

Trochę historii

Już około 10 tysięcy lat temu farmerzy rozpoczęli uprawę roślin nie mając zielonego pojęcia o podstawach genetyki. Dzięki prostej selekcji pozytywnych cech, potrafili przystosować poszczególne gatunki do swoich potrzeb. Około 6-7 tysięcy lat p.n.e. rozpoczęła się na bliskim Wschodzie masowa uprawa pszenicy, fasoli, soczewicy i groszku. W mniej więcej tym samym czasie Nowy Świat udomowił między innymi fasolę i dyniowate. Uprawę kukurydzy rozpoczęto około 5 tysięcy lat p.n.e., zaś rośliny cukrowe i soję około tysiąca lat p.n.e. Jedne z najpóźniej udomowionych roślin to między innymi ananas, kaczukowiec czy palma oliwna.

Udomowienie doprowadziło do tak znacznych zmian genetycznych, że wiele z uprawianych roślin nie byłoby w stanie przeżyć obecnie w naturalnych warunkach. Również genetyczna różnorodność została zredukowana, ale z ludzkiego punktu widzenia dziesięć tysięcy lat ulepszeń dało pożądany skutek — ten sam obszar uprawny, który mógł wyżywić jedną osobę, może teraz wyżywić więcej niż 3 tysiące!

Przez wieki rolnicy używali, z niemałym powodzeniem, metody prób i błędów, aby wyselekcjonować odpowiednie gatunki, rodzaje i odmiany. Wraz z odkryciem zasad dziedziczenia przez Mendla, proces ten uległ znacznemu usprawnieniu. Profesjonalni hodowcy potrafili osiągnąć znacznie szybciej ilościowe i jakościowe korzystne cechy. Rozwój technik hodowlanych dający w rezultacie ulepszone gatunki roślin i zwierząt hodowlanych bazował nie tylko na klasycznej selekcji, ale również na procedurach takich jak selekcyjne krzyżowanie, hybrydyzacja, indukowana mutacja czy, stosowana od niedawna, fuzja protoplastów (manipulacje na zarodkach). Produkty tych procesów są obecnie powszechne i wszyscy spożywamy pokarm w ten właśnie sposób zmodyfikowany.

Około 30 lat temu w biologii pojawiły się nowatorskie techniki rekombinacji DNA i inżynieria genetyczna stała się nowym sposobem przeniesienia genów lub ich grup pomiędzy niespokrewnionymi gatunkami. Technologia ta umożliwiła np. przeniesienie genów bakteryjnych do rośliny; pierwsze transgeniczne rośliny pojawiły się na rynku około 15 lat temu, a z rokiem 2002 były uprawiane w 16 krajach tworząc razem 58,7 miliona hektarów uprawianych przez 6 milionów rolników. Obszar obsadzony roślinami transgenicznymi powiększył się 35-krotnie w latach 1996-2002. Uprawia się przede wszystkim transgeniczną soję (62%), kukurydzę (21%), bawełnę (12%) oraz rzepak (5%).^[1] Liczba uprawianych GMO (genetycznie modyfikowanych organizmów) stale rośnie. Największym producentem transgenicznych organizmów są Stany Zjednoczone (63%) oraz Argentyna (21%). Pozostałe państwa to Kanada (6%), Brazylia, Chiny oraz RPA (poniżej 5%)^[2]

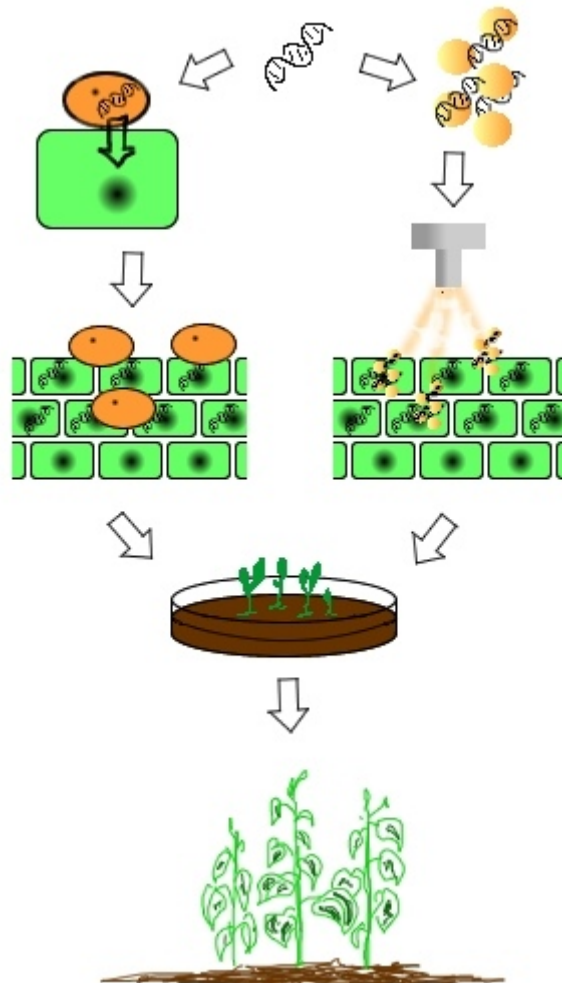
Po co wypychać organizmy obcymi genami?

