

JÓZEF FORNAL, ZENON ZDUŃCZYK

## ŻYWNOSĆ MODYFIKOWANA GENETYCZNIE - NOWY RODZAJ ŻYWNOSCI FUNKCJONALNEJ

### Streszczenie

W poszukiwaniu efektywnych źródeł żywności funkcjonalnej nie sposób pominąć żywności określonej mianem genetycznie modyfikowanej (GMF), otrzymanej z genetycznie modyfikowanych surowców. Wykorzystanie nowych technik inżynierii genetycznej wydaje się być najszybszą drogą do pozyskania żywności w pożądanym sposobie kształtującej wartość odżywczą i jakość zdrowotną diet. W produkcji żywności pochodzenia roślinnego przykładem pozytywnych rozwiązań jest eliminacja glutenu z ziarna pszenicy (ważna w przypadku osób z nietolerancją tego białka), modyfikacja zawartości aminokwasów ograniczających, redukcja solaniny w ziemniakach i wzrost zawartości karotenoidów. Podejmuje się również próby wykorzystania zwierząt jako swoistych bioreaktorów umożliwiających uzyskanie żywności funkcjonalnej, np. mleka o zmniejszonej alergenicności (wskutek obniżenia zawartości  $\beta$ -laktoglobuliny) lub mleka zawierającego transgeniczne globuliny przeznaczonego dla pacjentów skazanych na częste i wysokie dawki antybiotyków.

### Wstęp

Surowce i produkty transgeniczne to takie, które zawierają fragment informacji genetycznej skonstruowanej w laboratorium, zwany transgenem. Źródłem transgeny, oprócz roślin, mogą być zarówno zwierzęta, jak też bakterie czy wirusy. Transgen niesie ze sobą jedną informację o właściwości ważnej dla człowieka oraz tzw. gen markerowy [14]. Transgenezę prowadzi się w różnorodnych celach, a głównie: (1) uzyskania zwiększonej odporności roślin na herbicydy, choroby grzybowe, wirusowe, niskie temperatury, zasolenie gleby, (2) zwiększenia plonu, (3) otrzymania produktów o zwiększonej trwałości, odpowiednim smaku lub jego zwiększonej intensywności (np. słodkości), (4) zwiększenia suchej masy produktów (zwiększenie zawartości skrobi w ziemniakach) i zmienionej proporcji składników (amyloza i amylopektyna w skrobi,

kwasy tłuszczowe rzepaku), a przez to powstanie produktów o pożądanych właściwościach fizykochemicznych, (5) uzyskania zwierząt rzeźnych o odpowiednich cechach mięsnych i znacznych przyrostach masy (bydło, trzoda, króliki, ryby).

W przypadku zwierząt osobniki transgeniczne uzyskuje się poprzez wprowadzenie do genomów zwierząt konwencjonalnych obcych gatunkowo genów zwierząt lub genów ludzkich, najczęściej związanych z regulacją wzrostu (są one wyposażone w promotory warunkujące ich wzmożoną ekspresję, np. promotor genu metalotioneiny). Tego typu zabiegi, szczególnie w odniesieniu do zwierząt, wzbudzają wiele kontrowersji. Spektakularne sukcesy biotechnologii (np. szybko rosnący pstrąg z ludzkim genem wzrostu) wzbudzają zarówno entuzjazm zwolenników, jak i silny sprzeciw licznej grupy konsumentów, zgłaszających zastrzeżenia etyczne i obawy o własne zdrowie. W rozważaniach możliwości szerszego wykorzystania żywności modyfikowanej genetycznie ten aspekt winien być również brany pod uwagę. Być może upowszechnienie informacji o możliwościach skutecznego zwiększenia jakości zdrowotnej diet, dzięki wprowadzeniu odpowiedniej żywności genetycznie modyfikowanej, zmniejszy obawy przed stosowaniem produktów nowoczesnej biotechnologii.

