jednak, że na podstawie znaczącej zbieżności składu (w rozumieniu WHO, OECD i UNFAO), uzyskane dane wspierają tezę, wedle której badane rośliny transgeniczne mają wartość odżywczą podobną do wartości roślin konwencjonalnych. Z poglądem tym można oczywiście polemizować, podnosząc, że to właśnie aktywność antyoksydacyjna pomidorów (likopen) jest jedną z ich największych zalet. Można też nie zgadzać się, by o ewentualnej szkodliwości roślin transgenicznych wyrokować jedynie na podstawie równoważności składnikowej.

Jak widać, interpretacja wyników badań niekiedy jest projekcją postaw badaczy wobec analizowanego problemu, co oczywiście musi wywoływać pewne wątpliwości. Wydaje się, że należy respektować odmienne podejście do GMO i dobrze byłoby pozostawić człowiekowi wybór (o ile oczywiście nie okazałoby się, że GMO rozprzestrzeniają się w środowisku w sposób niekontrolowany i nieodwracalny), by mógł decydować, czy chce spożywać GMO, czy nie. W tym celu opracowano użyteczne metody analityczne, pozwalające na szybkie i pewne wykrycie zmodyfikowanych genów, zwłaszcza w roślinach, które najczęściej są modyfikowane: soi i kukurydzy. Co ważne, opracowane ostatnio metody, jak choćby te proponowane przez zespół Garay'a, pozwalają na identyfikację zmodyfikowanego DNA nie tylko w surowcach, ale i w przetworzonych produktach [13].

W Polsce GMO traktowane są z rezerwą, o czym świadczą proponowane regulacje prawne i skala zastosowania. Z badań prowadzonych w Państwowym Instytucie Weterynarii w Puławach w latach 2004–2006 wynika, że obecność transgenów stwierdzono jedynie w 141 z 232 prób paszy (w 134 przypadkach była to zmodyfikowana genetycznie soja, w 7 – kukurydza) [24]. Wyniki uzyskane w roku 2005 są bardzo podobne: z 87 badanych prób pasz, 53 zawierały rośliny transgeniczne; w 50 zidentyfikowano transgeniczną soję RR, a w 3 – zmodyfikowaną kukurydzę MON 810 [37].

## Podsumowanie

Dokonany przegląd informacji dotyczących bezpieczeństwa GMO może wskazywać, że nie stanowią one zagrożenia. Nie będzie to jednak na pewno argumentem dla nieprzejednanych przeciwników manipulacji genetycznych, dla których nawet odrobina wątpliwości jest wystarczającym powodem, by zdyskwalifikować GMO jako potencjalne zagrożenie. Materia jest na tyle subtelna, że nie wolno nikomu, zwłaszcza hołdującemu zasadzie ostrożności, odmawiać prawa do występowania przeciwko ingerencji w genom, której skutki nie są do końca poznane. Wykorzystanie GMO budzi kontrowersje i wątpliwości, ale gwoli prawdy należałoby przyznać, że tak było z wieloma epokowymi wręcz wynalazkami, bez których dziś cywilizacja nie potrafiłaby, czy nie chciała funkcjonować. Wątpliwości, trzeba koniecznie rozpraszać, zgodnie z jak najlepszą wiedzą i uczciwością badawczą. Ze względu na ideę zrównoważonego rozwoju konieczne jest znalezienie bezpiecznego, ale i efektywnego rozwiązania, choćby takiego, jakie postulowali już w 2001 roku Meningaud i in. [30] – kompilacji dwu przeciwstawnych sposobów postępowania w kwestii GMO: czujności i kontroli po wprowadzeniu produktu na rynek, czyli ochrony *a posteriori* oraz działań wynikających ze stosowania zasady ostrożności (*a priori*), analogicznie do zasady, jaka obowiązuje w badaniach nad nowymi lekami, a więc ochrony człowieka podczas badań biomedycznych, i stosowania odpowiednich przepisów po wprowadzeniu specyfiku do obrotu. Tak powinno być w przypadku produkcji żywności z wykorzystaniem biotechnologii, której nie wolno demonizować, na co wskazuje Twardowski [40], pisząc, że w minionym stuleciu wyginęło na Ziemi przynajmniej 30% gatunków, ale nie stało się to za sprawą inżynierii genetycznej.