Główne modyfikacje genetyczne obecnie uprawianych roślin polegają na uodpornieniu ich na konkretne herbicydy, które są zabójcze dla chwastów. Innym powodem jest uodpornienie roślin na owady przez np. dodanie bakteryjnego genu, który produkuje toksyny odstraszające (Rycina 1). W ten sposób powstała transgeniczna kukurydza nazwana StarLink, która jest już w powszechnym użyciu, zarówno u zwierząt hodowlanych jak i produktach przeznaczonych dla ludzi (mąka kukurydziana, chrupki). Roślina ta produkuje specjalne owadobójcze białko o nazwie Cry9c, „zapożyczone” od bakterii *Bacillus thuringensis*.^[3] Dzięki temu znacznie ogranicza się użycie środków owadobójczych. Dla przykładu - australijska bawełna z tym samym genem wymaga 48% mniej pestycydów w ogólnym rozliczeniu, a w przypadku środków stosowanych na samym początku sezonu redukcja sięga nawet 80%.^[4]

Odpowiednio manipulacje mogą również sprawić, że rośliny będą wymagać np. mniej wody do prawidłowego wzrostu lub niższych temperatur do uprawy niż ich naturalne odpowiedniki. W tym celu już w 1985 roku użyto bakterii *Pseudomonas syringae* zmodyfikowanej tak, aby blokowała białko, które promuje powstawanie kryształków lodu na

roślinach.

Dzięki innej manipulacji genowej naukowcy uzyskali dwa rodzaje trawy o różnej zawartości włókna, dzięki czemu może być ona użyta zarówno jako roślina pastewna, jak i rekreacyjna (tzw. gazonowa).



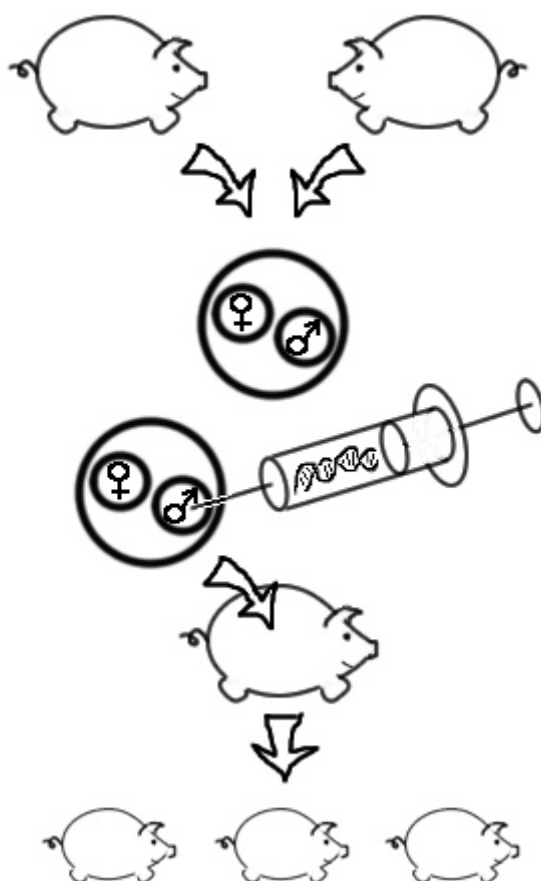
Rycina 1. Dwie najpopularniejsze metody modyfikacji genetycznych organizmów roślinnych. Wybrany gen może być dostarczony za pośrednictwem *Agrobacterium* — mikroorganizmu infekującego rośliny (po lewej), albo poprzez związanie go do mikroskopijnych kuleczek złota lub wolframu i ostrzeliwanie nimi tkanek roślinnych. Na pożywkach przeprowadza się selekcję tych osobników, u których gen na stałe włączył się do chromosomu roślinnego, następnie rozpoczyna się eksperymentalną uprawę

Zmiany te mają generalnie jeden cel — maksymalizację plonów i redukcję kosztów. Naukowcy poprzez transgeniczne manipulacje starają się rozwiązać problem głodu w niektórych rejonach świata. Jednym z przykładów może być np. "złoty ryż" (Golden Rice), w którego ziarnach produkowany jest beta karoten, który po spożyciu może być zamieniony w organizmie w witaminę A. Choć nie rozwiązałyby on całkowicie problemu źle zbalansowanej diety w biednych krajach, może stać się pomocny w jej uzupełnianiu i zapobiec np. dziecięcej ślepoty powszechnej w niedożywionej Azji. Mimo że ziarna są oferowane za darmo, obsesyjna działalność przeciwników GMO robi swoje i prawdopodobnie jego akceptacja potrwa jeszcze bardzo długo. Transgeniczne organizmy zostały zaprzęgnięte do przemysłu spożywczego — odpowiednio zmodyfikowane produkują dla nas enzymy, aminokwasy i witaminy dodawane do produktów.

Inżynieria genetyczna może być przydatna również dla ochrony środowiska. Powszechnie znanym jest fakt, że fosfor z odchodów trzody chlewnej jest głównym składnikiem zanieczyszczeń środowiska — przedostaje się on przez glebę do wód gruntowych powodując nadmierny rozrost mikroflory i poważną redukcję zasobów tlenu w zbiornikach. Dzieje się tak, gdyż fitynowe formy fosforu, występujące w paszy, nie są trawione przez zwierzęta i zostają

wydalone w odchodach.

Rozwiązaniem tego może być np. projekt *Enviropig*^[5](Rycina 2). Odpowiednio zmodyfikowane genetycznie prosięta produkują w swoich śliniankach fytazę — enzym który rozkłada kłopotliwe formy fosforu. Korzyści są imponujące — genetycznie zmodyfikowane świnie w porównaniu z normalnymi produkują 75% mniej fosforu w swoich odchodach, które mogą być użyte jako bezpieczny nawóz. Okazuje się również, że są tańsze w hodowli i wystarczy im dieta sojowa, gdyż przyswajają cały potrzebny fosfor niezbędny do prawidłowego wzrostu. Zwierzęta są zdrowe i mają podobne tempo wzrostu i charakterystykę rozrodczą do swych naturalnych odpowiedników. Mięso ze środowiskowo przyjaznych prosiąt przechodzi kilkuletnie badania bezpieczeństwa i być może, jeśli okaże się, że fytaza nie powoduje alergii, podanie o komercjalizację zostanie złożone w USA i Kanadzie w drugim kwartale 2005 roku.



