

Wyniki badań Instytutu Zootechniki PIB nad stosowaniem pasz z roślin genetycznie zmodyfikowanych w żywieniu zwierząt gospodarskich

Sylwester Świątkiewicz, Jerzy Koreleski, Anna Arczewska-Włosek, Małgorzata Świątkiewicz, Krzysztof Kwiatek*

Instytut Zootechniki PIB w Balicach

* Państwowy Instytut Weterynaryjny – PIB w Puławach

Wprowadzenie

Na przestrzeni ostatnich 20 lat nastąpił szybki rozwój technik inżynierii genetycznej, pozwalających na wytwarzanie roślin genetycznie zmodyfikowanych (GM), tj. roślin posiadających wbudowany do genomu obcy gatunkowo fragment informacji genetycznej (tzw. transgen). W przeciwieństwie do wcześniejszych metod pracy hodowlanej, wprowadzenie transgeny pozwala, poprzez syntezę nowego białka w organizmie, na szybkie uzyskanie roślin o zaplanowanych cechach.

Zdecydowaną większość uprawianych obecnie na skalę komercyjną roślin GM stanowią rośliny transgeniczne pierwszej generacji. Należą do nich odmiany zmodyfikowane w celu uzyskania korzystnych cech agrotechnicznych (bez zmiany składu chemicznego roślin), takich jak np. tolerancja na działanie herbicydów czy też odporność na insekty. Rośliny transgeniczne drugiej generacji charakteryzują się natomiast składem chemicznym zmienionym w stosunku do konwencjonalnych linii wyjściowych. Celem tego rodzaju modyfikacji jest najczęściej polepszenie własności odżywczych, np. zmiana profilu kwasów tłuszczowych czy też zwiększenie zawartości niektórych aminokwasów w nasionach. Przykładem tego rodzaju modyfikacji może być także dopuszczona niedawno do uprawy w Chinach transgeniczna kukurydza, w nasionach której produkowany jest enzym fitaza, co zwiększa przyswajalność fosforu u zwierząt monogastrycznych. Transgeneza trzeciej generacji polega natomiast na wzbogacaniu roślin w substancje czynne o właściwościach leczniczych, np. w przeciwciała.

Na rynku paszowym Unii Europejskiej dopuszczone do obrotu są odmiany GM takich roślin jak soja, kukurydza, bawełna i rzepak. Warunkiem rejestracji rośliny GM jako materiału paszowego jest poddanie jej szczegółowym badaniom. Obejmuje to dokładną analizę składu chemicznego i jego porównanie ze składem odmian rodzicielskich, co pozwala na określenie tzw. równoważności składnikowej obu odmian. Kolejną część badań stanowi ocena skutków stosowania materiałów GM w żywieniu zwierząt gospodarskich. Doświadczenia na zwierzętach obejmują ocenę wpływu paszy GM na wskaźniki produkcyjne, strawność składników pokarmowych oraz szeroko rozumiany status fizjologiczny i zdrowotny organizmu. Uzyskane wyniki pozwalają na określenie tzw. równoważności odżywczej (żywieniowej) odmian transgenicznych względem konwencjonalnych. Innym efektem takich badań jest określenie możliwości odkładania się transgenicznego DNA (i białka będącego produktem jego ekspresji) w tkankach zwierząt oraz określenie stopnia rozkładu transgeny w poszczególnych odcinkach przewodu pokarmowego. W ostatnim przypadku chodzi o wykluczenie możliwości wydalania transgenicznego DNA do środowiska. W badaniach modelowych na zwierzętach laboratoryjnych sprawdza się również możliwość szkodliwego działania zmodyfikowanego białka zawartego w materiałach

paszowych GMO na organizm zwierzęcy, uwzględniając jego ewentualną alergenicność, mutagenność i teratogenność.

Zagadnienie stosowania materiałów paszowych pochodzących z genetycznie zmodyfikowanych roślin uprawnych w żywieniu zwierząt wzbudza jednak, pomimo wykonania wielu badań, znaczne kontrowersje. Obawy opinii publicznej budzi przede wszystkim możliwość wpływu roślin GM na środowisko naturalne i zapewnienie bezpieczeństwa żywności. Duże znaczenia mają również kwestie polityczne, ekonomiczne światopoglądowe, etyczne i religijne.

Wątpliwości dotyczące środowiska są związane głównie z uprawą roślin GM, a mniejszym stopniu z ich późniejszym przerobem i stosowaniem w formie pasz. Dotyczą one możliwości toksycznego oddziaływania zmodyfikowanego białka na niektóre, niedocelowe gatunki owadów oraz ewentualnego transferu transgenicznego DNA do innych organizmów i jego rozprzestrzeniania się w środowisku naturalnym. Obawy dotyczące bezpieczeństwa żywności związane są natomiast z ewentualnym wpływem zmodyfikowanego DNA i białka, będącego produktem jego ekspresji, na układ immunologiczny oraz inne tkanki organizmu zwierząt i ludzi. Wątpliwości wzbudza również teoretyczna możliwość wchłaniania w przewodzie pokarmowym i przechodzenia transgenicznego DNA i nowych białek do tkanek oraz produktów spożywczych pochodzenia zwierzęcego. Dyskusja dotycząca tych zagadnień nasiliła się w ostatnich miesiącach w związku z przedłożeniem przez rząd do prac sejmowych ustawy „Prawo o organizmach genetycznie zmodyfikowanych”.

Badania Instytutu Zootechniki PIB

Biorąc pod uwagę fakt, że w krajowej opinii publicznej stosowanie roślin transgenicznych, jako materiałów paszowych, nadal wywołuje duże kontrowersje - w Instytucie Zootechniki PIB w Krakowie, we współpracy z Państwowym Instytutem Weterynaryjnym w Puławach, podjęto stosowne badania. Ich celem było określenie bezpieczeństwa stosowania pasz GM w żywieniu różnych grup zwierząt gospodarskich. Badania są finansowane przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, a uzyskane wyniki zostaną uwzględnione w dalszych pracach na prawnych aspektach stosowania materiałów GM w żywieniu zwierząt gospodarskich, w zwłaszcza w kontekście potencjalnego zakazu stosowania pasz z roślin transgenicznych. Projekt ten jest obecnie kontynuowany, a stan jego realizacji pozwala na przedstawienie w niniejszym opracowaniu wyników uzyskanych w doświadczeniach na kurczętach brojlerach, kurach nieśnych i tucznikach.

