

*Dr hab. inż. Wanda Kudelka*

Katedra Towaroznawstwa Żywności  
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

## **Inżynieria genetyczna w produkcji i kształtowaniu jakości żywności**

### WPROWADZENIE

Ekonomia współczesna związana jest z rozwojem gospodarczym opartym na wykorzystaniu wiedzy o organizmach żywych dla zaspokojenia potrzeb człowieka. Strategia stworzenia najbardziej dynamicznej i konkurencyjnej gospodarki światowej zakłada rozwój innowacyjności, który jest wynikiem szeroko zakrojonych badań naukowych, przede wszystkim w nowoczesnych dziedzinach wiedzy, w tym biotechnologii. Wynikiem postępu cywilizacyjnego i zastosowania nowych rozwiązań w produkcji rolno-żywnościowej są produkty zmodyfikowane genetycznie [Twardowski, Lubiatowska-Krysiak, 2008, s. 4].

Przy wykorzystaniu obecnych technologii produkcji rolnej osiągnięcie 2–3-krotnego wzrostu produkcji żywności, wynikającego z prognoz powiększenia liczby ludności na świecie, jest niemożliwe. Istnieją jednak szanse na rozwiązanie tego problemu przy uwzględnieniu nowoczesnych technologii, ze szczególnym uwzględnieniem inżynierii genetycznej [Fiedurek, 2007, s. 147].

W chwili obecnej większość produktów wytwarzana jest przy współdziałaniu genetycznie zmodyfikowanych surowców lub też zawiera dodatki genetycznie zmodyfikowane. Ogólna wartość produkcji takich artykułów spożywczych szacowana jest już obecnie na ponad 100 mld USD i wykazuje tendencję wzrostową. Transgeniczne rośliny i zwierzęta dają nadzieję na racjonalne rozwiązanie podaży wystarczającej ilości pokarmu dla wciąż rosnącej na świecie liczby ludności [Pietrzyk, Błoniarczyk, 2007, s. 34].

Według ustawy [Ustawa, 2001], organizm genetycznie modyfikowany to organizm inny niż organizm człowieka, w którym materiał genetyczny został zmieniony w sposób niezachodzący w warunkach naturalnych wskutek krzyżowania lub naturalnej rekombinacji w szczególności przy zastosowaniu:

- technik rekombinacji DNA z użyciem wektorów, w tym tworzenia materiału genetycznego, poprzez włączenie do wirusa, plazmidu lub każdego innego wektora cząstek DNA wytworzonych poza organizmem biorcy, w którym w warunkach naturalnych nie występują, ale, w którym są zdolne do ciągłego powielania,

- technik stosujących bezpośrednio włączenie materiału dziedzicznego przygotowanego poza organizmem, w szczególności: mikroiniekcji, makroiniekcji i mikrokapsułkowania,
- metod niewystępujących w przyrodzie dla połączenia materiału genetycznego, co najmniej dwóch różnych komórek, gdzie w wyniku zastosowanej procedury powstaje nowa komórka zdolna do przekazywania swojego materiału genetycznego odmiennego od materiału wyjściowego komórkom potomnym.

Organizmy modyfikuje się głównie w celu uzyskania korzystnych pożądanych cech, m.in. odżywczych, zdrowotnych, technologicznych, sensorycznych lub zmienionych walorów użytkowych [Grajek, 2006; Kolodynsky i inni, 2004; Zimny, 2007]. Osiągnąć to można poprzez zastosowanie jednej z trzech metod modyfikacji:

- zmiany aktywności genów występujących w danym organizmie. Po raz pierwszy technika ta została zastosowana w 1994 r. w odniesieniu do pomidora. Poprzez zastosowanie tej metody zmniejszono aktywność genu odpowiedzialnego za dojrzewanie i mięknięcie, dzięki czemu pomidory dłużej zachowują świeżość i lepiej znoszą transport,
- wprowadzenia do organizmu dodatkowego, jego własnego genu. Za pomocą tego rodzaju modyfikacji uzyskuje się zwielokrotnienie pożądanej cechy, np. można uzyskać bydło, trzodę chlewną o szybkich przyrostach masy ciała, a także zwiększyć mleczność krów,
- tworzenia organizmów o układach nieistniejących w naturze. Polega to na wprowadzeniu do organizmu „macierzystego” – opracowywanego, genu pochodzącego od innego gatunku. W ten sposób można łączyć geny roślinne z roślinnymi, zwierzęce ze zwierzęcymi, a także roślinne ze zwierzęcymi lub ludzkimi, albo zwierzęce z ludzkimi [*Co to jest*, (<http>); Nowocien, (<http>); Twardowski i inni, 2003; Winter i inni, 2001].

Celem pracy był przegląd najnowszych osiągnięć w dziedzinie inżynierii genetycznej, ze szczególnym uwzględnieniem ich wpływu na kształtowanie jakości żywności.