Rycina 2. Projekt *Enviropig* jako przykład genetycznie modyfikowanych zwierząt. Od samicy pobierana jest zapłodniona komórka jajowa. W znajdujące się w niej przedjądrze męskie wstrzykuje się odpowiednio spreparowany gen fytazy zapożyczony od bakterii pałeczki okrężnicy *E.coli*. Komórkę umieszcza się w drogach rodnych matki zastępczej. Wynikiem są prosięta produkujące fytazę w śliniankach

Biotechnologia już na dobre zadomowiła się w przemyśle farmaceutycznym. Wystarczy wspomnieć o osiągnięciu polskich naukowców, którym udało się wyprodukować sałatę zawierającą szczepionkę na wirusowe zapalenie wątroby typu B.^[6] Naukowcy użyli metody transfekcji wykorzystującej jeden z gatunków *Agrobacterium* (Rycina 1.) Wpierw mikroorganizm uzyskał specjalnie przygotowany gen kodujący antygeny występujące na powierzchni otoczki wirusa, następnie został użyty do przeniesienia nowego DNA do rośliny. W ten sposób powstały transgeniczny łubin oraz sałata produkujące fragmenty białka wirusowego. U myszy karmionych tak zmodyfikowanym łubinem pojawiły się przeciwciała przeciwko wirusowi zapalenia wątroby typu B. Ochotnicy spożywający transgeniczną sałatę również wykazali prawidłową odpowiedź układu immunologicznego.

Naukowcy uważają, że próby kliniczne na szerszą skalę z takimi roślinami mogą rozpocząć się już za pięć lat propagując nową gałąź przemysłu zwaną agrofarmaceutyką (ang. *pharming* od słów *pharmaceutical* i *farming*). Na celowniku są takie choroby jak AIDS, cukrzyca czy wścieklizna a także wągliki. O ile w przypadku HIV szczepionka nie istnieje, odnaleziono już geny, które produkują przeciwciała zdolne do niszczenia wirusa. Transgeniczne uprawy obniżyłyby koszty ich produkcji dziesięć- lub nawet stukrotnie. Jest to szansa dla krajów rozwijających się, które mogą tym samym uniezależnić się od wielkich korporacji farmaceutycznych.

Odpowiednio zmodyfikowane gryzonie mogą służyć jako modele ludzkich chorób w projektach badawczych. Manipulacje takie mogą symulować niedobory lub nadmiar substancji, które leżą u podstawy różnych dolegliwości. Zwierzęta pozbawione wybranych genów (tzw. *knock-out*) pozwalają na poznanie mechanizmów fizjologicznych i dają możliwość odkrycia nowych leków.

Genetycznie modyfikowane owady mogą być szansą na walkę z chorobami przenoszonymi przez komary poprzez konkurencję z nimi i wprowadzenie odpornych na zarazki genów do ich populacji. Projekt ten jest jednak dopiero w fazie wstępnych dyskusji.^[2]

Od jakiegoś czasu istnieje projekt wyprodukowania odpornego na mróz łososia z zapożyczonym genem od arktycznych ryb. Gen ten produkuje pewne białko, które zapobiega zagęszczaniu krwi w bardzo niskich temperaturach. Mało tego — odpowiednie modyfikacje mogłyby pozwolić na hodowanie gatunków morskich w zbiornikach słodkowodnych.

Strach przed Frankensteinem, czy rzeczywiste zagrożenie?

Stosowanie produktów zawierających składniki wyprodukowane za pomocą rekombinacji DNA, zwłaszcza transgenicznych zbóż, stało się źródłem kontrowersji i rozpoczęło gorącą debatę na wielu poziomach. Spekulacje dotyczą bezpieczeństwa pokarmu dla człowieka, powstawania nowych alergii czy przeniesienia genów odporności na antybiotyki na groźne dla nas mikroorganizmy. Poza tym przeciwnicy GMO przestrzegają, że zboża w pewnym stopniu spokrewnione z chwastami, mogą przez przypadkową krzyżówkę przekazać im geny odporności na herbicydy, tworząc trudne do wyplenienia rośliny, szumnie nazwane „superchwastami”. Innym problemem może być zniszczenie całej populacji pożytecznych owadów, poprzez stosowanie bakteryjnych genów kodujących toksyny.

Jeść albo nie jeść — oto jest pytanie

Czy GMO rzeczywiście mogą być szkodliwe? W jaki sposób geny przeniesione z innych gatunków mogą nam zaszkodzić? Najpowszechniej wskazywanym zagrożeniem jest toksyczność nowego genu i jego produktów — białek, które mogą spowodować niezamierzone zmiany w procesach metabolicznych. Poprzez nadekspresję farmakologicznie aktywnych substancji nieznanym jest ich wpływ na konkretny pokarm w porównaniu z niezmienionym. Nowe białka mogą również stać się potencjalnymi alergenami powodując uczulenia pokarmowe lub zaburzenia metabolizmu. Postaram się omówić każde z tych zagrożeń.

Toksyczny nowy gen [7]

Obecność obcego DNA w pokarmie nie stanowi żadnego zagrożenia *per se*, ani poprzez bezpośrednią toksyczność, ani przez transfer genowy. Fakt ten został potwierdzony przez wiele lat badań.