Badaniami objęto materiały paszowe dopuszczone do obrotu w UE, o największym praktycznym znaczeniu w produkcji zwierzęcej, tj. poekstrakcyjną śrutę sojową produkowaną z soi HT (odmiana MON-40-30-2, Roundup Ready) oraz ziarno kukurydzy Bt (MON 810, DKC 3421YG). Jako materiały paszowe kontrolne (niezmodyfikowane), w badaniach stosowano poekstrakcyjną śrutę sojową i ziarno kukurydzy pochodzące z roślin konwencjonalnych. W przypadku kukurydzy była to odmiana DKC 3420, rodzicielska w stosunku do badanej odmiany GM.

Charakterystyka badanych materiałów paszowych

Poekstrakcyjna śruta sojowa

Poekstrakcyjna śruta sojowa jest podstawowym źródłem białka i aminokwasów w żywieniu drobiu i innych grup zwierząt gospodarskich. W celu pokrycia potrzeb krajowego przemysłu paszowego sprowadza się jej rocznie prawie 1,9 mln ton (Brzóska, 2009). Pochodzi ona głównie z krajów Ameryki Południowej i Północnej, gdzie zdecydowanie przeważają uprawy soi GM. Również w Brazylii, które to państwo było dotychczas głównym źródłem soi niemodyfikowanej, zaczynają dominować uprawy soi transgenicznej. Tak więc, z powodu malejącej podaży, śruta sojowa z odmian tradycyjnych jest znacznie droższa od śruty GM. Dlatego, ewentualne, całkowite zastąpienie śruty GM przez śrutę sojową konwencjonalną przyniesie wyraźny wzrost cen odzwierzcących produktów spożywczych, utrudniając konkurencję krajowym producentom z podmiotami zagranicznymi. Kontrolne analizy prowadzone przez Państwowy Instytut Weterynarii w Puławach potwierdzają, że prawie cała ilość poekstrakcyjnej śruty sojowej, dostępnej na krajowym rynku paszowym została wyprodukowana z roślin GM (Sieradzki i in., 2009).

W światowej uprawie soi przeważają rośliny genetycznie zmodyfikowana – zajmują one około 70% całego areału (James, 2010). Zdecydowanie najpopularniejszą modyfikacją jest przy tym uzyskanie odporności na herbicydy (tzw. soja HT). Soja GM zaczęła być uprawiana w 1996 r., a już w 2001 r. prawie 70% soi uprawianej w Stanach Zjednoczonych stanowiła transgeniczna linia Roundup Ready (RR). Posiada ona wbudowany do genomu gen pochodzący z bakterii *Agrobacterium sp.* szczepu CP4. Produktem ekspresji tego transgenu jest białko enzymatyczne EPSPS powodujące tolerancję rośliny względem herbicydu zawierającego w swoim składzie glifosat. Na terenie Unii Europejskiej jedyną dopuszczoną do obrotu genetycznie zmodyfikowaną odmianą soi jest linia MON 40-3-2 (RR), tj. jej nasiona i produkty pochodne. Nie można natomiast soi GM uprawiać.

Już pierwsze badania wykazały, że opisana modyfikacja nie wpłynęła na wartość odżywczą nasion soi (Hammond i in., 1996). W stosunku do konwencjonalnych odpowiedników, nie stwierdzono bowiem zmiany zawartości w nasionach składników pokarmowych, a także substancji antyodżywczych, takich jak lektyny i inhibitory trypsyny. Poekstrakcyjną śrutę z nasion linii transgenicznej (RR) lub konwencjonalnej wprowadzono w ilości około 30% do mieszanek paszowych dla różnych gatunków zwierząt gospodarskich, m.in. dla kurcząt brojlerów. W cytowanych badaniach, w okresie do 42 dnia życia nie odnotowano wpływu stosowanej linii soi na przyrost masy ciała, pobranie i wykorzystanie paszy, liczbę padnięć oraz zawartość mięśni piersiowych i tłuszczu w tuszce. Według autorów tych badań otrzymane wyniki wskazują na równowartość żywieniową poekstrakcyjnej śruty z soi GM w stosunku do jej linii rodzicielskiej. Również inne doświadczenia, w których w żywieniu drobiu, trzody chlewnej i bydła stosowano śrutę sojową (lub pełnotłuste nasiona soi), zawierającą transgen tolerancji na herbicydy, nie wykazały negatywnego wpływu stosowania tego komponentu na wyniki produkcyjne oraz jakość produktów zwierzęcych.

Ziarno kukurydzy

W ostatnich latach, spośród upraw roślin genetycznie zmodyfikowanych, szczególnie dynamicznie rozwija się w świecie uprawa kukurydzy GM. Wiąże się to między innymi z rosnącym zapotrzebowaniem przemysłu gorzelniczego na surowce do produkcji biopaliw. Ze względu na dużą zawartość skrobi kukurydza stanowi w wielu krajach najważniejszy surowiec, z którego wytwarza się bioetanol.

Najbardziej rozpowszechnioną modyfikacją genetyczną kukurydzy jest wprowadzenie transgeny pochodzącego z bakterii *Bacillus thuringiensis* (tzw. gen Bt). Gen Bt odpowiada za syntezę w roślinie specyficznego białka, które ma właściwości toksyczne dla owada omacnicy prosowianki (*Purpurea nubilalis*, rząd *Lepidoptera*), chroniąc uprawy przed atakiem tego szkodnika. Gąsienice omacnicy żerują w nadziemnej części kukurydzy (liście, łodygi, kolby), powodując uszkodzenia roślin i znaczne straty ekonomiczne. Dodatkowym problemem stanowi zazwyczaj pojawienie się grzybów z rodzaju *Fusarium* w uszkodzonych miejscach rośliny.