## ROŚLINY GENETYCZNIE MODYFIKOWANE

Podstawowym źródłem składników pokarmowych dla człowieka są rośliny. Ich produkcja jest tańsza w porównaniu do innych surowców spożywczych, dlatego genetycy zainteresowali się możliwością genetycznego ulepszenia roślin wykorzystywanych jako surowce spożywcze [Fiedurek, 2007].

Dzięki stosowaniu modyfikacji genetycznej roślin możliwym stało się uzyskanie ulepszonych odmian, szczególnie o lepszych cechach produkcyjnych i żywieniowych, a także roślin odpornych na wirusy, grzyby, owady, szkodniki,

chwasty i środki chwastobójcze. Zmodyfikowana została już większość roślin mających znaczenia dla człowieka [Blecher i inni, 2005].

Podstawowymi celami modyfikacji genetycznej roślin jest wytworzenie:

- odporności na herbicydy – chemiczne środki ochrony roślin. Jest to najpowszechniejsza modyfikacja. Stosuje się tutaj różne techniki, m.in. zwielokrotnienie genu kodującego enzym rozkładany przez herbicydy. Można też wprowadzać gen bakterii produkujący zmienione białko enzymatyczne, odporne na działanie herbicydu. Najbardziej radykalnym sposobem uzyskania uodpornienia na herbicydy jest wprowadzenie genu bakterii produkującego toksyczne białko, które niszczy herbicyd. Dzięki temu można stosować herbicydy – środki chwastobójcze bez obawy o zniszczenie uprawianych roślin. Uzyskano już wiele roślin odpornych na herbicydy, np. soję, rzepak, kukurydzę, pomidor, burak cukrowy i pastewny, tytoń,
- odporności na szkodniki. Najczęściej w tym celu wprowadza się geny z bakterii glebowej *Bacillus thuringiensis*, które produkują toksyczne białko, niszczące owady. Białko to jest toksyczne tylko dla określonych gatunków owadów, a nie toksyczne dla człowieka, innych ssaków (związane jest to z występowaniem specyficznych receptorów dla tego białka w przewodzie pokarmowym owadów, jak i zasadowego pH). Wśród roślin w ten sposób modyfikowanych można wymienić ziemniak niszczący stonkę, kukurydzę odporną na gąsienice motyli, pomidory, słonecznik, kapustę zawierające różną wersję toksyny bakterii Bt,
- odporności na choroby wirusowe, grzybowe, bakteryjne. W tym celu wprowadza się gen produkujący białko płaszczą danego wirusa. Uodporniono w ten sposób np. tytoń na wirusa mozaiki tytoniowej, ziemniaka na wirusa X i Y, wirusa liściozwoju ziemniaka, ogórka na wirusa mozaiki ogórka,
- odporności na niekorzystne warunki środowiska (zasolenie gleby, mroz, susza, metale ciężkie), pozwala uprawiać rośliny na terenach gdzie wcześniej uprawa nie była możliwa. Dzięki modyfikacjom są one bardziej odporne na niekorzystne warunki glebowe i klimatyczne czy też zanieczyszczenia metalami ciężkimi. Rośliny mające zdolność akumulacji metali ciężkich mogą oczyszczać glebę z tych zanieczyszczeń. W ten sposób dzięki wprowadzeniu do jego genomu genu flądry arktycznej uodporniono ziemniaka na mróz,
- poprawa lub nadanie nowych cech jakościowych. Można to osiągnąć poprzez wprowadzanie nowych genów, ale także przez modyfikowanie genów znajdujących się w danej roślinie. Przykładem może być pomidor FlavrSavr®. Udało się też zablokować naturalnie występujący gen kawy, dzięki czemu zawiera ona do 70% mniej kofeiny. Genetyczne modyfikacje pozwalają także na zmianę kompozycji aminokwasów w roślinie – kukurydza z podwyższoną zawartością lizyny, zmodyfikowanie oraz podniesienie zawartości innych deficytowych składników odżywczych – wprowadzenie do ryżu genu z żonkila (tzw. złoty ryż), dzięki czemu produkuje on większą ilość  $\beta$ -karotenu – pre-

kursora witaminy A [Co to jest, ([http](http://)); Filminow, 2005; Sowa, Linkiewicz, 2007; Winter i inni, 2001].

Areał upraw roślin genetycznie zmodyfikowanych dynamicznie wzrasta. Od 1996 roku (1,7 mln ha) powierzchnia upraw wzrosła siedemdziesięciokrotnie do 125 mln hektarów w 2008 r. [Clive J., 2009; Korbin, 2006].

