

GMO na naszym stole – postęp czy katastrofa?

Anna WĘGRZYN - Katedra Biotechnologii Środowiskowej, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Śląska, Gliwice

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2011, 65, 12, 1295-1300

Wstęp

W związku z projektem nowej ustawy o nasiennictwie (obecnie już wiadomo, że zawetowanej przez Prezydenta RP Bronisława Komorowskiego), coraz częściej podejmuje się burzliwe dyskusje na temat GMO, czyli Organizmów Modyfikowanych Genetycznie (ang.: *Genetically Modified Organism*). Spowodowane jest to faktem, że nowa ustawa nie reguluje sprawy upraw genetycznie modyfikowanych, ale też ich nie zakazuje. Określa tryb rejestracji i wytwarzania materiału siewnego (głównie tradycyjnych odmian). Ustawa zawiera jednak przepis dotyczący możliwości rejestracji odmian transgenicznych, który to wywołuje wiele kontrowersji. Niepokój budzi zapis: „Do obrotu dopuszcza się materiał siewny odmian genetycznie zmodyfikowanych, jeżeli modyfikacja wprowadzona do odmiany jest dopuszczona do obrotu z przeznaczeniem do uprawy na podstawie decyzji właściwego organu Unii Europejskiej lub właściwego organu państwa członkowskiego” (art. 104 rządowego projektu ustawy o nasiennictwie). Innymi słowy, istnieje niebezpieczeństwo, że praktycznie każdy będzie mógł kupić nasiona GMO w którymś z krajów unijnych, gdzie takie uprawy są legalne, sprowadzić je do kraju i wysiać. Powyższy zapis stoi jednak w sprzeczności z obowiązującymi przepisami, zakazującymi obrotu materiałem siewnym odmian GMO w Polsce. Ponadto od około półtora roku w Sejmie RP trwają debaty nad projektem ustawy Prawo o organizmach genetycznie zmodyfikowanych, która to nie przewiduje bezwarunkowego wprowadzenia GMO i uwalniania ich do środowiska. Także stan prac nad projektem ustawy Prawo o organizmach genetycznie zmodyfikowanych daje podstawy, by sądzić, że w Polsce nie będzie możliwości uprawy GMO, bo w wyniku prac podkomisji przyjęto całkowity zakaz zarówno upraw GMO, jak i uwalniania do środowiska organizmów genetycznie zmodyfikowanych.

Po konsultacjach z ekspertami, Prezydent RP zawetował ustawę o nasiennictwie zawierającą przepisy dotyczące GMO, określając ją mianem „bubla prawnego”. Prezydent podkreślał, że ustawa została skierowana przez rząd do parlamentu „głównie w intencji doprowadzenia do pełnej zgodności prawa polskiego z prawem UE”, bowiem na podstawie orzeczenia Europejskiego Trybunału Sprawiedliwości, zakaz obrotu i rejestracji upraw transgenicznych jest niezgodny z prawem unijnym i z tego powodu mogą grozić Polsce wysokie kary finansowe. Zdaniem Prezydenta najważniejszą sprawą stanowi opracowanie odpowiedniej „ustawy-matki o GMO, z której będą wychodziły rozwiązania (...) we wszystkich innych ustawach, takich jak ustawa o nasiennictwie” [1]. Jednocześnie niezwykle potrzebna wydaje się być debata publiczna dotycząca potencjalnych zagrożeń wynikających z wprowadzania do środowiska GMO.

W związku z zaistniałymi obawami, niniejszy artykuł wyjaśnia, czym są organizmy modyfikowane genetycznie, w jaki sposób powstają, jakie niosą ze sobą korzyści i czy istnieją dowody naukowe na to, że powinniśmy się obawiać GMO na naszych stołach.

GMO – a co to?

GMO, czyli organizmy modyfikowane genetycznie uzyskuje się dzięki zastosowaniu metod inżynierii genetycznej. Zawierają one zmieniony materiał genetyczny, który nie powstałby w wyniku rozmnażania, czy naturalnej rekombinacji (wymiany materiału genetycznego). GMO wykazują odmienne cechy, niż gatunek macierzysty. Te nowe właściwości przynoszą korzyści z punktu widzenia człowieka – prowadzą do maksymalizacji plonów, redukcji kosztów uprawy i transportu, co przekłada się na niższe ceny takiej żywności.

Ludzie od zarania dziejów dążyli do ulepszenia odmian roślin i gatunków zwierząt. Jednak te konwencjonalne procesy hodowli, polegające na krzyżowaniu, prowadziły do uzyskania tylko niewielkich zmian w materiale genetycznym. Nowoczesne techniki rekombinacji DNA¹ dysponują natomiast ogromną pulą genów², które można wykorzystać do konstruowania organizmów transgenicznych³ o nieograniczonej różnorodności.

Jak powstają GMO?

Nowoczesne metody inżynierii genetycznej, w porównaniu do hodowli tradycyjnych, umożliwiają znacznie szybsze tworzenie organizmów posiadających pożądane cechy, głównie dzięki możliwości powiązania danej właściwości z określonym genem. Zanim dany organizm zostanie genetycznie transformowany, należy uzyskać fragment materiału genetycznego, pochodzący od obcego organizmu. Może zostać on wycięty z większego fragmentu DNA przez tzw. enzymy restrykcyjne, czyli cząsteczki białek wykazujące zdolność przecinania nici DNA w specyficznym miejscu, dzięki czemu otrzymuje się interesującą sekwencję genetyczną. Tak przygotowany materiał, nazywany transgenem, wprowadzany jest do komórek roślin lub zwierząt [2]. Podział metod otrzymywania organizmów transgenicznych przedstawiono na Rysunku 1.