### **Postęp w produkcji surowców transgenicznych**

O coraz większym znaczeniu żywności modyfikowanej genetycznie świadczy wzrastająca ilość doświadczeń polowych, w wyniku których powstają nowe surowce do przetwórstwa, bądź produkty do bezpośredniej konsumpcji. O ile w latach 1988–1993 przeprowadzono 1874 takich doświadczeń, to już w latach 1993–1998 było ich aż 8000. Jakkolwiek w uprawach polowych dominują kraje obu Ameryk, to również w Europie wzrasta liczba zezwoleń na wprowadzenie do uprawy roślin transgenicznych. W latach 1988–1995 takich zezwoleń wydano 550. Zaznacza się tutaj szczególnie pozycja Francji, która z liczbą 162 zezwoleń znajduje się na czele listy krajów europejskich, wyprzedzając Wielką Brytanię, Belgię, Włochy i Holandię [15, 16].

Na liście najważniejszych genetycznie modyfikowanych roślin znajduje się soja (35,2 mln akrów), kukurydza (10,8) i rzepak (3,0). Istotną pozycję stanowi również genetycznie modyfikowany ziemniak (0,5 mln akrów), uprawiany głównie (podobnie jak większość wymienionych roślin) w USA i Kanadzie [14]. Pozostałe rośliny to ryż, pszenica, żyto, jęczmień, sorgo, rośliny strączkowe (szczególnie groch), kapusta i sałata, rzepak, len, ogórek, melon, jabłka, pomarańcze, banany, truskawki, papaja, pieprz, cykoria i buraki cukrowe.

Również w Polsce trwają intensywne prace nad uzyskiwaniem produktów transgenicznych zarówno roślinnych jak i zwierzęcych, a znaczące osiągnięcia uzyskało już wiele ośrodków, w tym:

- Instytut Chemii Bioorganicznej PAN w Poznaniu, w którym opracowano kukurydzę, ziemniak i burak pastewny odporne na herbicydy glifosat i glufosinat oraz

transgeniczną sałatę zawierającą promotor genu odporności na wirusowe zapalenie wątroby [12];

- Instytut Biochemii i Biofizyki PAN w Warszawie i Instytut Ziemiaka w Rozalinie (Oddział w Młochowie), w którym uzyskano ziemniak odporny na wirusa liściozwoju [20];
- IHAR Radzików, w którym uzyskano pszenżyto odporne na herbicyd BASTA, (wykorzystując gen opracowany sztucznie przez producentów tego herbicydu);
- SGGW-AR Warszawa i Instytut Biochemii i Biofizyki PAN Warszawa, w których uzyskano ogórki z ekspresją genu taumatyny II kodującego białko odpowiedzialne za wywołanie wrażenia słodkości [26] i transgeniczne pomidory [2, 3];
- Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu, w którym uzyskano króliki z obecnością genu hGRF, a dzięki temu z przyrostem masy ciała większym o 50%;
- Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu oraz Zakład Ichtiobiologii i Gospodarki Rybackiej PAN w Gołyszcu, w których uzyskano karpia i pstrąga o rocznych przyrostach masy ciała o 30%, a długości o 6 cm większych, niż u ryb tradycyjnych [30].

To tylko niektóre przykłady informujące o zainteresowaniu krajowych ośrodków naukowych surowcami transgenicznymi. Przyjmuje się, że do 2005 zakończą się badania polowe i nastąpi produkcja żywności transgenicznej na skalę przemysłową, a po roku 2010 pojawią się efekty wyższych stadiów zastosowań biotechnologii, tzn. produkcja roślinnych farmaceutyków oraz wykorzystanie zwierząt jako tak zwanych bioreaktorów do otrzymywania produktów o właściwościach leczniczych. Przewiduje się również produkcję chemicznych materiałów biodegradowalnych [8, 9, 14, 27].

### **Transgeniczne produkty pochodzenia roślinnego**

Mając na uwadze różnorakie oczekiwania wobec żywności funkcjonalnej, dotychczas uzyskane produkty transgeniczne należy uszeregować według pochodzenia żywności (roślinna, zwierzęca) i podstawowych składników chemicznych, decydującej o przeznaczeniu tej żywności.