Obecnie rośliny GM uprawiane w 25 krajach. Gatunkami dominującymi pod względem uprawy są: transgeniczna soja, kukurydza, rzepak i bawełna [Korbin, 2006]. W ogólnej powierzchni upraw roślin GM największy udział mają USA (przeszło 50%) i Argentyna (ok. 20%). Najczęstszym rodzajem modyfikacji genetycznej jest nadanie odporności na herbicydy (ok. 70% areału) i na szkodniki owadzie. Szacuje się, że we USA około 75% żywności zawiera składniki otrzymane z roślin GM (mąka, fruktoza i olej z kukurydzy i soi, mleko sojowe, witaminy C i lecytyna) [Roszkowski, 2007].

**Tabela 1. Genetycznie modyfikowane uprawy i ich zmienione cechy – przykłady**

Zmodyfikowana cecha	Roślina uprawna
Korzyści dla rolnika	
Odporność na herbicydy	soja, kukurydza, rzepak, burak cukrowy
Odporność na herbicydy i insekty	kukurydza
Odporność na insekty	kukurydza, pomidor, ziemniaki
Odporność na wirusy	kabaczki, papaja
Korzyści dla konsumenta	
Ulepszony olej	soja, rzepak
Wydłużone przechowywanie	pomidor
Wzbogacanie w prowitaminę A	ryż
Wzbogacanie w żelazo	ryż
Wzbogacanie w $\beta$ -karoten i likopen	pomidor
Detoksyfikacja mikotoksyn	kukurydza
Usunięcie kofeiny	ziarno kawy
Wzbogacanie w witaminę E	rzepak

Źródło: [Polak, 2003].

Uodpornienie roślin na szereg niekorzystnych czynników pozwala na zwiększenie plonów roślin i wzrost produkcji żywności. Możliwe jest także ograniczenie i selektywne stosowanie środków ochrony roślin, co z kolei prowadzi do mniejszego zanieczyszczenia środowiska naturalnego i mniejszego skażenia żywności pozostałościami pestycydów. Uprawa roślin zmodyfikowanych genetycznie, które dają wyższy plon i nie wymagają kosztownych zabiegów agrotechnicznych, jest tańsza i tym samym przyczynia się do obniżenia kosztów produkcji żywności. Zastosowanie surowców transgenicznych może obniżyć cenę końcowego produktu o 1–2% [Pietrzyk, Błoniarczyk, 2007, s. 34].

## ZWIERZĘTA GENETYCZNIE MODYFIKOWANE

Modyfikacje zwierząt nie są tak popularne jak roślin, głównie ze względu na trudności w samym procesie modyfikacji. Jest on bowiem bardzo skomplikowany i długotrwały, a koszty bardzo duże. Zwierzęta modyfikowane genetycznie są mniej odporne, często chorują, czy są bezpłodne [Zwierzchowski, 2000; Zwierzchowski, 2002].

Zwierzęta transgeniczne to organizmy zawierające w genotypie obcy materiał genetyczny, wprowadzony określonymi metodami laboratoryjnymi. W ostatnich latach pojęcie to zostało znacznie rozszerzone w wyniku postępu badań z zakresu inżynierii genetycznej. Do tej grupy zwierząt zalicza się obecnie także te, u których dokonano inaktywacji wybranego genu, pomnożenia już istniejącego lub jego wymiany na inny. Efektem jest modyfikacja mechanizmów syntezy niewytwarzanych dotąd przez zwierzę specyficznych związków białkowych. Takie modyfikacje mogą prowadzić do zmian podstawowych cech genotypowych, co daje możliwości prawie nieograniczonego formowania pożądanych cech u zwierząt użytkowanych przez człowieka. Manipulacje te są obecnie wykonywane zarówno na zwierzętach laboratoryjnych, jak i gospodarskich [Łysak, 2003; Maleszy, 2005; Zwierzchowski i inni, 2002].

Podstawowymi celami modyfikacji zwierząt są:

- szybszy przyrost masy ciała, przez włączenie dodatkowego genu hormonu wzrostu. Przykładem uzyskania zwierząt transgenicznych tego typu są szybko rosnące ryby. Charakteryzuje je korzystny, niski współczynnik konwersji pokarmu – 1,5, a ponadto produkcja dużej liczby komórek jajowych, łatwość zapłodnienia i hodowania narybku. Duże nadzieje pokłada się w transgenizacji łososia genem hormonu wzrostu. Badania z genem hormonu wzrostu prowadzono również na królikach, świniach, owcach i innych zwierzętach gospodarskich,
- zwiększenie wydajności mlecznej przez wprowadzenie dodatkowego genu odpowiedzialnego za produkcję mleka,
- uodpornienie na choroby przez wprowadzenie genów odporności lub tolerancji na określoną chorobę [Linkiewicz, Sowa, 2007; Winter i inni, 2001].