W Unii Europejskiej zarejestrowanych jest kilka linii kukurydzy Bt, w Polsce uprawiana jest od 3 lat odmiana MON 810, którą stosowano w opisywanych badaniach. Coraz powszechniejsze występowanie omacnicy prosowianki, również w naszym kraju, pozwala przypuszczać, że przewaga w opłacalności uprawy kukurydzy GM nad liniami konwencjonalnymi będzie się zwiększać.

W wielu badaniach wykazano, że skład chemiczny (zawartość białka, włókna, tłuszczu, skrobi, aminokwasów, składników mineralnych i witamin) ziarna kukurydzy Bt nie różni się od składu ziarna linii rodzicielskich (Aeschbacher i in., 2005; Aurlich i in., 2001; Brake i in., 2003). Istotne znaczenie ma również fakt, że ze względu na brak uszkodzeń przez gąsienice omacnicy, ziarno kukurydzy Bt może charakteryzować się niższą zawartością mykotoksyn produkowanych przez *Fusarium* (Munkvold i in., 1999). Mykotoksyny są związkami wykazującymi szereg negatywnych oddziaływań na organizm, prowadząc między innymi do pogorszenia wyników produkcyjnych u zwierząt gospodarskich. Przechodząc z paszy do produktów pochodzenia zwierzęcego (mięsa, mleka i jaj), mykotoksyny stanowią także zagrożenie dla konsumenta.

Pierwsze badania nad stosowaniem ziarna genetycznie modyfikowanej kukurydzy (Bt) w żywieniu zwierząt gospodarskich wykonano w 1998 roku (Brake i Vlachos, 1998). Porównując mieszanki paszowe z udziałem 60% kukurydzy modyfikowanej lub konwencjonalnej, nie stwierdzono żadnych różnic we wskaźnikach produkcyjnych brojlerów, tj. w przyroście masy ciała, wykorzystaniu paszy, przeżywalności oraz wynikach analizy rzeźnej. Brak wpływu kukurydzy Bt na wyniki tuczu świń wykazali natomiast Chowdhury i wsp. (2003) oraz Reuter i wsp. (2002). Badania przeprowadzone w kolejnych latach, zarówno w Stanach Zjednoczonych jak i Unii Europejskiej, także nie wykazały ujemnego oddziaływania różnych linii kukurydzy GM na produktywność, status zdrowotny zwierząt, wskaźniki biochemiczne krwi oraz jakość produktów pochodzenia zwierzęcego. W jednym z doświadczeń odnotowano nawet, że kurczęta brojlery żywione paszą z udziałem ziarna kukurydzy GM (Bt) osiągały istotnie wyższą końcową masę ciała niż przy stosowaniu kukurydzy niemodyfikowanej (Piva i in., 2001). Wiązało się to prawdopodobnie z faktem, że ziarno modyfikowane zawierało znacznie mniej mykotoksyn (fumonizyny B₁). W badaniach na kurach nieśnych nie stwierdzono natomiast wpływu stosowania ziarna kukurydzy modyfikowanej jednocześnie w kierunku odporności na insekty i herbicydy (linia DAS-59122-7) na wskaźniki produkcyjne oraz jakość jaj (Jacobs i in., 2008).

Z punktu widzenia bezpieczeństwa stosowania pasz GM istotne są wyniki niemieckich doświadczeń wielopokoleniowych. Obejmowały one 10 pokoleń przepiórek japońskich oraz 4 pokolenia kur nieśnych, żywionych mieszankami opartymi na ziarnie kukurydzy Bt (Flachowsky i in., 2005; Halle i in., 2006). Otrzymane rezultaty nie wykazały żadnych różnic w porównaniu z grupą kontrolną – w zakresie statusu zdrowotnego, względnych mas

narządów wewnętrznych, wydajności nieśnej, pobrania i wykorzystania paszy, wylęgowości jaj oraz jakości mięsa i jaj.

Materiał i metody badań własnych

W ramach badań wykonano doświadczenia żywieniowe, na kurczętach rzeźnych, kurach nieśnych i tucznikach, we wszystkich przypadkach stosując izobiałkowe i izoenergetyczne mieszanki paszowe, w skład których wchodziła śruta kukurydziana, poekstrakcyjna śruta sojowa oraz dodatki mineralne, aminokwasy krystaliczne, olej rzepakowy i premiks witaminowo-mineralny. Zawartość składników pokarmowych i energii metabolicznej w mieszankach była zgodna z zapotrzebowaniem zwierząt. Jedynym czynnikiem różnicującym diety stosowane w poszczególnych grupach doświadczalnych był udział materiałów paszowych genetycznie zmodyfikowanych. Układ eksperymentalny obydwu doświadczeń był następujący: grupa I, kontrolna - dieta zawierająca ziarno kukurydzy i poekstrakcyjną śrutę sojową linii konwencjonalnych, II - ziarno kukurydzy linii konwencjonalnej i poekstrakcyjna śruta sojowa GM (HT), III - ziarno kukurydzy GM (Bt) i poekstrakcyjna śruta sojowa linii konwencjonalnej, IV - ziarno kukurydzy i poekstrakcyjna śruta sojowa z roślin GM. Prawidłowość wykonania mieszanek została potwierdzona analizami obecności DNA transgenicznego w poszczególnych dietach doświadczalnych.

Do badań na brojlerach wzięto 640 jednodniowych piskląt Ross 308, pochodzących z wylęgarni komercyjnej. Okres doświadczalny obejmował 42 dni (1 - 42 dzień życia ptaków). Kurczęta utrzymywano w boksach, na ściółce z trocin, przy stałym dostępie do paszy i wody. Utworzono 4 grupy doświadczalne, w skład których wchodziły po 4 powtórzenia (boksy). W każdym boksie utrzymywano 40 kurcząt.