**Białka.** Najczęściej celem transgenezy była modyfikacja składu aminokwasowego białka lub zmiana właściwości funkcjonalnych tego składnika. W tym zakresie uzyskano następujące osiągnięcia:

- zastosowano 2S -albuminę brazylijskich orzeszków ziemnych, co pozwoliło na znaczny wzrost zawartości cystyny i metioniny w nasionach transgenicznej soi. W soi i transgenicznych nasionach Canoli pięciokrotnie i dwukrotnie zwiększono za-

wartość lizyny. Ostatnio zwiększono również zawartość cysteiny i metioniny w transgenicznym łubinie [5, 18, 19];

- zaprojektowano i zastosowano gen kodujący, pozwalający na zwiększenie o 30% zawartość lizyny w białkach roślinnych [17],
- podjęto próbę eliminacji glutenu z ziarna pszenicy, czynnika ograniczającego spożycie produktów zbożowych przez osoby z nietolerancją glutenu (GSE – gluten-sensitive enteropathy). W wielu krajach (np. Irlandii, Włochach i USA) liczba dotkniętych tą chorobą dochodzi do 4 na 1000 mieszkańców. Objawy tej choroby to chroniczna biegunka, osłabienie i utrata wagi. Bezglutenowa dieta nie daje bezwzględnej pewności uniknięcia tej choroby ze względu na zanieczyszczenie w procesie przemiału i błędy recepturowe zdarzające się w czasie produkcji wyrobów [4],
- osiągnięto znaczny postęp w podnoszeniu jakości pszenicy w piekarstwie. Wiadomo, że zmienność elastyczności glutenu związana jest z zawartością wysokocząsteczkowych frakcji gluteniny. Zazwyczaj zawartość tych frakcji wynosi 3 lub 4%, co odpowiada od 6 do 12% białka całkowitego. Na skutek modyfikacji z zastosowaniem genów kodujących osiągnięto gluten o zawartości 20% frakcji o wysokiej masie cząsteczkowej. To decydowało o fakcie, że mąka była bardzo mocna i nadawała się szczególnie do poprawy właściwości mąk słabych [17].

**Tłuszcze.** Wykazano możliwość uzyskiwania "projektowanych olejów roślinnych". Mogą one mieć nie tylko znaczenie jako surowce przemysłowe (smary i detergenty), lecz także jako nutraceutyki i farmaceutyki. Przykładem osiągnięć w tym zakresie może być, m.in.:

- grupa tłuszczów z charakterystycznym kwasem tłuszczowym, ocenianym według zasady "duża zawartość - niewielkie znaczenie", np. kwas laurynowy w transgenicznej Canoli (uzyskiwany z orzecha kokosowego lub oleju palmowego i stosowany szeroko w wyrobach cukierniczych). Do jego produkcji zastosowano gen kodujący acyl-ACP tioesterazę. Enzym ten, poprzez odcięcie od kompleksu enzymów syntetyzujących kwasów tłuszczowych, zapobiega produkcji długołańcuchowych kwasów tłuszczowych, o łańcuchu dłuższym niż 12 atomów C;
- tłuszcze z charakterystycznym kwasem tłuszczowym, ocenianym według zasady "mała zawartość - wielka wartość", np. wielonienasycone kwasy tłuszczowe (w tym gamma linolenowy), podstawowe dla właściwego metabolizmu człowieka. Zawierające znaczne ilości kwasu gamma linolenowego nasiona wiesiołka i ogórecznika są stosowane szeroko jako dodatki funkcjonalne. Poprzez badania genetyczne zmierza się do zwiększenia zawartości kwasu gamma linolenowego w roślinach znacznie łatwiejszych do uprawy, a dzięki temu wyprodukowanie cennych składników do szerszej konsumpcji;