Szybsze tempo wzrostu u zwierząt udaje się uzyskać poprzez wprowadzenie do danego organizmu hormonu wzrostu ludzkiego, bydłęcego lub owczego. Podejmowane są próby polepszenia jakości i wydajności wełny u owiec oraz odporności zwierząt na choroby, np. grypę. Eksperymenty przeprowadzone na zwierzętach często jednak nie dają zadowalających efektów. Owce, którym wprowadzano ludzki hormon wzrostu mający na celu zwiększenie tempa ich wzrostu są niezdolne do życia, gdyż chorują na cukrzycę i artretyzm. U świń z wprowadzonym ludzkim hormonem wzrostu uzyskano osobniki o nieznacznych dziennych przyrostach, charakteryzujące się mniejszą zawartością tłuszczu w tuszy [Moulda, 2001; Samiec, 2004; Smorąg i inni, 1998]. Pozytywnym

aspektem modyfikacji może być również mięso o obniżonej zawartości cholesterolu, modyfikacja składu kwasów tłuszczowych. W Japonii wprowadzono transgen roślinny pochodzący ze szpinaku do genomu zwierzęcia. Poprzez wprowadzenie genu FaD<sub>2</sub> zwierzęta mają zdolność przemiany niekorzystnych w konsumpcji nasyconych kwasów tłuszczowych w bardzo pożądaną wielonienasycony kwas linolenowy, zaliczany do grupy kwasów typu NNKT (niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe). Wyniki tej manipulacji na materiale genetycznym świń doprowadzono do trzeciej generacji, w której uzyskana cecha utrzymuje się niezmiennie. Świadczy to o trwałości genetycznej dokonanych zmian [Łysak, 2003; Samiec, 2004; Zwierzchowski, 2002].

Podjęmowane są próby poprawienia wydajności trawienia celulozy u przeżuwaczy (bydło, owce, kozy), poprzez zastosowanie zmodyfikowanych bakterii produkujących więcej enzymu celulazy. Wbudowanie genów kodujących celulazę w komórkach wydzielających enzymy trawienne w trzustce świni może spowodować, że zwierzę to może zjadać bardziej urozmaicony pokarm. Transgeniczne krowy mogłyby produkować mleko o korzystniejszej wartości odżywczej i właściwościach funkcjonalnych, co ułatwiłoby jego przetwórstwo. Krowom wprowadzono dodatkowe kopie genów kodujących proteiny: beta- i kappa-kazeinę. Kazeina jest składnikiem twarogów i białych serów. Modyfikacja powoduje to, że z mleka łatwiej jest uzyskać ser – można go uzyskać więcej z tej samej objętości mleka oraz szybciej [Kawa, (<http>); Kostyra, i inni, 1999].

Transgeniczne ryby oznaczają się przede wszystkim zwiększonym tempem wzrostu, większą masą tuszki. Oczekuje się, że poprzez zastosowanie inżynierii genetycznej będzie można zwiększyć opłacalność produkcji przy hodowli ryb poprzez:

- zmniejszenie ilości paszy oraz stosowanie tanich pasz,
- próby uzyskania gatunków odpornych na niską temperaturę,
- większą płodność ryb oraz możliwość kierowania płcią narybka,
- odporność na choroby [Rosochacki, Zwierzchowski, 2000].

Modyfikacje genetyczne ryb określane są jako bezpieczne, bowiem dają zadowalające wyniki bez żadnych niekorzystnych zmian [Zwierzchowski i inni, 2002].

Mimo prowadzonych badań, mięso zwierząt transgenicznych nie jest obecne na rynku. Jednak, jeżeli FDA (*Food and Drug Administration*) wyda zgodę, na rynku sprzedawany będzie zmodyfikowany genetycznie łosoś AquAdvantage [Fiedurek, 2007; Van Eenennaam, Olin, 2006].

Transgeniczne zwierzęta gospodarcze otrzymuje się również z myślą o wykorzystaniu ich jako producentów zrekombinowanych białek o znaczeniu farmaceutycznym. Białka te są wytwarzane w gruczołach mlecznych i wydzielane z mlekiem. W ten sposób udało się uzyskać transgeniczne owce, kozy i bydło produkujące  $\alpha$ -1 antytrypsynę stosowaną w leczeniu rozedmy i innych chorób płuc, czynnik krzepliwości krwi, erytropoetynę leczącą anemię,  $\beta$ -interferon zwalczający infekcje wirusowe i nowotwory oraz hormon, regulujący proces wzrostu [Winter i inni, 2001].

## ŻYWNOSĆ GENETYCZNIE MODYFIKOWANA

Na wszystkich kontynentach świata rynek żywności genetycznie modyfikowanej zaczyna się rozwijać w sposób dynamiczny. W USA prawie 90% produktów spożywczych stanowi żywność genetycznie modyfikowana. Ustawodawstwo w Stanach Zjednoczonych nie czyni różnicy pomiędzy produktami konwencjonalnymi, a produktami z udziałem inżynierii genetycznej, dlatego takie produkty nie są oznakowane. W Europie żywność genetycznie modyfikowana wzbudza wiele kontrowersji, bowiem postawiła ona na żywność ekologiczną [Ilczuk, 2000; Pietrzyk, Błoniarczyk, 2007].