Należy zdać sobie sprawę, że pokarm, który spożywamy, zawiera znaczne ilości DNA, które jest trawione. Typowa ludzka dieta zawiera od 0,1 do 1 grama DNA i RNA dziennie. Obawy dotyczące inkorporowanych nowych genów w GMO muszą brać pod uwagę fakt, że stanowią one w pokarmie mniej niż 1/250000 część skonsumowanego DNA. Biorąc pod uwagę powyższy fakt, prawdopodobieństwo przeniesienia genów z genetycznie modyfikowanych roślin do komórek ssaków jest ekstremalnie niskie.

Aby pokazać, że zagrożenie takie praktycznie nie istnieje, należy uświadomić sobie kilka niezbędnych procesów do transferu DNA z roślin do komórek ssaków. Ich zajście jest nieprawdopodobne w normalnych warunkach występujących podczas trawienia:

1) „Szkodliwe” roślinne DNA musiałyby być uwolnione w krótkich i zarazem kompletnych liniowych fragmentach. Aby dany gen mógł „zadziałać”, musi posiadać nie tylko instrukcję

kodującą białko, ale regiony pomocnicze regulujące jego ekspresję.

2) Geny musiałyby przeżyć działanie nukleaz — agresywnych enzymów szatkujących DNA na kawałki. Nukleazy znajdują się nie tylko w układzie pokarmowym (jelicie), ale również w przeżuwanej roślinnej treści.

3) Geny musiałyby się przebić przez wchłaniane strawione DNA, czyli konkurować z łatwiej przyswajalnymi odcinkami. Poszatkowane DNA byłoby wchłaniane w pierwszej kolejności, utrudniając przedostanie się kompletnych genów.

4) Komórki układu pokarmowego musiałyby być wprowadzone w stan tzw. kompetencji — wtedy byłyby w stanie przyjąć inwazyjne geny i nie rozszarpać ich za pomocą nukleaz. Nic takiego nie zachodzi w nabłonku naszego jelita.

5) Wreszcie geny po pełnej pułapce wędrówce do jądra komórkowego, musiałyby być wstawione w DNA gospodarza poprzez skomplikowane procesy rekombinacji, które występują w bardzo szczególnych przypadkach, np. podczas infekcji wirusowej, czy też tzw. transpozycji.

Istnieje jednak inna, ważna kwestia, o której należy wspomnieć. W naszym organizmie rezydują przyjazne nam mikroby. Jak wygląda ryzyko przeniesienia transgenicznego DNA do ich komórek? Otóż niedawne badania wykazały, że u ludzi zdrowych resztki pokarmowe, włączając w to mikroflorę, nie zawierają nowych genów. Jednakże u ludzi np. po zabiegu ileostomii, czyli sztucznego wyprowadzenia układu wydalniczego spowodowanego komplikacjami zdrowotnymi, wydalane mikroorganizmy zawierają wędrujące DNA z roślin modyfikowanych genetycznie.^[8] Fakt ten, mimo że jest wyjątkiem, budzi pewne wątpliwości — w jaki sposób geny złamały barierę pomiędzy dwoma królestwami organizmów żywych? Istnieją pewne doniesienia, że komórki bakteryjne mogą stać się kompetentne w ślinie, jednak pozostaje kwestia ich przeżycia wędrówki przez wypełniony kwasem żołądek i enzymami trawiennymi jelito cienkie.

Co więcej - okazuje się, że chloroplastowe DNA z roślin może być znalezione w limfocytach zwierząt karmionych konwencjonalnymi i modyfikowanymi paszami.^[8] (Chloroplasty to niewielkie światłoelektrownie występujące w komórkach roślin, które posiadają własne, krótkie DNA.) Jak zachodzą te procesy — nie wiadomo. Co prawda DNA zamknięte w tej pęcherzykowatej fabryczce energii nie podlega modyfikacji podczas manipulacji genetycznych, ale fakt przebicia się przez teoretycznie nieprzekraczalną granicę daje do myślenia. Przyczyną takiego zjawiska może być charakter samych limfocytów, które stoją na straży organizmu i posiadają swobodę w poruszaniu się przez różne tkanki.

Toksyczne nowe białko [7]

Jak wspominałem wyżej, jednym z celów modyfikacji jest odstraszenie szkodników za pomocą toksyn. Nasuwa się więc pytanie, jak te związki będą działały na nasz organizm. Otóż zawartość toksyn jest podstawowym wyznacznikiem projektowania i dopuszczenia do uprawy roślin modyfikowanych genetycznie. Z zasadniczego punktu widzenia każda substancja jest toksyną — wszystko zależy od dawki - spożycie 200 g soli kuchennej (przynajmniej teoretycznie) spowoduje śmierć. Dlatego też poziom wyrażania białka w GMO musi być odpowiednio dobrany, a nowe białka powinny ulegać pełnemu strawieniu w układzie pokarmowym ssaków, a tym samym nie posiadać wewnątrzustrojowej aktywności.

Alergenność

Alergie pokarmowe występują na skutek reakcji układu odpornościowego na normalnie nieszkodliwe składniki pokarmu. Większość z nich jest spowodowana przez reakcje immunoglobulin E typu I (IgE). Alergie pokarmowe indukują produkcję przeciwciał IgE, które wiążą się do powierzchni komórek tucznych i bazofilnych występujących powszechnie w organizmie. Ponowny kontakt z danymi produktami — alergenami — powoduje reakcję alergiczną (uwolnienie histaminy z komórek układu odpornościowego) i różne objawy uczulenia w przeciągu minut lub godzin. Białka powodujące alergie stanowią bardzo niewielki odsetek — istnieje ich około 200 spośród setek tysięcy białek, które są codziennie przez nas konsumowane. Są one zwykle odporne na całkowite wytrawienie. Alergeny pokarmowe można podzielić na osiem głównych grup: orzechy ziemne, produkty sojowe, skorupiaki, ryby, mleko krowie, jajka drobiowe, orzechy drzewne, oraz wyroby pszenne, które wszystkie razem stanowią 90% wszystkich alergii na świecie

Konsekwencje alergii pokarmowych mogą być w niektórych przypadkach poważne. W przypadku roślin modyfikowanych genetycznie powinno wziąć się pod uwagę kilka kwestii:

- 1) możliwość, że geny ze znanych alergenów mogą zostać umieszczone w roślinach uprawnych, które naturalnie nie powodują alergii;
- 2) możliwość stworzenia nowego, nieznanego alergenu poprzez bądź wstawienie nowego genu bądź zmianę aktywności już istniejącego genu;
- 3) rozpatrzenie dokładności i czułości metod detekcji nowych alergenów w GMO.