- kwas linolowy, będący substratem do syntezy eikosanoidów i podstawowym niezbędnym kwasem tłuszczowym dla organizmu człowieka. Trwają prace nad odtworzeniem pełnej ścieżki metabolicznej wysoko nienasyconych kwasów tłuszczowych. Wyizolowano już cDNA z genu ogórecznika kodującego delta 6 desaturazę kwasów tłuszczowych (pozwala to na uzyskanie kwasu gamma linolenowego w ilości większej niż w ogóreczniku). Intensywnie prowadzi się badania nad izolacją genu kodującego delta 5 desaturazę kwasów tłuszczowych, odpowiedzialną za syntezę kwasu arachidonowego, ostatniego w cyklu syntezy eikozanoidów [17].

**Węglowodany.** Podstawowy cykl syntezy amylozy i amylopektyny jest już dobrze rozpoznany. Istnieją zatem możliwości uzyskiwania skrobi o określonej, pożądanej strukturze i właściwościach, np.:

- skrobi ziemniaczanej zawierającej 95% amylopektyny, co do tej pory było możliwe tylko w kukurydzy woskowej. Uzyskuje się to poprzez ekspresję antysensownego DNA, wyizolowanego z *Agrobacterium tumefaciens*, powodującego inhibowanie biosyntezy enzymu GBSS (granule bound starch synthase);
- zmodyfikowanych skrobi zbożowych, np. zmutowanej skrobi pszennej o właściwościach skrobi kukurydzianej, skrobi o właściwościach fosforanów skrobiowych i skrobi RS, ważnej z punktu widzenia żywienia prozdrowotnego [17, 23].

Przedstawione genetyczne modyfikacje pozwolą nie tylko na uzyskanie produktów o pożądanych cechach zdrowotnych, lecz także na uniknięcie chemicznej modyfikacji, do tej pory szeroko stosowanej dla uzyskania tych preparatów. W przyszłości przewiduje się uzyskanie termoplastycznych i biodegradowalnych skrobi, przydatnych w produkcji opakowań.

Odrębną grupę związków stanowią substancje o negatywnym działaniu na organizm człowieka. I w tym przypadku genetyczna modyfikacja stwarza nadzieję na zwiększenie bezpieczeństwa żywności poprzez obniżenie zawartości lub całkowitą eliminację substancji o właściwościach alergennych lub toksycznych z surowców, a przez to produktów żywnościowych [5, 6, 7, 28]. Przykładem mogą być  $\alpha$ -chaconina i  $\alpha$ -solanina, stanowiące 95% wszystkich glikoalkaloidów obecnych w ziemniaku, jak również cyjanogenne glikozydy zawarte w bulwach manioku i toksyczne lektyny nasion niektórych roślin strączkowych (np. fasola kidney bean), które muszą być usunięte (np. przez wypłukiwanie) przed spożyciem z nasion. Niewłaściwe przygotowanie tego typu surowców roślinnych do spożycia bywa wciąż przyczyną zgonów. Modyfikacja polegająca na fuzji genu z drożdży piekarskich *Saccharomyces cerevisia* z peptydem inhibitora proteazy II z ziemniaka, pozwoliła na zmniejszenie zawartości alkaloidów w bulwach o blisko 40% [6].

Bardzo interesującą, aczkolwiek również kontrowersyjną, jest możliwość uzyskiwania na drodze modyfikacji genetycznych, tzw. szczepionek pokarmowych, charakteryzujących się niewielką ekspresją antygenów, np. rośliny transgeniczne zawierające antygeny ludzkiego wirusa zapalenia wątroby typu B (HBV), w których poziom ekspresji antygeny określa się na  $10^{-9}$  g/g rośliny [12].