Według ustawy o bezpieczeństwie zdrowotnym żywności i żywienia [Ustawa, 2006] żywność modyfikowana genetycznie (GMF) to żywność zawierająca, składająca się lub produkowana z organizmów modyfikowanych genetycznie. Zalicza się ją do kategorii tzw. nowej żywności.

Zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego [Rozporządzenie, 1997], pojęcie żywność genetycznie zmodyfikowana obejmuje następujące grupy:

1. Żywność zawierająca genetycznie zmodyfikowane składniki lub będąca organizmem modyfikowanym genetycznie. Zalicza się tu całe produkty spożywcze lub ich składniki produkowane w oparciu o surowce transgeniczne lub spożywane bezpośrednio, np. modyfikowane pomidory, przetwory z modyfikowanych pomidorów, modyfikowane owoce czy lody zawierające transgeniczne owoce.
2. Żywność i jej składniki produkowane przez GMO, lecz niezawierające GMO. Przykładem tej grupy produktów mogą być olej rzepakowy uzyskany z rzepaku odpornego na herbicydy oraz produkty, w skład których taki olej wchodzi, np. majonezy czy cukier wyprodukowany z transgenicznych buraków cukrowych i produkty spożywcze zawierające taki cukier.
3. Żywność i jej składniki zawierające nową lub celowo zmodyfikowaną podstawową strukturę molekularną. Do tej grupy produktów można zaliczyć pszenicę wzbogaconą w deficytowe, egzogenne aminokwasy.
4. Żywność i jej składniki składające się lub izolowane z roślin i zwierząt hodowlanych rozmnażanych nietradycyjnymi metodami, a jednocześnie nieposiadające własnej historii ich bezpiecznego stosowania dla celów spożywczych.

W pracach genetycznych prowadzących do uzyskania żywności transgenicznej można wyróżnić następujące kierunki:

- wzbogacanie żywności w składniki podnoszące wartość żywieniową,
- usuwanie substancji szkodliwych,
- ulepszanie cech ułatwiających przetwórstwo oraz nadawanie produktom nowych cech i właściwości [Berger, Filimonow, 2004; Gawęcki, Mossor-Pietraszewska, 2004].

Obecnie na rynku dostępne są następujące produkty spożywcze pochodzące z roślin genetycznie zmodyfikowanych:

- żywność będącą genetycznie modyfikowanymi roślinami (np. świeże pomidory, ziemniaki),
- żywność zawierająca przetworzone rośliny modyfikowane genetycznie (np. koncentraty zup z pomidorów, frytki mrożone),
- żywność produkowana z zastosowaniem genetycznie modyfikowanych organizmów (np. chleb pieczony z wykorzystaniem transgenicznego drożdży),
- produkty żywnościowe pochodne transgenicznych roślin, lecz niezawierające żadnych komponentów „transgenicznych” (np. olej sojowy otrzymywany z transgenicznej soi) [Fiedurek, 2007, s.149].

Żywność uzyskana z zastosowaniem organizmów transgenicznych posiada cechy porównywalne do żywności tradycyjnej i dostarcza tych samych niezbędnych substancji odżywczych. Nie zawiera przy tym podwyższonej ilości substancji szkodliwych, które występują w produktach naturalnych (np. solaniny w ziemniaku, cyjanogennych glikozydów w jabłkach i morelach, tomatyny w pomidorach), ani też toksyn mogących być ubocznymi produktami manipulacji genetycznych. Zastosowanie technik inżynierii genetycznej pozwala również zwiększyć liczbę składników naturalnie występujących w żywności, których niedobór stanowi przyczynę poważnych schorzeń.

Produkty spożywcze uzyskiwane z zastosowaniem GMO są postrzegane jako ważne źródło różnorodnych substancji odżywczych, do których należą nutraceutyki (komponenty żywności funkcjonalnej). Do grupy nutraceutyków zalicza się m.in. błonnik pokarmowy, fitozwiązki, barwniki roślinne, witaminy (głównie A, C i E), wielonienasycone kwasy tłuszczowe (WNKT), strukturyzowane lipidy, niektóre zamienniki tłuszczów i sacharozy oraz probiotyki (szczepy bakterii mlekowych *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*) i prebiotyki (oligosacharydy niezbędne dla rozwoju bakterii probiotycznych). Te, które są wytwarzane z zastosowaniem GMO są identyczne z naturalnymi. W niektórych przypadkach udało się zmodyfikować ich cząsteczki tak, że uzyskano substancje o bardziej efektywnym działaniu fizjologicznym. Żywność transgeniczna może więc zawierać zmodyfikowane szczepy bakterii probiotycznych, które korzystnie wpływają na przewód pokarmowy człowieka. Oleje pozyskiwane z genetycznie modyfikowanych roślin oleistych, głównie rzepaku i soi, charakteryzują się ulepszonym składem kwasów tłuszczowych. Strukturyzowane triacyloglicerole korzystnie wpływają na układ immunologiczny, równowagę azotową i ponadto przyspieszają usuwanie lipidów z układu krwionośnego. Żywność zawierająca taką strukturę tłuszczu, np. soja o podniesionej zawartości kwasu oleinowego, jest niskokaloryczna. Margaryny wyprodukowane z olejów wytłoczonych z roślin oleistych genetycznie modyfikowanych są zdrowsze, gdyż podczas obróbki ter-