Międzynarodowe Stowarzyszenie Biotechnologii Żywności IFBC (*International Food Biotechnology Council*) określiło kryteria i procedury potrzebne, aby oszacować bezpieczeństwo genetycznie modyfikowanego pokarmu. Doprowadziło to do adaptacji rozbudowanej metody, która jest szeroko stosowana i zalecana przez wiele jednostek regulacyjnych.

Metoda ta została rozwinięta przez specjalistów od alergii pokarmowych z Allergy and Immunology Institute (AII) należącego do International Life Sciences Institute (ILSI) we współpracy z IFBC. W marcu 2001 program został jeszcze raz skonsultowany z FAO (Organizację Żywności i Rolnictwa), WHO (Światową Organizację Zdrowia) i wprowadzono do niego znaczące zmiany.

Dlatego też dzisiaj, aby zatwierdzić rośliny modyfikowane genetycznie pod względem alergenności należy uwzględnić badania:

- 1) Zbadanie ogólnego podobieństwa nowego białka w porównaniu ze znanymi alergenami.
- 2) Podobieństwo w sekwencji — czy nowe białko nie jest podobne w swojej sekwencji (kolejności aminokwasów w łańcuchu) do białek alergicznych w całości, bądź czy nie posiada specyficznych regionów, które powodują pobudzenie układu odpornościowego.
- 3) Identyczność serologiczna — czy przeciwciała IgE pobrane z uczulonych organizmów rozpoznają i wiążą się do nowego białka. Jeśli tak, oznacza to, że białko wywoła alergię.
- 4) Oszacowanie odporności na trawienie — istnieje korelacja pomiędzy odpornością białek na wytrawianie a ich potencjałem alergicznym. O ile dokładny mechanizm podłoża alergii nie jest znany, o tyle wiadomo, że trudność ich strawienia jest jedną z przyczyn.
- 5) Badania na zwierzętach.

Strategie testowania pokarmu wciąż są udoskonalane. Skorelowane z innymi danymi, jak pochodzenie białek, ich szczegółowa charakterystyka, czy chociażby zmiany zachodzące podczas obróbki pokarmu, mogą pomóc w doskonalszym oszacowaniu alergenności.

Aby wykazać różnice w kształtach białek, naukowcy użyli komputerowego modelowania struktur 129 najbardziej powszechnych alergenów i sklasyfikowali je ze względu na cechy ich powierzchni. Okazało się, że alergeny zostały zaliczone do jedynie 20 z 3849 rodzin białkowych, zaś dwie trzecie z badanych białek zawierało się w 4 rodzinach. Dzięki modelowaniu komputerowemu, naukowcy, którzy opracowują genetycznie modyfikowane rośliny, mogą unikać wprowadzania białek, które spowodują powstanie nowych alergii.

Naukowcy planują katalogowanie struktur odkrywanych w przyszłości alergenów. Pomoże to w zrozumieniu, w jaki sposób różne ich kształty mogą zainicjować reakcje uczuleniowe i dlatego np. alergie na orzeszki ziemne mogą mieć poważne objawy, zaś spokrewniony z nimi grozdek nie stanowi zagrożenia.

Wspomniana wyżej kukurydza StarLink, zawierająca bakteryjny środek owadobójczy — białko Cry9c — stała się przyczyną kilku poważnych procesów i oskarżeń przez osoby, które twierdziły, że przez spożycie GMO wystąpiły u nich poważne objawy alergiczne. Ostatecznie badania wykazały, że pacjenci nie byli uczuleni na nowe białko — nie posiadali przeciwciał rozpoznających Cry9c, a podanie rzekomo uczulającej kukurydzy nie różniło się efektem od placebo.^[3]

Niezbyt wegetariański pomidor

Czy zachwiana równowaga substancji odżywczych nie stanowi zagrożenia? Kluczowym testem jest porównanie zmodyfikowanego gatunku z niezmienionym pod względem naturalnie występujących składników odżywczych, toksyn i innych komponentów. Dlatego też rośliny GM oraz ich zwykłe odpowiedniki są uprawiane w zróżnicowanych warunkach i porównywane zostają ich główne składniki: skład białkowy, tłuszczowy, cukrowy, zawartość błonnika, minerałów jak i również kluczowych toksyn oraz substancji uczulających. Po uprawie porównuje się cechy fizyczne ziaren, poszczególnych części roślin oraz stanowiska uprawy.