## Literatura

- [1] Aulrich K., Bohme H., Daenicke R., Halle I., Flachowsky G. 2001. Genetically modified feeds in animal nutrition. 1<sup>st</sup> communication: *Bacillus thuringiensis* (Bt) corn in poultry, pig and ruminant nutrition. *Arch. Anim. Nutr.* 54(3): 183–195.
- [2] Bertoni G., Marsan A.P. 2005.: Safety risks for animals fed genetic modified (GM) plants. *Vet. Res. Commun.* 29 (Suppl. 2): 13–18.
- [3] Bohme H., Aulrich K., Daenicke R., Flachowsky G. 2001. Genetically modified feeds in animal nutrition. 2<sup>nd</sup> communication. Glufosinate tolerant sugar beets (roots and silage) and maize grains for ruminants and pigs. *Arch. Anim. Nutr.* 54(3): 197–207.
- [4] Broll H., Zagon J., Butschke A., Leffke A., Spiegelberg A., Bohme H., Flachowsky G. 2005. The fate of DANN of transgenic inulin synthesizing potatoes in pigs. *J. Anim. Feed. Sci.* 14 (Suppl.1): 337–340.
- [5] Brzóska F., Koreleski J., Korol W. 2009. Skutki wprowadzenia zakazu stosowania pasz GMO w żywieniu zwierząt. *Post. Nauk Rol.* 3–4: 83–99.
- [6] Conway G. 2000. Genetically modified crops: Risks and promise. *Conserv. Ecol.* 4: 2.
- [7] Dąbrowski Z.T. 2009. Rozbieżności w ocenie korzyści i zagrożeń wynikających z uprawy roślin GM dla środowiska. *Post. Nauk Rol.* 5–6: 7–18.
- [8] Elangovan A.V., Tyagi P.K., Shrivastav A.K., Mandal A.B. 2006. GMO (Bt-Cry1Ac gene) cottonseed meal is similar to non-GMO free gossypol cottonseed meal for growth performance of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 129(3–4): 252–263.