### **Transgeniczne produkty zwierzęce**

**Mleko o obniżonej zawartości laktozy.** Nietolerancja laktozy, będąca konsekwencją niedoboru endogennej laktazy (hydrolizującej laktazę do wchłanianej przez krwioobieg glukozy i galaktozy), znacznie ogranicza spożycie mleka, jednego z najbardziej wartościowych produktów spożywczych. W przypadku osób cierpiących na nietolerancję, słabo absorbowana laktoza pozostaje w jelicie, powodując zwiększoną retencję wody i zagrożenie bakteryjnej fermentacji treści pokarmowej. Zwiększone uwodnienie treści pokarmowej, połączone z bakteryjną produkcją znacznych ilości dwutlenku węgla, prowadzi do rozstroju żołądka i silnego odwodnienia organizmu. Szacuje się, że na takie dolegliwości cierpi ok. 50 mln Amerykanów.

Mleko pozyskiwane od transgenicznych zwierząt zawiera własną laktazę (hydrolazę laktazo-florizinową), która wyrównuje niedobór tego enzymu w jelicie cienkim osób z omawianym upośledzeniem. Hydrolaza laktazo-florizinowa występuje w jelicie jako enzym o masie cząsteczkowej 130 kDa. Transgeniczne zwierzęta posiadają gen hybrydowy, dzięki któremu do jelitowej hydrolazy jest przyłączany specyficzny dla gruczołu mlekowego promotor białka –  $\alpha$ -laktoalbumina. Syntetyzowany w komórkach gruczołu mlekowego enzym pozostaje w formie prekursora o masie cząsteczkowej 220 kDa, jednakże jest w pełni aktywny. Spożywany w mleku, mimo niewielkiej ekspresji endogennej laktazy, obniża poziom laktozy o 50–85%, a możliwe jest dalsze zwiększenie stopnia trawienia tego dwucukru.

Warto dodać, że w tego typu mleku obserwowano równoległy przyrost zawartości glukozy i galaktozy, aczkolwiek nie pozostający w proporcjonalnej zależności ze spadkiem zawartości laktozy. Przypuszczalnie monosacharydy są reabsorbowane przez gąbczaste komórki gruczołu mlekowego. Podkreślić należy, że nie zmieniła się w mleku transgenicznym zawartość suchej masy, tłuszczu, białka [11, 29].

**Zrekombinowany prokolagen w mleku.** Kolagen jest najobficiej występującym strukturalnym białkiem organizmów zwierzęcych. Ma on postać włókien o średnicy do kilkunastu milimetrów. Są one najistotniejszym elementem decydującym o właściwościach mechanicznych tkanek. Dotychczasowym głównym źródłem pozyskiwania kolagenu były rogi i kopyta. Kolagen i jego zdenaturowana forma – żelatyna są używane szeroko w produkcji żywności, jako środki wiążące w kosmetykach i chirurgii kosmetycznej, a także jako sztuczna matryca dla odtwarzania uszkodzonych tkanek.

Uzyskano transgeniczne zwierzęta, zawierające struktury cDNA kodujące rekombinowany prokolagen. Poprzez wprowadzenie do enzymu modyfikującego, jakim jest 4-prolyl-hydrolaza, nowych podjednostek,  $\alpha$ - i  $\beta$  syntetyzowany prokolagen był stabilny w temperaturze ciała. Dzięki temu zawarty w mleku prokolagen (w ilości dochodzącej do 50-200 mg/100 ml) nie był proteolitycznie przekształcany do kolagenu [10].

Konstrukcja znowelizowanych transgenów cDNA umożliwiła uzyskiwanie cząstek o całkowicie nowych właściwościach. Po odpowiednim oczyszczeniu mogą one znaleźć zastosowanie w leczeniu ran, inżynierii tkankowej i dostarczaniu komórek.

Podobnie duże nadzieje wiąże się z innymi modyfikacjami składu i właściwości mleka, w tym:

- produkcją w gruczole mlekowym aktywnych białek, pełniących funkcje farmaceutyków. Przykładem są transgeniczne globuliny w mleku przeznaczonym dla pacjentów skazanych na częste i wysokie dawki antybiotyków (produkt firmy Genzyme Transgenic Corporation);
- tzw. humanizacją mleka krowiego, uzyskiwaną przez wprowadzenie genów odpowiedzialnych za syntezę białek ludzkich;
- poprawę właściwości mleka jako surowca do przetwórstwa (np. mutagenezę genów kazein, wzbogacenie w kappa-kazeinę zwiększające odporność mleka na wysoką temperaturę);
- zmniejszenie alergenicności mleka poprzez obniżenie zawartości  $\beta$ -laktoglobuliny [1, 9, 30].