Rośliny przeznaczone na pasze zostają podane dla drobiu, owiec, i bydła rogatego. Rezultaty z 23 programów badawczych wykazują, że genetycznie wzbogacona kukurydza i soja obecnie dostępne na rynku posiadają porównywalny skład, wartość odżywczą oraz są równie łatwe do strawienia.^[9]

Pomieszanie genów [7]

Oprócz oczywistych zmian wynikających bezpośrednio z działania nowego genu, istnieje inna kwestia — czy nie zaburzy on naturalnego metabolizmu zmienionego organizmu. Insercja nowego genu może indukować zmianę innych. Takie zmiany, spowodowane przez losowe wstawienia ulepszającego DNA, mogą powodować wyciszenie genów (czyli ich „wyłączenie”) gospodarza, zmianę w poziomie ich wyrażania lub nawet uruchomienie ekspresji genów, które uprzednio były nieaktywne. Efekty takich zmian mogłyby się objawić w niespotykanych nowych reakcjach metabolicznych zaburzając prawidłowe funkcjonowanie GMO.

Mimo że przypadki takie mogą zdarzyć się podczas modyfikacji za pomocą technologii transgenicznej, wykrywane są zawsze podczas testów poprzedzających ich wprowadzenie na rynek:

1) Charakterystyka agronomiczna — morfologia roślin, jakość i ilość plonów są bardzo dobrym wstępnym wskaźnikiem zmian w ich metabolizmie. Dlatego rośliny poddane obróbce biotechnologicznej muszą przejść rygorystyczne kryteria wskazujące na potencjalne efekty uboczne.

2) Charakterystyka molekularna — oszacowanie bezpieczeństwa wymaga pełnej charakterystyki wstawionego DNA i wyraźniej identyfikacji nowych białek. Oznacza to szczegółowe porównanie profili roślin zmodyfikowanych z ich naturalnymi odpowiednikami.

3) Studia pokarmowe u zwierząt — uwzględniając intensywność diety, przeważnie 90-dniowy okres karmienia jest wystarczający, aby udowodnić bezpieczeństwo powtarzalnej konsumpcji zmodyfikowanej rośliny. Równolegle prowadzone są badania ze zróżnicowanym spożyciem badanego składnika — od zbalansowanej diety, jak najbardziej podobnej do ludzkiej, po zawyżone dawki. Przedłużenie badań i dodatkowe testy muszą być przeprowadzone, gdy pierwsza faza badań wykaże wątpliwości.

Ucieczka genów

Jednym z głównych problemów związanych z GMO jest niepożądane rozprzestrzenienie się eksperymentalnych gatunków w naturalnym środowisku i współzawodniczenie z naturalną florą i fauną. Obecnie toczą się intensywne badania nad skutecznością ustanawiania barier typu indukowana sterylizacja, gdyż wykazano, że niektóre GMO świetnie mają się w środowisku naturalnym. Dlatego niezbędne jest monitorowanie takich „ucieczek” oraz efektu, jaki mogą wywołać w ekosystemach. Przygotowywane są raporty na temat potencjalnego ich wpływu na środowisko.

Istnieje kilka poziomów tzw. przepływu genowego, który ze względu na plastyczność genomową roślin może nastąpić nie tylko pomiędzy modyfikowanymi i naturalnymi uprawami. O ile przepływ genowy pomiędzy uprawami jest niepożądany, o tyle zjawisko to na płaszczyźnie międzygatunkowej może mieć fatalne skutki. Wystarczy sobie zdać sprawę z mobilności pyłków, których np. kukurydza produkuje od 18 do 25 milionów na roślinę.^[10] Mimo że nowoczesne krzyżówki produkują ich znacznie mniej, jedna roślina jest w stanie teoretycznie zapylić akr uprawy kukurydzy. Pomnóżmy to teraz przez 25 tysięcy sztuk z jednego akra, a okaże się, że potencjał rozprzestrzeniania jest potężny. Dlatego też rośliny, w których produkowane są np. farmaceutyki, muszą być izolowane lub uprawiane w bezpiecznym dystansie (pyłki mają pewną przeżywalność i ograniczony zasięg) od upraw standardowych. W jaki sposób można przeciwdziałać niepożądanym skutkom?

1) Bariery fizyczne — najskuteczniejsze są szklarnie, a w warunkach polowych gęste obsadzenie pola uprawnego wysokimi drzewami. Pola uprawne z eksperymentalnymi GMO są oddalone od upraw standardowych i obsadzone z kilkutygodniowym wyprzedzeniem lub opóźnieniem w stosunku do niemodyfikowanych.

2) Bariery biologiczne ograniczające przepływ genowy — istnieje osiem podstawowych technik molekularnych do tego celu. Część z nich jest w stadium rozwoju i nie wiadomo czy będzie kiedykolwiek w użyciu masowym. Większość z nich prowadzi do sterylności i

ograniczenia procesów związanych z przekazywaniem genów. Inne zaś produkują martwe, nieaktywne pyłki.

Problem nie dotyczy tylko przekazywania genów pomiędzy populacjami roślinnymi, ale potencjalnej inwazji w naturalne środowisko. Odporny, dzięki modyfikacjom genetycznym, na wysokie zasolenie ryż, mógłby rozprzestrzenić się wraz ze swoimi chwastowymi kuzynami na tereny podmokłe wypierając gatunki natywne.

Najbardziej niepożądanym efektem byłaby jednak krzyżówka międzygatunkowa. Pomimo iż natura zabezpieczyła się przed mieszaniem gatunków stosując bariery genetyczne i morfologiczne, ryzyka powstania nowych krzyżówek nie można zupełnie wykluczyć. Dlatego też uprawy i hodowle GMO wymagają ciągłego monitoringu.

Say NO to GMO!!!

Kontrowersyjna kwestia GMO wplątała w debatę naukowców, ludzi związanych z ochroną środowiska, bioetyków, specjalistów od technologii, rolników i konsumentów. Prawdopodobnie debata ta nie zakończy się rychło i trudno jest przewidzieć, czy rozstrzygnie kwestię transgenicznego żywności raz na zawsze, czy też będzie toczyć się tak długo jak spór o energię nuklearną.