- [9] El Sanhoty R., Abd El-Rahman A.A. Bogl K.W. 2004. Quality and safety evaluation of genetically modified potatoes Spunta with Cry V gene; Compositional analysis, determination of some toxins, antinutrients compounds and feeding study in rats. *Nahrg.-Food* 48(1): 13–18.
- [10] Flachowsky G., Aulrich K. 1999. Animal nutrition and genetic modified organisms (GMO). *Landbauforschung Volkenrode* 49: 13–20.
- [11] Flachowsky G., Aulrich K. 2001. Nutritional assessment of feeds from genetically modified organism. *J. Anim. Feed Sci.* 10 (Suppl. 1): 181–194.
- [12] Flachowsky G., Aulrich K., Bohme H., Halle I. 2007. Studies on feeds from genetically modified plants (GMP) – Contributions to nutritional and safety assessment. *Anim. Feed Sci. Technol.* 133 (1–2): 2–30.
- [13] Garay A.G., Mayas I.G., Garcia G.V. 2009. Suitable method for simultaneous and specific detection of maize (*Zea mays* L.) and genetically modified soybean (*Glycine max* L.) in animal feeds. *J. Anim. Feed Sci.* 18(1): 162–172.
- [14] 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. The feeding value of soybeans fed to rats, chickens, catfish and dairy cattle is not altered by genetic incorporation of glyphosate tolerance. *J. Nutr.* 126(3): 717–727.
- [15] Hammond B., Lemen J., Dudek R., Ward D., Jiang C., Nemeth M., Burns J. 2006. Results of 90-day safety assurance study with rats fed grain from corn rootworm-protected corn. *Food Chem. Toxicol.* 44(2): 147–160.
- [16] Hammond B.G., Dudek R., Lemen J.K., Nemeth M.A. 2006. Results of 90-day safety assurance study with rats fed grain from corn borer-protected corn. *Food Chem. Toxicol.* 44(7): 1092–1099.
- [17] Harden L., Eriksson M. 1999. A case-control study in non-Hodgkin lymphoma and exposure to pesticides. *Cancer* 85: 1353–1360.
- [18] Huang J., Hu R., Rozelle S., Pray C.E. 2005. Insect-resistant GM rice in farmers' fields: assessing productivity and health effects in China. *Science* 308: 688–690.
- [19] Irish Council for Bioethics: Genetically modified crops and food: threat or opportunity for Ireland? Opinion 2005.
- [20] ISAAA 2010. Global status of commercialized biotech/GM crops 2009. ISAAA, Brief 49.
- [21] Kosieradzka I. 2009. Krajowe doświadczenia in vivo w ocenie wartości odżywczej i dietetycznej wybranych roślin transgenicznych. *Post. Nauk Rol.* 3–4: 71–82.
- [22] Kosieradzka I., Sawosz E., Pastuszewska B., Żuk M., Szopa J., Bielecki W. 2004. Effect of feeding potato tubers modified by 14-3-3 protein overexpression on the metabolism and health status of rats. *J. Anim. Feed. Sci.* 13(2): 329–339.
- [23] Krzyżowska M., Wincenciak M., Winnicka A., Baranowski A., Jaszczak K., Zimny J., Niemiałowski M. 2010. The effect of multigenerational diet containing genetically modified triticale on immune system in mice. *Polish J. Anim. Sci.* 13(3): 423–430.
- [24] Kwiatek K., Sieradzki Z., Mazur M. 2007. Prevalence of genetically modified crops in animal feedingstuffs in Poland – Three year studies. *Bull. Vet. Inst. Pulawy* 51(4): 609–613.
- [25] Love L. 1993. Pathological and immunological effects of ingesting L-Tryptophan. *J. Clin. Invest.* 91: 804–811.
- [26] MacKenzie S.A., Lamb I., Schmidt J., Deege L., Morrissey M.J., Harper M., Layton R.J., Prochaska L.M., Sanders C., Locke M., Mattson J.L., Fuentes A., Delaney B. 2007. Thirteen week feeding study with transgenic maize grain containing event DAS-01507-1 in Sprague-Dawley rats. *Food Chem. Toxicol.* 45(4): 551–562.
- [27] Marmiroli N. 2005. Transgenic organisms: Enthusiasm and expectations as compared with the reality of scientific research. *Vet. Res. Commun.* 29 (Suppl. 2): 1–5.
- [28] Marabelli R. 2005. Aspects connected with the enforcement of the EU provisions on genetically modified organisms. *Vet. Res. Commun.* 29 (Suppl. 2): 19–26.
- [29] Matoba N., Doyama N., Yamada Y., Maruyama N., Utsumi S., Yoshikawa M. 2001. Design and production of genetically modified soybean protein with anti-hypertensive activity by incorporating potent analogue of ovokinin (2–7). *FEBS Letters* 497: 50–54.
- [30] Meninga J.-P., Moutel G., Herve C. 2001. Ethical acceptability, health policy and food biotechnology based foods: Is there a third way between the precaution principle and an overly enthusiastic dissemination of GMO? *Medicine and Law* 20(1): 133–141.
- [31] Nuffield Council of Bioethics 2004. The use of genetically modified crops in developing countries. A follow-up discussion paper. URL: <[http://www.nuffieldbioethics.org/fileLibrary/pdf/GM\\_Crops\\_Discussion\\_paper\\_2004.pdf](http://www.nuffieldbioethics.org/fileLibrary/pdf/GM_Crops_Discussion_paper_2004.pdf)>
- [32] Padgett S.R., Taylor N.B., Nida D.L., Bailey M.R., MacDonald J., Holden L.R., Fuchs R.L. 1996. The composition of glyphosate-tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans. *J. Nutr.* 126: 702–716.