micznej, np. podczas smażenia, nie powstają szkodliwe dla człowieka kwasy tłuszczowe o konformacji *trans* [Berger, Filimonow, 2004; Fiedurek, 2007; Gawęcki, Mossor-Pietraszewska, 2004; Ilczuk, 2000; Macura, 2002; Pietrzyk, Błoniarczyk, 2007].

## PODSUMOWANIE

Transgeniczne rośliny i zwierzęta dają nadzieję na rozwiązanie problemu głodu na świecie. Techniki inżynierii genetycznej pozwalają na otrzymanie żywności o wysokiej wartości odżywczej i zdrowotnej. Dzięki nim można wyeliminować glutenu z ziarna pszenicy (istotna dla osób z nietolerancją tego białka), modyfikować zawartość aminokwasów ograniczających, redukować zawartość solaniny w ziemniakach i podwyższać zawartość karotenoidów. W produktach zwierzęcych można obniżyć w mięsie zawartość cholesterolu, modyfikować skład kwasów tłuszczowych, uzyskiwać mleko o zmniejszonej alergenicności na skutek obniżenia zawartości  $\beta$ -laktoglobuliny lub zawierające transgeniczne globuliny [Fiedurek, 2007; Gawęcki, Mossor-Pietraszewska, 2004]. Żywność taka może okazać się pomocna w rozwiązywaniu problemów związanych z zapewnieniem szerokiego dostępu do żywności o odpowiedniej wartości odżywczej, a także odgrywać istotną rolę w zapobieganiu chorobom powstającym na tle wadliwego żywienia [Nowicka, 2002].

Do tej pory nie udało się jednoznacznie stwierdzić poważnego negatywnego wpływu genetycznie modyfikowanej żywności na organizm ludzki. Jednak nie udało się też udowodnić jej całkowitej obojętności dla człowieka. Nadal nieznanne są skutki, jakie może wywołać długotrwałe spożywanie GMO [Nowocien, (http), s. 63]. Dlatego kontynuowane są prace w tym zakresie. W dalszym ciągu odnotowuje się potrzebę bardziej szczegółowych badań, celem wyjaśnienia spornych opinii na temat żywności GM. Rzetelne, obiektywne badania pozwolą w przyszłości na pozyskanie zaufania konsumentów do metod inżynierii genetycznej, obecnie bowiem, jak się wydaje, społeczeństwo europejskie nie jest jeszcze gotowe na takie nowości, jak żywność modyfikowana genetycznie [Pelli, Lyly, (http), s. 6].

## LITERATURA

- Berger S., Filimonow J., 2004, *GMO Żywność transgeniczna*, „Bezpieczeństwo i Higiena Żywności”, 2(13), s. 40–42.
- Belcher K., Nolan J., Philips P.W.B., 2005, *Genetically modified crops and agricultural landscapes: spatial patterns of contamination*, „Ecological Economics” nr 3, s. 387–401.