Doświadczenie na nioskach wykonano na 96 kurach Bovans Brown w okresie od 25 do 54 tygodnia życia. Nioski utrzymywano w pojedynczych klatkach o wymiarach 40 x 35 cm, na podłodze z siatki, przy stałym dostępie do paszy i wody. W skład każdej grupy wchodziło 24 powtórzenia (indywidualnie utrzymywane kury)

Doświadczenie na tucznikach przeprowadzono doświadczenia stanowiło 48 zwierząt pochodzących od loch (pbz x wbp) pokrytych knurem (Pi x Du). Do każdej z grup przydzielono po 6 loszek i 6 wieprzków. Tuczniaki utrzymywane były w pojedynczych kojcach, ściółowych oraz żywione indywidualnie, dawkowanymi ilościami paszy w zależności od masy ciała. Tucz doświadczalny trwał od około 30 do około 110 kg masy ciała, a ważenia kontrolne wykonywano co dwa tygodnie.

W doświadczeniach określano wskaźniki produkcyjne, wyniki analizy rzeźnej oraz jakość i skład chemiczny mięsa (brojlery, tuczniaki), a także parametry jakościowe jaj i bilans składników pokarmowych (nioski). Przeprowadzono również analizy transgenicznego DNA w treści poszczególnych odcinków przewodu pokarmowego, narządach wewnętrznych i uzyskanych produktach. Badano także wpływ transgenicznych materiałów paszowych na status metaboliczny i zdrowotny zwierząt. Uwzględniono w tym zakresie skład mikroflory przewodu pokarmowego, wykluczenie (stwierdzenie) obecności transgenicznego DNA w komórkach drobnoustrojów izolowanych z przewodu pokarmowego, analizy hematologiczne i immunologiczne krwi, ocenę stanu odpowiedzi immunologicznej po wykonanych szczepieniach profilaktycznych, ocenę makroskopową zmian anatomopatologicznych tkanek i narządów oraz badania histopatologiczne i ocenę zmian morfologicznych w wybranych narządach wewnętrznych.

Otrzymane wyniki

Zawartość składników pokarmowych w badanych materiałach paszowych transgenicznych

Analizy chemiczne wykazały, że transgeniczna kukurydza Bt i jej odmiana konwencjonalna charakteryzowały się, podobną zawartością podstawowych składników pokarmowych i składników mineralnych oraz aminokwasów (Tabela 1). Można zatem przyjąć, że były one równoważne pod względem składnikowym (wartości pokarmowej). W przypadku badanych śrut sojowych różnice były nieco większe, jednak uzyskane wartości były nadal porównywalne i mieściły się w standardowym zakresie przyjętym dla tego materiału paszowego.

Tabela 1. Skład chemiczny badanego ziarna kukurydzy i poekstrakcyjnej śruty sojowej (%)

	Ziarno kukurydzy		Poekstrakcyjna śruta sojowa	
	Konwencjonalne	GM (MON 810)	Konwencjonalna	GM (MON 40-30-2)
Sucha masa	86,2	86,3	87,7	88,6
Białko ogólne	7,67	7,75	47,9	45,7
Tłuszcz surowy	3,40	3,45	2,04	3,22
Włókno surowe	1,88	1,87	3,66	4,28
Popiół surowy	1,30	1,24	5,70	6,31
Skrobia	63,7	62,8	4,08	3,54
Wapń	0,010	0,010	0,272	0,353
Fosfor	0,287	0,283	0,644	0,701
Metionina	0,149	0,151	0,642	0,754
Lizyna	0,235	0,252	0,289	0,292
Cystyna	0,159	0,161	0,623	0,700
Treonina	0,269	0,266	1,75	1,85
Tryptofan	0,040	0,044	0,515	0,763
Arginina	0,311	0,328	3,29	3,33
Valina	0,354	0,359	2,12	2,12

Wskaźniki produkcyjne i jakość pozyskanych produktów

Kurczęta rzeźne. W doświadczeniu na brojlerach, we wszystkich grupach doświadczalnych, uzyskano dobre wskaźniki produkcyjne, zgodne z potencjałem genetycznym odchowywanej krzyżówki kurcząt (Świątkiewicz i in., 2010). W 42 dniu życia średnia masa ciała wynosiła 2460 g, pobranie paszy – 4400 g/szt., współczynnik wykorzystania paszy - 1,82 kg/kg przyrostu i odsetek sztuk padłych – 3,70% (tabela 2). Wskaźnik efektywności odchowu podsumowujący w sposób syntetyczny przebieg tuczu był wysoki i wynosił średnio 310 punktów. Analizując otrzymane wyniki produkcyjne metodami statystycznymi nie stwierdzono różnic pomiędzy grupami doświadczalnymi.

Młode kurczęta rzeźne charakteryzują się dużym zapotrzebowaniem na składniki odżywcze, jak również stanowią grupę zwierząt szczególnie wrażliwą na jakość i wartość pokarmową paszy oraz zawartość w niej substancji szkodliwych. Wszelkie błędy i

niedociągnięcia tym zakresie szybko przekładają się na pogorszenie wskaźników produkcyjnych. W wykonanym doświadczeniu we wszystkich grupach żywieniowych uzyskano bardzo dobre rezultaty wzrostowe, co świadczy o wysokiej wartości pokarmowej stosowanych mieszanek, w tym również tych opartych o materiały paszowe genetycznie zmodyfikowane.

Badane materiały paszowe GM, tj. kukurydza Bt i poekstrakcyjna śruta sojowa RR nie miały również wpływu na wskaźniki poubojowe, tj. wydajność rzeźną, zawartość mięśni piersiowych i tłuszczu sadelkowego w tuszce oraz względną masę wybranych narządów wewnętrznych, (wątroba, żołądek mięśniowy, śledziona). We wszystkich grupach doświadczalnych odnotowano także podobną zawartość suchej masy, białka ogólnego i tłuszczu surowego w mięśniach piersiowych.