Spór ma wymiar nie tylko naukowy i polityczno-ekonomiczny. Wplątane są w niego kwestie socjalne, etyczne, kulturalne a nawet religijne. Duża część debaty toczy się nad tym co już wiemy, co zaś jest nieznanym. Ludzie nie zgadzają się co do stopnia niepewności i ryzyka. Jednakże, jak w przypadku wielu złożonych debat, dotyczy również kwestii wniesionych przez indywidualne osoby i grupy posiadające swój pogląd na świat i wartości etyczne.

Gwałtowne reakcje są zrozumiałe, gdyż debata dotyczy nas bezpośrednio — tego co będziemy jedli i środowiska w jakim będziemy żyli. Przeciwnicy obawiają się ponadto, że korzyści otrzyma niewielu i będą to przede wszystkim wielkie korporacje biotechnologiczne. Rezultatem tego są akcje na tak szeroką skalę, jak chociażby „Bite Back: WTO Hands Off Our Food!” (Rycina 3)



Rycina 3. "WTO (Światowa Organizacja Handlu) ręce precz od naszego jedzenia! Nie zmuszajcie nas do jedzenia GMO". Demonstracja w Genewie. W tle pudełka z podpisami pod petycją. Dzięki uprzejmości: FoEI/Kissling (<http://www.bite-back.org>)

Skrajni przeciwnicy GMO czynią jednak więcej szkody niż pożytku. Sabotaż laboratoriów i upraw eksperymentalnych to zwykły wandalizm, nie zaś konstruktywne rozwiązanie problemu.

Uprawy te mają właśnie na celu dowiedzenie bezpieczeństwa transgenicznych roślin, a ich niszczenie jest najgorszym wyjściem z możliwości.

Przepisy dotyczące GMO spotykają się często ze społeczną dezaprobatą, dlatego ważnym jest wykreowanie platformy odpowiedniej do niezależnej, twórczej dyskusji. Potrzebna jest alternatywa zarówno dla przestępczych wybryków Greenpeace jak i niezrozumiałego powszechnie języka naukowców argumentujących swoje poparcie dla GMO. Jednym z takich serwisów jest [Pew Initiative on Food And Biotechnology](#), który stworzył neutralne forum do dyskusji nad transgeniczną technologią w rolnictwie. Na stronie tego stowarzyszenia można znaleźć najnowsze wiadomości, raporty z sympozjów oraz przejrzyste informacje na temat najnowszych trendów w GMO.

Mimo że transgeniczne warzywa i owoce nie wymagają tak intensywnego przyskiania, ludzie wciąż wolą przemykać na ten fakt oko i wypychać się rozpuszczalnikami z „naturalnych” plonów. Wyrażenie „genetycznie modyfikowany” budzi często lęk, a produkty zawierające transgeniczne rośliny nie są oznaczane lecz piętnowane.



Rycina 4. Oznaczenia na opakowaniach niezawierających GMO demonizują biotechnologicznie ulepszoną żywność. Znaczkę te sugerują, że są to produkty zdrowe, co nie jest przeważnie prawdą, gdyż często są wręcz nasiąknięte barwnikami, utrwalaczami, a ich uprawa wymaga ton herbicydów i pestycydów.

W kwietniu 2004 roku Unia Europejska wprowadziła ścisłe zasady dotyczące odpowiedniego znakowania produktów. Opakowanie wymaga odpowiedniego oznakowania, jeśli produkt zawiera więcej niż 0,9% składników modyfikowanych genetycznie. Jeśli składniki oczekują na końcową akceptację, wskaźnik ten obniża się do 0,5%. Prawo to będzie wyegzekwowane w ciągu kilku miesięcy w Wielkiej Brytanii, Niemczech i Holandii; w innych krajach UE potrwa to trochę dłużej. Wytwórcy i firmy pakujące również będą zobowiązani do wykonywania testów. Ponadto wprowadzono wymóg możliwości analizy GM składników od źródła poprzez wykonawcę, aż do punktu sprzedaży. [1]

W zeszłym roku w Wielkiej Brytanii zaakceptowano transgeniczną kukurydzę do uprawy, gdyż ostatnie raporty wykazały, że ściśle kontrolowane uprawy tych roślin nie stanowią zagrożenia.^[11] Czteroletnie badania nie wykazały niepożądanych ucieczek ani przepływu genów do chwastów. Pozwolenie jednak ważne jest do roku 2006, kiedy ukażą się wyniki monitoringu.

Smacznego

Rygorystyczna kontrola GMO powoduje, że pokarm zawierający modyfikowane produkty można uznać za bezpieczny, a prawidłowo prowadzona uprawa i hodowla nie stanowią zagrożenia dla środowiska. Komerjalizacja produktów poprzedzona jest latami drobiazgowych badań, a nauka dysponuje coraz doskonalszymi metodami szacowania bezpieczeństwa transgenicznych organizmów.

Technologia GMO to nadzieja dla całej ludzkości, której z biegiem lat będzie coraz ciaśniej na naszej planecie. To szansa na rozwiązanie głodu i chorób nękających tak wielu. To nadzieja na produkcję tanich leków i półproduktów. To możliwość przyszłego zasiedlenia jałowych terenów Ziemi i zapobiegnięcia epidemiom szerzącym cierpienie i śmierć. I to właśnie od nas zależy w jaki sposób tą szansę wykorzystamy.

*

Dziękuję Michałowi Łuczakowi za korektę merytoryczną.