- Clive J., 2009, *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008*, Wyd. Ithaca, Nowy Jork.
- Co to jest, <http://pl.myiooi.com/attachments/1/69b209c48b41f902b350> (stan na dzień 19.08.2009).
- Fiedurek J., 2007, *Rola żywności i żywienia w profilaktyce i terapii chorób człowieka*, Wyd. UMCS, Lublin.
- Filimonow J., Berger S., 2005, *Możliwość zastosowania GMO w produkcji żywności*, „Przemysł Spożywczy” nr 5, s. 39–41.
- Gawęcki J., Mossor-Pietraszewska T., 2004, *Kompendium wiedzy żywności o żywieniu i zdrowiu*, Wydaw. Naukowe PWN, Warszawa.
- Grajek W., 2006, *Modyfikacje genetyczne surowców*, „Postępy Nauk Rolniczych” nr 5, s. 9.
- Ilczuk Z., *Żywność genetycznie modyfikowana*, „Przemysł Spożywczy” 2000, nr 1, s. 19.
- Jakubiec A., Orłowski A., 2005, *Perspektywy rozwoju upraw roślin transgenicznych w Europie*, „Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu” nr 1, s. 86–92.
- Kawa M., *Zwierzęta transgeniczne, GMO – przykłady modyfikacji*, <http://www.biotechnolog.pl> (stan na dzień 19.08.2009).
- Kolodinsky J., DeSisto T.P., Narsana R., 2004, *Influences of question wording on levels of support for genetically modified organisms*, „International Journal of Consumer Studies” nr 28, s. 154–167.
- Korbin M., 2006, *Uprawy GM, konwencjonalne i ekologiczne – problem koegzystencji*, „Biotechnologia” nr 3, s. 7–15.
- Kostyra H., Kostyra E., Zduńczyk P., 1999, *Wędrówki genów*, „Przemysł Spożywczy” nr 6, s. 4–5.
- Linkiewicz A., Sowa S., 2007, *Zwierzęta genetycznie zmodyfikowane [w:] Organizmy genetycznie zmodyfikowane*, PZliTS Oddział Wielkopolski, Poznań.
- Łysak A., 2003, *Zwierzęta transgeniczne (genetycznie zmodyfikowane) – instrument wszechstronnych zastosowań*, „Wiadomości Zootechniczne” nr 2, s. 41–44.
- Macura R., 2002, *Nutraceutyki – preparaty dietetyczne i odżywcze specjalnego przeznaczenia*, „Przemysł Spożywczy” nr 4, s. 14–16.
- Malepszy S., 2005, *Rozwój biotechnologii [w:] Raport perspektywy i kierunki rozwoju biotechnologii w Polsce do 2013 r.*, red. S. Bielecki, Wyd. Ministerstwo Edukacji i Nauki, Polska Akademia Nauk Komitetu Biotechnologii przy Prezydium PAN, Warszawa.
- Moulda F.L., 2001, *Wykorzystanie pasz dla zwierząt i bezpieczeństwo upraw GMO*, „Przegląd Zbożowo-Młynarski” nr 11, s. 7–8.
- Nowicka G., 2002, *Żywność modyfikowana genetycznie a zdrowie: korzyści i zagrożenia*, „Żywnienie człowieka i metabolizm” nr 3, s. 187–194.
- Nowocien Z., *Organizmy modyfikowane genetycznie – technika uzyskiwania, znaczenie praktyczne w żywieniu ludzi i zwierząt, problemy środowiskowe*, <http://www.zssh.radom.pl/html/szkola/biblioteka/publikacje/publikacjazbnowocien.pdf> (stan na dzień 19.08.2009 r.).
- Pelli K., Lyly M., *Modyfikacja genetyczna a żywność*, [http://www.pttz.org/raporty/modyfikacja\\_gen.doc](http://www.pttz.org/raporty/modyfikacja_gen.doc) (stan na dzień 19.08.2009).

- Pietrzyk S., Błoniarczyk K., 2007, *Żywność genetycznie modyfikowana*, „Laboratorium przemysłowe” nr 9, s. 34–38.
- Polak J., 2003, *Metody analizy żywności modyfikowanej genetycznie* [w:] *Metody pomiarów i kontroli jakości w przemyśle spożywczym i biotechnologii*, red. Z. Kędziora, Wydaw. AR w Poznaniu, Poznań.
- Rosochacki S.J., Zwierzchowski L., 2000, *Transgeniczne ryby: osiągnięcia, problemy, perspektywy*, „Prace i Materiały Zootechniczne” nr 56, s. 75–95.
- Roszkowski A., 2007, *Technika rolnicza a GMO (biotechnologia – bioinżynieria – rośliny transgeniczne)*, „Inżynieria Rolnicza” nr 8(94), s. 219–224.
- Rozporządzenie (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 1997 r. *dotyczące nowej żywności i nowych składników żywności*, Dz. Urz. L 43 z dnia 14 lutego 1997 r.
- Samiec M., 2004, *Development of pig cloning studies: past, present and future*, „Journal of Animal and Feed Science” 2(13), s. 211–238.
- Smorąg Z., Jura J., Kopchick J.J., Gajda B., Skrzyszowska M., Różycki M., Pasięka J., 1998, *Transgeniczne świny; uzyskiwanie oraz genetyczne modyfikacje*, „Biotechnologia” nr 2, s. 145–152.
- Sowa S., Linkiewicz A., 2007, *Rośliny genetycznie zmodyfikowane* [w:] *Organizmy genetycznie zmodyfikowane*, PZLiTS Oddział Wielkopolski, Poznań.
- Twardowski T., Zimny J., Twardowska A., 2003, *Bezpieczeństwo biotechnologii*, Agencja Edytor, Poznań.
- Twardowski T., Lubiatowska-Krysiak E., 2008, *Agrobiotechnologia i przemysł rolno-spożywczy: perspektywy i ograniczenia w świetle opinii publicznej*, „Biotechnologia Monografie” nr 4, s. 3–66.
- Ustawa z dnia 22 czerwca 2001 r. *O organizmach genetycznie modyfikowanych*, DzU nr 76 z dnia 25 lipca 2001 r., poz. 811.
- Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. *O bezpieczeństwie żywności i żywienia*, DzU nr 171 z dnia 27 września 2006 r., poz. 1225.
- Van Eenennaam A., Olin G., 2006, *Careful risk assessment needed to evaluate transgenic fish*, „Cal Agriculture” nr 3(60), s. 126–131.
- Winter P.C., Mickey G.J., Fletcher H.L. 2001, *Krótkie wykłady. Genetyka*, Wydaw. PWN, Warszawa.
- Zimny J., 2007, *Żywność modyfikowana genetycznie i bezpieczeństwo jej stosowania*, „Postępy Nauk Rolniczych” nr 1, s. 31.
- Zwierzchowski L., 2000, *Transgeniczne zwierzęta i rośliny jako bioreaktory przyszłości*, „Kosmos” nr 1–2 (49), s. 123–133.
- Zwierzchowski L., Rosochacki S.J., Sakowski T., Reklewski Z., 2002, *Żywność i inne produkty uzyskane od zwierząt zmienionych genetycznie*, „Prace i Materiały Zootechniczne” nr 3, s. 5–55.
- Zwierzchowski L., 2002, *Molekularne podstawy rozrodczości człowieka i innych ssaków* [w:] *Molekularne podstawy rozrodczości człowieka i innych ssaków*, red. M. Kurpisz, Wydaw. Termedia, Poznań.