Tabela 2. Wpływ badanych transgenicznych materiałów paszowych na wskaźniki produkcyjne u kurcząt brojlerów

	Grupa doświadczalna*			
	1	2	3	4
Masa ciała, g				
21 dzień życia	789	783	793	787
42 dzień życia	2456	2464	2459	2472
Dzienny przyrost masy ciała, g				
1 – 21 dzień życia	37,4	37,0	37,6	37,2
22 – 42 dzień życia	79,4	80,1	79,3	80,3
1 – 42 dzień życia	58,9	59,1	59,0	59,3
Pobranie paszy				
1 – 21 dzień życia	1145	1143	1157	1155
22 – 42 dzień życia	3235	3235	3261	3274
1 – 42 dzień życia	4380	4378	4418	4429
Wykorzystanie paszy, g paszy/1 g przyrostu masy ciała				
1 – 21 dzień życia	1.534	1.545	1.542	1.550
22 – 42 dzień życia	1.940	1.926	1.958	1.943
1 – 42 dzień życia	1.815	1.808	1.829	1.821
Odsetek sztuk padłych, %				
1 – 21 dzień życia	2.38	0.60	2.38	1.78
22 – 42 dzień życia	1.78	1.98	1.18	1.78
1 – 42 dzień życia	4.16	2.58	3.56	3.56
Indeks efektywności odchowu, punkty				
1-42 dzień życia	309	313	309	312

*/ 1 – grupa kontrolna (śruta sojowa i kukurydza konwencjonalne), 2 – śruta sojowa GM + kukurydza konwencjonalna, 3 - śruta sojowa konwencjonalna + kukurydza GM, 4 - śruta sojowa GM + kukurydza GM

Kury nieśne. W okresie doświadczenia nioski ze wszystkich grup eksperymentalnych charakteryzowały się dobrymi wynikami produktywności nieśnej. Wartości te były w poszczególnych grupach podobne i analiza statystyczna nie wykazała wpływu badanych materiałów paszowych GM na wydajność nieśną, pobranie i wykorzystanie paszy w okresie od 25 do 54 tygodnia życia kur (tabela 3). Również parametry charakteryzujące jakość jaj, wysokość białka, wartość jednostek Haugha, masę i barwę żółtka, indeks kształtu i ilość plam krwawych oraz względną masę, grubość, gęstość i wytrzymałość skorup kształtowały się na podobnym poziomie we wszystkich grupach doświadczalnych (tabela 4).

Tabela 3. Wpływ badanych transgenicznych materiałów paszowych na wskaźniki produktywności nieśnej (25-54 tydzień życia niosek)

	Grupa doświadczalna*			
	1	2	3	4
Nieśność (%)	95,6	94,0	95,6	95,5
Dzienna produkcja jaj (g/szt.)	60,7	60,0	61,5	61,2
Średnia masa 1 jaja (g)	63,4	63,8	64,3	64,1
Dzienne pobranie paszy (g/szt.)	125	123	125	125
Wykorzystanie paszy (g/1 jajo)	130	130	131	131
Wykorzystanie paszy (g/1 kg jaj)	2,05	2,05	2,03	2,05

*/ 1 – grupa kontrolna (śruta sojowa i kukurydza konwencjonalne), 2 – śruta sojowa GM + kukurydza konwencjonalna, 3 - śruta sojowa konwencjonalna + kukurydza GM, 4 - śruta sojowa GM + kukurydza GM

Tabela 4. Wpływ badanych transgenicznych materiałów paszowych na jakość jaj.

	Grupa doświadczalna*			
	1	2	3	4
Wysokość białka (mm)	10,9	10,7	11,0	10,9
Jednostki Haugha	102,4	102,1	103,0	102,5
Masa żółtka (g)	15,6	15,8	15,7	15,9
Barwa żółtka (punkty w skali Roche'a)	4,37	4,62	4,37	4,58
Indeks kształtu	78,4	79,0	79,8	79,7
Plamy krwawe	0,021	0,017	0,025	0,025
Względna masy skorupy (%)	11,1	11,2	11,2	11,1
Grubość skorupy (μm)	393,8	395,5	392,5	386,9
Gęstość skorupy (mg/cm ²)	88,1	90,5	90,3	88,8
Wytrzymałość skorupy (N)	35,1	35,1	34,5	34,5

*/ 1 – grupa kontrolna (śruta sojowa i kukurydza konwencjonalne), 2 – śruta sojowa GM + kukurydza konwencjonalna, 3 - śruta sojowa konwencjonalna + kukurydza GM, 4 - śruta sojowa GM + kukurydza GM

Wyniki oznaczeń strawnościowych nie wykazały różnic pomiędzy grupami doświadczalnymi (tabela 5). Badane transgeniczne materiały paszowe nie miały wpływu na strawność pozorną suchej masy, masy organicznej, białka ogólnego, tłuszczu surowego, substancji bezazotowych wyciągowych, włókna surowego i popiołu surowego. Również stopień wykorzystania energii brutto zawartej w mieszankach paszowych (współczynnik metaboliczności energii) był we wszystkich grupach podobny. Nie stwierdzono także oddziaływania ziarna kukurydzy Bt i poekstrakcyjnej śruty sojowej RR na wyniki bilansu azotu, wapnia i fosforu u niosek (tabela 6). Powyższe wyniki, razem z rezultatami produkcyjnymi badań na brojlerach i nioskach, wskazują na równowartość żywienia u drobiu badanych materiałów paszowych GM i ich konwencjonalnych odpowiedników.

Tabela 5. Wpływ badanych transgenicznych materiałów paszowych na strawność pozorną składników pokarmowych (%) i współczynnik metaboliczności energii diety u niosek

	Grupa doświadczalna*			
	1	2	3	4
Sucha masa	71,2	71,2	71,6	71,5
Masa organiczna	75,9	75,7	76,3	76,4
Białko ogólne	44,4	43,6	45,6	44,4
Tłuszcz surowy	80,6	79,8	80,5	81,1
Bezazotowe wyciągowe	88,4	88,8	89,0	89,3
Włókno surowe	6,56	6,97	7,24	6,70
Popiół surowy	40,8	42,7	41,6	40,2
Współczynnik metaboliczności energii, AME _N	69,9	69,5	70,3	70,4

*/ 1 – grupa kontrolna (śruta sojowa i kukurydza konwencjonalne), 2 – śruta sojowa GM + kukurydza konwencjonalna, 3 - śruta sojowa konwencjonalna + kukurydza GM, 4 - śruta sojowa GM + kukurydza GM