- [33] Reuter T., Aulrich K. 2003. Investigations on genetically modified maize (Bt-maize) in pig nutrition: Fate of feed-ingested foreign DNA in pig bodies. *Europ. Food Res. Technol.* 216(3): 185–192.
- [34] Rowland I.R. 2002. Genetically modified foods, science, consumers and the media. *Proc. Nutr. Soc.* 61: 25–29.
- [35] Seralini G-E., Cellier D., Spiroux de Vendomois J. 2006. New analysis of a rat feeding study with genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity. *Arch. Environm. Contam. Toxicol.* 52: 596–602.
- [36] Sidhu R.S., Hammond B.G., Fuchs R.L., Mutz J.N., Holden R.L., George B., Olson T. 2000. Glyphosate-tolerant corn: The composition and feeding value of grain from glyphosate-tolerant corn is equivalent to that of conventional corn (*Zea mays* L.). *J. Agric. Food Chem.* 48(6): 2305–2312.
- [37] Sieradzki Z., Walczak M., Kwiatek K. 2006. Occurrence of genetically modified maize and soybean in animal feedingstuffs. *Bull. Vet. Inst. Puławy* 50(4): 567–570.
- [38] Świątkiewicz S., Świątkiewicz M., Koreleski J., Kwiatek K. 2010. Nutritional efficiency of genetically modified, insect resistant corn (MON 810) and glyphosate tolerant soybean meal (Roundup Ready) for broilers. *Bull. Vet. Inst. Puławy* 54: 43–48.
- [39] Tony M.A., Butschke A., Broll H., Grohmann L., Zagon J., Halle I., Daenicke S., Schauzu M., Hafez H.M., Flachowsky G. 2003. Safety assessment of BT 176 maize in broiler nutrition: Degradation of maize-DNA and its metabolic fate. *Arch. Anim. Nutr.* 57(4): 235–252.
- [40] Twardowski T. 2009. Genetycznie zmodyfikowane organizmy w rolnictwie. Mat. I Kong. Nauk. Rol. Nauka-Praktyce, Puławy.
- [41] Venneria E., Fanasca S., Monastra G., Finotti E., Ambra R., Azzini E., Durazzo A., Foddai M.S., Maiani G. 2008. Assessment of the nutritional values of genetically modified wheat, corn, and tomato crops. *J. Agric. Food Chem.* 56(19): 9206–9214.
- [42] Zduńczyk Z., Jankowski J. 2009. Bezpieczeństwo stosowania genetycznie modyfikowanych roślin w żywieniu zwierząt w świetle wyników dotychczasowych badań. *Post. Nauk Rol.* 3–4: 53–69.
- [43] Zhu Y., Wang F., Yin J., Jin H. 2004. Nutritional assessment and fate of DNA of soybean meal from roundup ready or conventional soybeans using rats. *Arch. Anim. Sci.* 58(4): 295–310.

## The usefulness and safety of transgenic plants (GMO) in animal nutrition

**Key words:** GMO, transgenic plants, safety of feeding

### Summary

Paper deals with the problem of applying feeds derived from genetically modified plants (GMO) in animal nutrition. Authors surveyed the papers referring to mentioned field, available at the SCOPUS database, and they presented benefits and potential hazards caused by GMO of so called first or second generation. To make a point, they focused on productive effects obtained by animals fed GMO and their physiological and biochemical characteristics, usually analysed with respect to the toxicity of ingested feed. The investigations mostly dealt with transgenic corn and soybean fed to poultry, pigs and rats (nevertheless the cattle and fish were also under consideration).

The survey reveals that the majority of experimental results do not confirm the hazard by GMO, neither horizontal nor the vertical one. However it also points out that the interpretation of the experimental data sometimes seems to depend on the researcher's attitude towards GMO, and might be a projection of the fears and expectations.