### *Streszczenie*

Wzrastająca liczba ludzi na świecie powoduje konieczność poszukiwania sposobów zwiększenia ilości produkowanej żywności. Jednym ze sposobów jest zastosowanie technik inżynierii genetycznej. Pozwala to bowiem na zwiększenie plonów, ułatwia uprawy i odgrywa ważną rolę w produkcji żywności z zastosowaniem metod przemysłowych.

Celem artykułu był przegląd najnowszych osiągnięć w dziedzinie inżynierii genetycznej, ze szczególnym uwzględnieniem ich wpływu na kształtowanie jakości żywności.

Dzięki stosowaniu modyfikacji genetycznej roślin można uzyskać odmiany o lepszych cechach produkcyjnych i żywieniowych, a także rośliny odporne na wirusy, grzyby, owady, szkodniki, chwasty i środki chwastobójcze. Areał upraw takich roślin dynamicznie wzrasta na całym świecie. Genetycznie modyfikuje się także zwierzęta, lecz jest to proces długotrwały, trudny i często niedający oczekiwanych efektów. Najczęściej celem takich modyfikacji jest przyspieszenie wzrostu, zwiększenie mleczności, uodpornienie na choroby. Zwierzęta wykorzystuje się też jako bioreaktory, czyli producentów ważnych farmaceutyków, które później są izolowane z ich mleka – ich produkcja poza żywym organizmem jest niemożliwa lub bardzo kosztowna i trudna.

Zastosowanie technik inżynierii genetycznej pozwala zwiększyć liczbę składników naturalnie występujących w żywności, których niedobór stanowi przyczynę poważnych schorzeń. Dlatego produkty spożywcze uzyskiwane z zastosowaniem GMO są postrzegane jako ważne źródło różnorodnych substancji odżywczych i składników funkcjonalnych, a także możliwości rozwiązania problemu głodu na świecie.

## **Genetic Engineering in the Production and Control of Food Quality**

### *Summary*

Owing to booming world population levels, it is essential to find ways to increase the quantities of manufactured food. One such way is the application of genetic engineering techniques. With these techniques, it is possible to increase crop yields and to enhance tillage, and it also plays an important part of the food production processes using industrial methods.

The objective of this paper was to survey the most contemporary achievements in the field of genetic engineering, and, in particular, to research into the impact of these techniques on the food quality management & control.

Owing to the application of genetic modification of plants, it is possible to obtain new varieties showing better production and dietary features, as well as plants resistant to viruses, fungi, pests, weeds and weed-killing agents. The crop acreage of such plants dynamically develops throughout the world. Furthermore, animals are genetically modified; however, the entire process is long-lasting, difficult and complex, and often inefficient as regards the expected results. Most often, the aim of genetic engineering in animals is to accelerate their growth, to increase lactation yield, and to enhance disease resistance in animals. Additionally, animals are used as bio-reactors, i.e. producers of important pharmaceuticals, which are isolated from their milk; the production of those pharmaceuticals is not possible outside a living organism, or is very expensive and difficult.

The application of genetic engineering allows for an increase in the number of natural components present in food, i.e. of those whose deficiency is a reason of serious illnesses. Therefore, the food products manufactured using GMO techniques are considered to be an important source of diverse nutritious substances and functional nutrients/components, and, also, as a method of solving the problem of world famine.