Tabela 6. Wpływ badanych transgenicznych materiałów paszowych na wyniki bilansu azotu, wapnia i fosforu u kur nieśnych

	Grupa doświadczalna*			
	1	2	3	4
N pobrany, mg/dz/szt.	2873	2914	2894	2823
N wydalony, mg/dz/szt.	1600	1644	1572	1569
N zatrzymany, mg/dz/szt.	1273	1270	1322	1255
N zatrzymany, % N pobranego	44,4	43,6	45,6	44,4
Ca pobrany, mg/dz/szt.	4065	4185	4017	4004
Ca wydalony, mg/dz/szt.	2186	2161	2143	2087
Ca zatrzymany, mg/dz/szt.	1879	2024	1874	1917
Ca zatrzymany, % Ca pobranego	46,4	48,0	46,4	47,9
P pobrany, mg/dz/szt.	668	681	668	648
P wydalony, mg/dz/szt.	452	454	440	430
P zatrzymany, mg/dz/szt.	216	227	229	218
P zatrzymany, % P pobranego	32,4	33,2	34,2	33,6

*/ 1 – grupa kontrolna (śruta sojowa i kukurydza konwencjonalne), 2 – śruta sojowa GM + kukurydza konwencjonalna, 3 - śruta sojowa konwencjonalna + kukurydza GM, 4 - śruta sojowa GM + kukurydza GM

Tuczniaki. Zarówno w pierwszym jak i drugim okresie tuczu nie obserwowano statystycznie istotnych różnic między grupami w tempie wzrostu świń (tabela 7). Średnie przyrosty masy ciała wszystkich tuczniaków w całym okresie tuczu zbliżone i wynosiły od 824g do 852g. Podobnie, zużycie paszy na przyrost 1 kg masy ciała nie różniło się istotnie między grupami doświadczalnymi i w całym okresie tuczu wynosiło średnio 3,1 – 3,2 kg.

Wyniki oceny jakości tusz wieprzowych przedstawiono w tabeli 8. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy grupami w żadnym z badanych parametrów tuszy. Mięśność tuczniaków doświadczalnych wynosiła od około 53,7% w grupie I do 54,6% w grupie II, natomiast różnica między grupami w zawartości mięsa w wyrębach podstawowych i powierzchni oka połówki wynosiła jedynie około 3%.

Nie odnotowano również wpływ stosowanych pasz transgenicznych na badane wskaźniki jakości oraz skład chemiczny mięsa (tabela 9). We wszystkich grupach

doświadczalnych odnotowano zbliżoną wartość pH, barwę, wodochłonność oraz wyniki podstawowej analizy chemicznej mięsa.

Tabela 7. Wpływ badanych transgenicznych materiałów paszowych na wyniki odchovu tuczników

	Grupa doświadczalna*			
	1	2	3	4
Dzienne przyrosty masy ciała (g):				
od 30 do 60 kg	771	757	780	758
od 60 do 110 kg	876	884	893	889
od 30 do 110 kg	824	831	852	835
Zużycie paszy na przyrost 1kg (kg):				
od 30 do 60 kg	2.65	2.66	2.64	2.67
od 60 do 110 kg	3.47	3.46	3.42	3.43
od 30 do 110 kg	3.16	3.16	3.12	3.15

*/ 1 – grupa kontrolna (śruta sojowa i kukurydza konwencjonalne), 2 – śruta sojowa GM + kukurydza konwencjonalna, 3 - śruta sojowa konwencjonalna + kukurydza GM, 4 - śruta sojowa GM + kukurydza GM

Tabela 8. Wpływ badanych transgenicznych materiałów paszowych na jakość tuszy

	Grupa doświadczalna*			
	1	2	3	4
Wydajność rzeźna (%)	78.3	79.1	79.4	79.2
Szynka (kg)	9.96	9.95	10.36	10.08
Połądwica (kg)	9.33	9.49	9.96	9.54
Karkówka (kg)	7.18	6.97	7.26	6.94
Łopatka (kg)	5.24	5.31	5.28	5.27
Połądwiczka (kg)	0.52	0.52	0.50	0.54
Powierzchnia oka połądwicy (cm ²)	60.5	59.9	59.3	61.2
Średnia grubość słoniny z 5 pom. (cm)	2.09	2.01	2.22	1.97
Mięso wyrobów podstawowych (kg)	24.1	24.5	24.9	24.7
Mięsność tuszy (%)	53.7	54.6	53.9	54.5

*/ 1 – grupa kontrolna (śruta sojowa i kukurydza konwencjonalne), 2 – śruta sojowa GM + kukurydza konwencjonalna, 3 - śruta sojowa konwencjonalna + kukurydza GM, 4 - śruta sojowa GM + kukurydza GM

Tabela 9. Wpływ badanych transgenicznych materiałów paszowych na jakość i skład chemiczny mięsa (*lonissimus m.*)

	Grupa doświadczalna*			
	1	2	3	3
pH 45 min po uboju	6.33	6.28	6.28	6.24
pH po 24h chłodzeniu (+4°C)	5.58	5.55	5.62	5.59
Wskaźnik wodochłonności (%)	21.14	21.36	21.04	20.81
Barwa mięsa :				
Jasność *L	46.19	46.57	46.40	46.29
Wysycenie w kierunku czerwieni *a	13.42	13.81	13.40	13.37
Wysycenie w kierunku żółci *b	2.06	2.19	2.14	2.15

Podstawowa analiza chemiczna (%) :

Sucha masa	24.95	24.91	25.08	25.05
Białko	22.59	22.81	22.99	22.93
Tłuszcz	1.14	1.05	1.12	1.03

*/ 1 – grupa kontrolna (śruta sojowa i kukurydza konwencjonalne), 2 – śruta sojowa GM + kukurydza konwencjonalna, 3 - śruta sojowa konwencjonalna + kukurydza GM, 4 - śruta sojowa GM + kukurydza GM

Losy transgenicznego w organizmie.