*

Literatura:

Racjonalista.pl

Strona 9 z 11

- [1] João Lúcio Azevedo, Welington Luiz Araujo, Genetically modified crops: environmental and human health concerns, Mutation Research 544 (2003) 223-233
- [2] [The Pew Initiative on Food and Biotechnology](#)
- [3] Steven A. Sutton, Amal H. Assa'ad, Christine Steinmetz, Marc E. Rothenberg, A negative, double-blind, placebo-controlled challenge to genetically modified corn, J Allergy Clin Immunol, Volume 112, Number 5 (2003)
- [4] John Stanley, Keith Hutchinson, Ian Godwin, Peter Gregg, Robin Jessop, Margaret Katz, Kathy King, Julian Prior and Brian Sindel, Biotechnology (GMO) issues and research priorities in natural resource management, Land & Water Australia, July 2003
- [5] [Enviropig. The Environmentally Friendly Pig](#)
- [6] J. Kapusta, A. Modelska, M. Figlerowicz, T. Pniewski, M. Letellier, O. Lisowa, V. Yusibov, H. Koprowski, A. Plucienniczak, and A. B. Legocki, A plant-derived edible vaccine against hepatitis B virus, FASEB Journal, Vol. 13:1796-9, October 1999
- [7] Trish Malarkey, Human health concerns with GM crops, Mutation Research 544 (2003) 217-221
- [8] John Heritage, The fate of transgenes in the human gut, Nature Biotechnology, Vol 22 (2004) No 2: 170-2
- [9] J.H. Clark, I.R. Ipharraguerre, Livestock performance: feeding biotech crops, J. Dairy Sci. 84 (2001) E9-18.
- [10] Kendall R. Lamkey, GMO's and Gene Flow: A Plant Breeding Perspective, The Agricultural Summit, Purdue University (2002)
- [11] T.Radford, [GM crops 'no threat to wildlife'](#), The Guardian, 30 XI 2004.

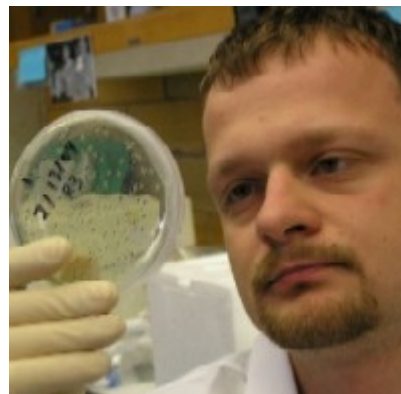
Zobacz także te strony:
[Nauka, genetyka i etyka](#)

Przypisy:

[1] Szczegółowe prawo dotyczące Polski można odnaleźć w [Dzienniku Ustaw](#).

Marcin Kłapczyński

Ukończył biologię molekularną na Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu. Pracuje jako Research Specialist in Health Science w Department of Anatomy and Cell Biology na University of Illinois w Chicago. Zajmuje się molekularnymi podstawami rozwoju komórek receptorowych w błędniku. Jego laboratorium współpracuje z NASA, badając wpływ stanu nieważkości na funkcjonowanie narządu percepcji równowagi. Specjalizuje się w ekspresji białek 'od zera', hodowlach linii komórkowych, symulacji in vitro procesów zachodzących w komórkach. Jego pasją jest teoria ewolucji, w szczególności ewolucja systemów biochemicznych i pochodzenie życia we Wszechświecie.



[Pokaż inne teksty autora](#)

(Publikacja: 26-01-2005 Ostatnia zmiana: 14-02-2005)
[Oryginał..](#) (<http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,3902>)

Contents Copyright © 2000-2008 Mariusz Agnosiewicz
Programming Copyright © 2001-2008 Michał Przech

Autorem tej witryny jest Michał Przech, zwany niżej Autorem.
Właścicielem witryny są Mariusz Agnosiewicz oraz Autor.

Żadna część niniejszych opracowań nie może być wykorzystywana w celach komercyjnych, bez uprzedniej pisemnej zgody Właściciela, który zastrzega sobie niniejszym wszelkie prawa, przewidziane w przepisach szczególnych, oraz zgodnie z prawem cywilnym i handlowym, w szczególności z tytułu praw autorskich, wynalazczych, znaków towarowych do tej witryny i jakiegokolwiek ich części.

Wszystkie strony tego serwisu, wliczając w to strukturę katalogów, skrypty oraz inne programy komputerowe, zostały wytworzone i są administrowane przez Autora. Stanowią one wyłączną własność Właściciela. Właściciel zastrzega sobie prawo do okresowych modyfikacji zawartości tej witryny oraz opisu niniejszych Praw Autorskich bez uprzedniego powiadomienia. Jeżeli nie akceptujesz tej polityki możesz nie odwiedzać tej witryny i nie korzystać z jej zasobów.

Informacje zawarte na tej witrynie przeznaczone są do użytku prywatnego osób odwiedzających te strony. Można je pobierać, drukować i przeglądać jedynie w celach informacyjnych, bez czerpania z tego tytułu korzyści finansowych lub pobierania wynagrodzenia w dowolnej formie. Modyfikacja zawartości stron oraz skryptów jest zabroniona. Niniejszym udziela się zgody na swobodne kopiowanie dokumentów serwisu Racjonalista.pl tak w formie elektronicznej, jak i drukowanej, w celach innych niż handlowe, z zachowaniem tej informacji.

Plik PDF, który czytasz, może być rozpowszechniany jedynie w formie oryginalnej, w jakiej występuje na witrynie. **Plik ten nie może być traktowany jako oficjalna lub oryginalna wersja tekstu, jaki zawiera.**

Treść tego zapisu stosuje się do wersji zarówno polsko jak i angielskojęzycznych serwisu pod domenami Racjonalista.pl, TheRationalist.eu.org oraz Neutrum.eu.org.

Wszelkie pytania prosimy kierować do redakcja@racjonalista.pl