Omówione wyżej przykłady to tylko niektóre spośród możliwości genetycznej modyfikacji surowców i produktów żywnościowych; zmian ich funkcji i uzyskania nowych zastosowań. W przypadku produktów zwierzęcych, cytowane wcześniej eksperymenty prowadzono zazwyczaj na zwierzętach laboratoryjnych, a kwestią zasadniczą jest możliwość ich powtórzenia na zwierzętach gospodarskich [9, 11, 29, 30]. Niezależnie jednak od rodzaju produktu czy obiektu doświadczalnego pozostaje jednak pytanie, czy nowych źródeł żywności funkcjonalnej poszukiwać na drodze modyfikacji genetycznych, czy też zmierzać do maksymalnego wykorzystania możliwości stwarzanych przez bogactwo składników występujących w tradycyjnych surowcach. Między innymi dotyczy to wykorzystania biologicznych właściwości wielu nieodżywczych składników, występujących w warzywach i owocach, w tym:

- występujących w soi izoflawonów, którym przypisuje się działanie redukujące zawartość cholesterolu całkowitego i jego „złej frakcji” LDL. Przyjmuje się, że redukcja zawartości cholesterolu o 1% zmniejsza ryzyko choroby wieńcowej o 2-3%, a wprowadzenie do diety 20-30 g izolowanego białka soi obniża o 20-30% prawdopodobieństwo zapadania na choroby serca. Daidzeina i genisteina, zwłaszcza ta druga, blokując aktywność niektórych hormonów w organizmie, włącza się w proces ograniczania rozwoju komórek rakowych. Spożywaniu soi przypisuje się

również pozytywne oddziaływanie na system kostny, sprzyjające odbudowie kości i zapobieganiu osteoporozie [22, 24];

- obecnych w czarnej bońwce i aktywnych w wysokiej koncentracji antocjanów. Przypisuje im się działanie neutralizujące wolne rodniki, które mogą uszkadzać cząsteczki DNA i przez to prowadzić do raka [24];
- coraz popularniejsze ostatnio „3G” – ginkgo, ginseng i guarana (miłorząb, żeń-szeń, paulinia) – zioła zapobiegające chorobom wieku starczego, wzmagające aktywność mózgu, dostarczające pewne ilości energii [24].

Można przypuszczać, że wykorzystanie żywności genetycznie modyfikowanej, jako funkcjonalnych składników diet, będzie warunkowane wieloma czynnikami, a m. in:

- postępowaniem technologicznym, decydujących o kosztach pozyskiwania odpowiednich transgenów;
- społeczną reakcją na nadzieje i zagrożenia, jakie niesie nowa technologia (co omówiono w oddzielnym opracowaniu autorów);
- postępowaniem w pozyskiwaniu żywności funkcjonalnej konkurencyjnymi metodami, np. poprzez ekstrakcję związków zaliczanych do „phytochemicals” (których przykładem są flawonoidy i izoflawony) z naturalnych surowców roślinnych.

Wielu konsumentów obawia się niekontrolowanego wprowadzenia żywności genetycznie modyfikowanej na rynek. Jednym z warunków przeciwdziałania takiej ewentualności jest wdrożenie, opracowanych już naukowo metod identyfikacji surowców spożywczych, zawierających obce geny. Ten właśnie fakt oraz wprowadzane regulacje prawne, dotyczące kontroli produkcji, dystrybucji i znakowania tej żywności, dają szansę na systematyczne i w miarę bezpieczne wprowadzanie żywności o określonych właściwościach, pozwalających na uznanie jej za żywność nowej generacji - żywność funkcjonalną [13, 21, 25, 28].