W podjętych badaniach określano również losy transgenicznego DNA w organizmie zwierząt, wykonując jego analizy w treści poszczególnych odcinkach przewodu pokarmowego oraz w wybranych narządach i tkankach (krew, wątroba, płuca, śledziona, mięśnie, jaja). W żadnym przypadku nie stwierdzano obecności w badanych tkankach i narządach DNA transgenicznego, specyficznego dla danej modyfikacji. Spośród odcinków przewodu pokarmowego transgeniczny DNA występował jedynie w treści wola (drób) i żołądka, a w pojedynczych przypadkach w dwunastnicy. Brak wykrywalnych fragmentów transgenów już od początkowych odcinków jelit cienkich wskazuje na fakt, że kwasy nukleinowe, w tym również transgeniczny DNA, są u drobiu i świń efektywnie hydrolizowane przez enzymy (nukleazy) trzustkowe i jelitowe. Ogranicza to możliwość transportu czynnych fragmentów transgenicznego DNA przez barierę jelitową do organizmu, jak również ich przechodzenie w formie niestrawionej przez jelita i wydalanie wraz kałem do środowiska.

Status metaboliczny i zdrowotny organizmu

Przyżyciowa, kliniczna ocena zwierząt, jak również makroskopowe badanie anatomopatologiczne narządów wewnętrznych nie wykazały różnic pomiędzy grupami, w których zwierzęta żywiono bez udziału lub z udziałem transgenicznych materiałów paszowych.

Analiza statystyczna wyników oznaczeń biochemicznych krwi obwodowej kurcząt, takich jak na przykład aktywność enzymów AST, ASP i ALP oraz poziom trójglicerydów, cholesterolu i białka ogólnego, nie wykazała istotnych różnic pomiędzy grupami doświadczalnymi. Podobnie nie stwierdzono wpływu transgenicznych materiałów paszowych na obraz morfologiczny krwi, we wszystkich grupach doświadczalnych odnotowując podobną zawartość erytrocytów i leukocytów, hematokryt oraz poziom hemoglobiny. U ptaków żywionych mieszanką paszową opartą o kukurydzę GM, poekstrakcyjną śrutę sojową GM lub oba te komponenty jednocześnie nie obserwowano również żadnych zmian w obrazie białokrwinkowym krwi, tj. procentowym udziale heterofilów, bazofilów, eozynofilów, limfocytów i monocytów oraz w stosunku H/L (heterofile/limfocyty) w rozmazie (tabela 10). Podobne rezultaty, polegające na braku wpływu śruty sojowej HT i kukurydzy Bt na obraz biochemiczny i morfologiczny krwi, otrzymano w przypadku kur nieśnych i świń.

Tabela 10. Wpływ badanych transgenicznych materiałów paszowych na obraz białokrwinkowy we krwi kurcząt (wartości podano jako % komórek w rozmazie)

	Grupa doświadczalna*			
	1	2	3	4
Heterofile	33,0	32,0	32,5	30,5
Eozynofile	0,83	0,83	1,00	1,00
Bazofile	0,67	0,67	0,50	0,67
Limfocyty	64,5	65,2	64,8	66,3
Monocyty	0,83	1,33	1,17	1,50
Stosunek H/L	0,519	0,499	0,506	0,462

* / 1 – grupa kontrolna (śruta sojowa i kukurydza konwencjonalne), 2 – śruta sojowa GM + kukurydza konwencjonalna, 3 - śruta sojowa konwencjonalna + kukurydza GM, 4 - śruta sojowa GM + kukurydza GM

W badaniach przeprowadzono także ocenę wpływu materiałów transgenicznych na odporność humoralną organizmu, to jest stan odpowiedzi immunologicznej po szczepieniach profilaktycznych zwierząt. W przypadku kurcząt rzeźnych były to szczepienia przeciw rzekomemu pomorowi drobiu (ND), zakaźnemu zapaleniu oskrzeli (IB) i chorobie Gumboro (IBD). Szczepienia kurcząt wykonano w 1 (IB), 14 (IBD) i 21 dniu życia (ND), przy użyciu żywych szczepionek komercyjnych. Krew do badań serologicznych pobierano pod koniec doświadczenia, w 42 dniu życia. W większości przypadków analiza statystyczna otrzymanych mian przeciwciał nie wykazała różnic pomiędzy grupami doświadczalnymi. Jedynie w przypadku mian po szczepieniu IB kurczęta z grupy II (śruta poekstrakcyjna GM) charakteryzowały się wyższym mianem niż kurczęta z grupy III (ziarno kukurydzy GM) i IV (obie pasze GM). Różnice te trudno jednak tłumaczyć obecnością transgenicznego DNA i białka, gdyż występowały one w diecie wszystkich wymienionych grup. Także w przypadku kur nieśnych (IB) oraz świń (choroba Aujeszkyego, PRRS, mykoplazmowe zapalenie płuc) stosowanie śruty sojowej HT i kukurydzy Bt nie miało wpływu na status immunologiczny organizmu po wykonanych szczepieniach prewencyjnych.

Przedstawione analizy krwi wykonano w celu określenia czy transgeniczne DNA lub białko, zawarte w badanych materiałach paszowych, nie wpływa na procesy immunologiczne, nie wywołując alergii lub nasilonych procesów zapalnych oraz nie zakłócając odpowiedzi humoralnej organizmu na zastosowane szczepienia profilaktyczne. Analizy te są szczególnie ważne u nowoczesnych krzyżówek brojlerów. Niektóre badania wskazują bowiem, że długoletnia selekcja w kierunku szybkiego tempa przyrostu masy ciała kurcząt może mieć ujemny wpływ na mechanizmy swoistej odporności humoralnej, a głównie na zdolność do syntezy przeciwciał, natomiast zwiększać natężenie niekorzystnych dla organizmu reakcji zapalnych. Przedstawione wyniki nie wskazują na możliwość negatywnego wpływu badanych komponentów paszowych GM na działanie układu odpornościowego kurcząt.