## LITERATURA

- [1] Bardowski J.: Zastosowanie inżynierii genetycznej bakterii mlekowych i jej znaczenie w produkcji żywności, XXIX Sesja Naukowa KTiChŻ PAN, Olsztyn, 1998, 51-54.
- [2] Bartoszewski G., Malepszy S., Niemirowicz-Szczytt K.: Porównanie efektywności transformacji trzech genotypów pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill) za pomocą *Agrobacterium tumefaciens* i wstępna charakterystyka transgenicznych roślin, *Biotechnologia*, 4, 1997, 62-70.
- [3] Bartoszewski G., Niemirowicz-Szczytt K.: Transformacja pomidora za pomocą *Agrobacterium tumefaciens*, *Biotechnologia*, 1, (40), 1998, 43-61.
- [4] Bruzzone C.M., Asp E.H.: The cereal science and disease etiology of gluten-sensitive enteropathy, *Cer. Foods World*, 44, (2), 1999, 109-114.



- [5] Butler D., Reichhardt T., Abbot A., Dickson D., Saegusa A.: Long-term effect of GM crops serves up food for thought, *Nature*, **398**, 1999, 651-653.
- [6] Engel K.-H., Blaas W.K., Gabriel B., Beckman M.: Modern biotechnology in plant breeding: Analysis of glycoalkaloids in transgenic potatoes, in: *Biotechnology for improved foods and flavors*, eds. G.R. Takeoka, R. Teranishi, P.J. Williams, A. Kobayashi, ACS Washington, DC, 1996, 249-260.
- [7] Franck-Oberaspach S.L., Keller B.: Consequences of classical and biotechnological resistance breeding for food toxicology and allergenicity, *Plant Breeding*, **116**, 1997, 1-17.
- [8] Grajek W., Twardowska A.: Poprawa cech użytkowych roślin na drodze genetycznej i perspektywy wprowadzenia na rynek żywności transgenicznej, XXIX Sesja Naukowa KTChŻ PAN, Olsztyn, 1998, 47-49.
- [9] Grzybowski G.: Perspektywy i celowość zastosowania transgenezy w produkcji zwierząt, *Prace i materiały zootechniczne, Zesz. Specj.*, **9**, 1998, 7-48.
- [10] John D.C.A., Watson R., Kid A.J., Scott A.R., Kadler K.E., Bulled N.J.: Expression of an engineered form of recombinant procollagen in mouse milk, *Nature Biotechnol.*, 1999, 385-389.
- [11] Jost B., Vilotte J.-L., Duluc I., Rodeau J.-L., Freund J.-N.: Production of low-lactose milk by ectopic expression of intestinal lactase in the mouse mammary gland, *Nature Biotechnol.*, **17**, 1999, 160-164.
- [12] Kapusta J., Płucienniczak A., Legocki A.: Żywność transgeniczna w świetle ostatnich badań szczepionek jadalnych, otrzymywanych na drodze włączania genów wirusów i bakterii do genomów roślin, XXIX Sesja Naukowa KTChŻ PAN, Olsztyn, 1998, 46.
- [13] Laskowska M.D.: Znakowanie produktów spożywczych pochodzących z transgenicznych roślin, *Biotechnologia*, **3**, (38), 1997, 11-15.
- [14] Malepszy S.: Rośliny transgeniczne w sferze gospodarki żywnościowej, XXIX Sesja Naukowa KTChŻ PAN, Olsztyn, 1998, 43-46.
- [15] Malepszy S.: Zadziwiający postęp w metodyce transformacji roślin, *Biotechnologia*, **4**, (39), 1997, 15-19.
- [16] Malepszy S.: Rośliny transgeniczne w uprawie polowej i hodowli roślin, *Kosmos*, **44**, (3-4), 1995, 737-746.
- [17] Mifflin B., Napier J., Shewry P.: Improving plant product quality, *Nature Biotechnology*, **17**, 1999, BV13-BV14.
- [18] Molving L., Tabe L.M., Eggum B.O., More A.E., Craig S., Spencer D., Higgins T.J.V.: Enhanced methionine levels and increased value of seeds of transgenic lupinus (*Lupinus angustifolius* L) expressing a sunflower seed albumine gene, *Proc. Nat. Acad. Sci USA*, **94**, 1997, 8393-83-98.
- [19] Muntz K., Christov V., Saalbach G., Saalbach I., Wadell D., Pickardt T., Schieder O., Wustenhagen T.: Genetic engineering for high methionine grain legumes, *Nahrung*, **42**, (3-4), 1998, 125-127.
- [20] Pałucha A., Chrzanowska M., Zagórski W., Hulanicka D.: Otrzymanie transgenicznego ziemniaka odpornego na infekcję wirusem liściozwoju ziemniaka, *Biotechnologia*, **4**, (39), 1997, 38-47.
- [21] Praca zbiorowa, red. Twardowski T.: *Rozwój Biotechnologii; Projekt rozwiązań prawnych dotyczących stosowania genetycznie modyfikowanych organizmów*, 1997.
- [22] Riaz M.N.: Soybeans as functional foods, *Cer.Foods World*, **44**, (2), 1999, 88-92.
- [23] Salamini F.: North-South innovation transfer, *Nature Biotechnology*, **17**, 1999, BV11-BV12.
- [24] Stauffer J.E.: Nutraceuticals, *Cer. Foods World*, 1999, 115-117.
- [25] Straub J.A., Hertel Ch., Hammes W.P.: Limits of a PCR based detection method for genetically modified soya beans in wheat bread production, *Z. Lebens. Unters. Forsch.*, **208**, 1999, 77-82.
- [26] Szwacka M., Burza W., Pałucha A., Malepszy S.: Transformacja u ogórka *Cucumis sativus* L, *Biotechnologia*, **4**, (39), 1997, 21-26.
- [27] Twardowski T.: Perspektywy i uwarunkowania agrobiotechnologii 2000, XXIX Sesja Naukowa KTChŻ PAN, Olsztyn, 1998, 43.