Badania histopatologiczne narządów wewnętrznych i tkanek pobranych od zwierząt doświadczalnych (wątroba, nerki, śledziona, trzustka, dwunastnica, jelito czcze, mięśnie szkieletowe, u ptaków także torba Fabrycjusza) nie wykazały znaczących różnic pomiędzy poszczególnymi grupami doświadczalnymi. Stwierdzone w niektórych przypadkach odstępstwa od prawidłowego obrazu histologicznego (np. przekrwienie mięszu, ogniskowe nacieki komórek limfoidalnych) występowały we wszystkich grupach żywieniowych i nie były one związane ze stosowaniem transgenicznych materiałów paszowych.

Badania mikroflory przewodu pokarmowego dotyczyły przede wszystkim oceny możliwości transferu transgenicznego DNA do wybranych grup mikroorganizmów bytujących w jelitach ślepych i jelicie końcowym. Analizie poddano wybrane gatunki bakterii: *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* i *Enterococcus faecium*. Badania nie wykazały obecności w bakteryjnym DNA elementów transgenicznych: promotora 35S i terminatora NOS. Analiza ilościowa wybranych mikroorganizmów nie wykazała istotnych różnic w ich namnażaniu pomiędzy grupami żywionymi dietą bez udziału lub z udziałem transgenicznych materiałów paszowych.

Podsumowanie

Wyniki uzyskane w badaniach IZ PIB i PIWet-PIB wskazują na brak wpływu transgenicznego ziarna kukurydzy (MON 810) oraz poekstrakcyjnej śruty sojowej (RR) na wskaźniki produkcyjne drobiu i trzody chlewnej. Potwierdza to równoważność żywieniową badanych pasz GM w stosunku do ich konwencjonalnych odpowiedników. Nie wykazano również negatywnych następstw stosowania kukurydzy i śruty sojowej GM w odniesieniu do statusu metabolicznego i zdrowotnego zwierząt, w tym efektywności działania układu immunologicznego. Brak transgenicznego DNA, specyficznego dla badanych roślin transgenicznych, w treści jelit i dalszych odcinków przewodu pokarmowego oraz w kale, świadczy o wysokiej efektywności jego hydrolizy u drobiu i trzody chlewnej. Nie stwierdzono obecności transgenicznego DNA w narządach wewnętrznych i tkankach, co wskazuje na brak transferu wykrywalnych fragmentów transgenów z przewodu pokarmowego do organizmu zwierząt.

Piśmiennictwo

- Aeschbacher K., Messikommer R., Meile L., Wenk C. (2005). Bt176 corn in poultry nutrition: physiological characteristics and fate of recombinant plant DNA in chickens. *Poultry Science*, 84, 385-394.
- Aurlich K., Bohme H., Daenicke R., Halle I., T., Flachowsky G. (2001). Genetically modified feeds in animal nutrition. 1st corn: *Bacillus thuringiensis* (Bt) corn in poultry, pig and ruminant nutrition. *Archives of Animal Nutrition*, 54, 183-195.
- Brake J., Faust M., Stein J. (2003). Evaluation of transgenic event Bt11 hybrid corn in broiler chickens. *Poultry Science*, 82, 551-559.
- Brake J., Vlachos D. (1998). Evaluation of transgenic event 176 "Bt" corn in broiler chickens. *Poultry Science*, 77, 648-653.
- Brzóška F. (2009). Czy istnieje możliwość substytucji białka GMO innymi surowcami białkowymi (Część I). *Wiadomości Zootechniczne*, 1, 3-9.
- Chowdhury E.H., Kuribara H., Hino A., Sultana P., Mikami O., Shimada N., Guruge K.S., Saito M., Nakajima Y. (2003). Detection of corn intrinsic and recombinant DNA fragments and Cry1Ab protein in the gastrointestinal contents of pigs fed genetically modified corn Bt11. *Journal of Animal Science*, 81, 2546-2551.
- Flachowsky G., Halle I., Aurlich K. (2005). Long term feeding of Bt-corn – a ten-generation study with quails. *Archives of Animal Nutrition*, 59, 449-451.
- Halle I., Aurlich K., Flachowsky G. (2006). Four generations feeding of GMO-corn to laying hens. *Proceedings of the Society of Nutritional Physiology*, 15, 114 (abstrakt).
- 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. *Journal of Nutrition*, 126, 717-727.
- Jacobs C.M., Utterback P.L., Parsons C.M., Rice D., Smith B., Hinds M., Liebergesell M., Sauber T. (2008). Performance of laying hens fed diets containing DAS-59122-7 maize grain compared with diets containing nontransgenic maize grain. *Poultry Science*, 87, 475-479.
- James C.: Global status of commercialized biotech/GM crops: 2009. ISAAA Brief No. 41. Online: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/39/executivesummary/default.html>.
- Munkvold P., Hellmich R.L., Rice K.L.G. (1999). Comparison of fumonisin concentration in kernels of transgenic Bt maize hybrids and nontransgenic hybrids. *Plant Disease*, 83, 130-138.
- Piva G., Morlacchini M., Pietri A., Rossi F., Grandini A. (2001). Growth performance of broilers fed insect protected (MON810) or near isogenic control corn. *Poultry Science*, 80 (Supl. 1), 320 (abstrakt).
- Reuter T., Aulrich K., Berk K. (2002). Investigations on genetically modified maize (Bt-maize) in pig nutrition. Fattening performance and slaughtering results. *Archives of Animal Nutrition*, 56, 319-326.
- Sieradzki Z., Mazur M., Kwiatek K. (2009). Wyniki badań pasz w kierunku obecności GMO wykonane w PIWet-PIB w Puławach. Materiały Konferencyjne XXXVIII Sesji naukowej Komisji Żywienia Zwierząt KNZ PAN: „Pasze zmodyfikowane genetycznie w żywieniu zwierząt”, Balice, 28-29 maja 2009 r., str. 83.
- Świątkiewicz S., Świątkiewicz M., Koreleski J., Kwiatek K. (2010). Nutritional efficiency of genetically modified, insect resistant corn (MON810) and glyphosate tolerant soybean meal (Roundup Ready) for broilers. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 54, 43-48.