- [28] Wal J.M.: Evaluation of the safety of foods derived from genetically modified organisms, *Rev. Fr. d Alergol. et d Immunol. Clinique*, **37**, (3), 1997, 326-333.
- [29] Whitelaw B.: Toward designer milk, *Nature Biotechnol.*, **17**, 1999, 135-136.
- [30] Zwierzchowski L., Rosochacki S.J.: Zwierzęta transgeniczne: Czy "transgeniczne" mięso i mleko pojawi się na naszych stołach?, *XXIX Sesji Naukowej KTichŻ PAN, Olsztyn*, 1998, 49-50.

## GENETICALLY MODIFIED FOOD – NEW KIND OF FUNCTIONAL FOOD

### S u m m a r y

While searching for effective sources of functional food, also genetically modified food (GMF) must be taken into account. Employing new techniques of genetic engineering seems to be the fastest way for obtaining food which forms desirable nutritious value and wholesomeness of diets. Regarding that, the future function of genetically modified food as a specific type of functional food was presented. In the production of food of plant origin a positive example of such a solution is the reduction of the gluten content from wheat grain (important especially for people with intolerance of that kind of protein), modification of the essential amino acids content in cereals and soybean, reduction of alkaloids in potatoes, enhancing the carotenoids content. Recently, special attention has been paid to the possibilities created by genetic modification in using animals as bioreactors and thus obtaining a special kind of functional food, e.g. milk of reduced allergenic properties received by lowering the  $\beta$ -lactoglobulin content or milk rich in transgenic globulin designed for special groups of patients taking frequent and high amounts of antibiotics. The consequences of genetic modification are taken into account not only by the scientists from the fields of genetic engineering, biotechnology and food technology, but also by public opinion. The presented article discussed potential risk of transgenesis in animals and plants. ❖