W technikach wektorowych materiał genetyczny jest przekazywany do organizmu docelowego za pomocą wektorów – najczęściej bakterii lub wirusów.



Rys. 1. Metody otrzymywania GMO

Do modyfikacji genetycznej roślin wykorzystuje się bakterie z rodzaju *Rhizobium*, najczęściej gatunek *Agrobacterium tumefaciens*. W środowisku naturalnym mikroorganizmy te wywołują chorobę roślin zwaną guzowatością korzeni. Zakażają poprzez wnikanie do skałeczonych tkanek. Bakterie *Agrobacterium tumefaciens* posiadają w swojej komórce plazmid⁴, który zawiera zakodowaną informację o białkach niezbędnych

¹ DNA – kwas deoksyrybonukleinowy, pełni rolę nośnika informacji genetycznej organizmów żywych

² Gen – fragment DNA, w którym zwykle zakodowana jest informacja o budowie określonego białka, jednostka dziedziczna

³ Organizm transgeniczny – organizmy zawierające w swoim materiale genetycznym obce geny pochodzące z obcego organizmu

⁴ Plazmid – niewielka, zazwyczaj kolistą cząsteczką DNA, występująca głównie w komórkach bakteryjnych, kodująca m.in. geny oporności na antybiotyki, zdolna do niezależnego powielania się

do zainfekowania rośliny. To właśnie on zostaje wprowadzony do komórki roślinnej, a jego fragment zwany odcinkiem T (T-DNA) integruje się z materiałem genetycznym komórki gospodarza. Istnieje możliwość usunięcia genów znajdujących się wewnątrz fragmentu T i wstawienia na ich miejsce dowolnego fragmentu DNA, zawierającego geny pochodzące z innego gatunku [3].

Podczas genetycznego modyfikowania komórek zwierzęcych wektorem przenoszącym transgen są między innymi retrowirusy (wirusy zawierające RNA zamiast DNA), którymi infekuje się komórki we wczesnym stadium rozwoju embrionalnego [2].

Drugą grupę metod pozwalających na otrzymanie GMO stanowią techniki bezwektorowe, które polegają na bezpośrednim wprowadzeniu DNA do komórek roślinnych lub zwierzęcych [4, 5]. Metody bezwektorowe podzielono na fizyczne i chemiczne. Do pierwszej grupy można zaliczyć:

- elektroporację – polegającą na zastosowaniu serii impulsów elektrycznych, które naruszają strukturę błony, powodując powstawanie w tej strukturze porów, przez które DNA przenika do wnętrza komórki
- mikrowstrzeliwanie – wykorzystującą mikroskopijne złote lub wolframowe kuleczki o średnicy 0,5 – 5 μm z opłaszczonym na ich powierzchni DNA, które ma zostać wprowadzone do komórki. Tak przygotowany materiał genetyczny wstrzeliwuje się do komórek roślinnych za pomocą tzw. armatki genowej (ang.: *particle gun*)
- mikroiniekcję – polegającą na manualnym wprowadzeniu DNA za pomocą igły mikromanipulatora. Technika ta stosowana jest do uzyskiwania zwierząt transgenicznych
- fuzję liposomów – wykorzystującą zdolność lipidów do organizowania się w dwuwarstwę. Wytrząsanie lipidów z materiałem genetycznym prowadzi do powstania pęcherzyków – liposomów, wewnątrz których znajduje się DNA. Liposomy łącząc się z protoplastami komórek, wprowadzają do środka DNA będący obiektem manipulacji genetycznej.

Bezwektorowa metoda chemiczna polega natomiast na wykorzystaniu glikolu polietylenowego (PEG, ang.: *polyethylene glycol*), który zwiększa przepuszczalność błony komórkowej, na skutek krótkotrwałej i odwracalnej jej dezorganizacji. Pozwala to na wniknięcie transgeny do komórek, wraz z DNA nośnikowym [6].

Czy powinniśmy się obawiać GMO?

Zdaniem większości naukowców nie ma dowodów na negatywny wpływ żywności GMO na organizm człowieka. Nieliczne rezultaty wskazujące na szkodliwość spożywania GMO nie zostały zweryfikowane w badaniach prowadzonych przez niezależne laboratoria. Ponadto w całej literaturze naukowej tylko kilka doniesień informuje o zagrożeniach zdrowotnych wynikających z konsumpcji GMO. Są one przeciwstawne ogromnemu dorobkowi naukowemu dowodzącemu, że żywność transgeniczna jest bezpieczna. To oficjalne stanowisko Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA), Agencji ds. Żywności i Leków (FDA) w USA i Światowej Organizacji ds. Żywności i Rolnictwa ONZ (FAO), a także Komisji Europejskiej oparte na wynikach 81 programów badawczych, które kosztowały pół mld EUR [7].

Entuzjazm dotyczący GMO studzą nieco doniesienia o reakcjach alergicznych, wywoływanych spożyciem produktów GMO. Wprowadzanie nowych genów oznacza zazwyczaj pojawienie się nowych białek, czasem uczulających, nieobecnych w odmianach naturalnych. Także zwiększenie zawartości określonego białka w „nowej żywności” na skutek modyfikacji genetycznych może wywołać reakcję alergiczną, pomimo tego że żywność tradycyjna, zawierająca to samo białko w małej ilości, nie indukuje takiego efektu. Kliniczne objawy alergii występują z różnym nasileniem – od zmian skórnych, poprzez zaburzenia pracy układu pokarmowego, aż do nieprawidłowego funkcjonowania układu oddechowego i sercowo-naczyniowego oraz wstrząsu anafilaktycznego. Przykładem alergii spowodowanej przez spożycie GMO jest soja z ge-

nem pochodzącym od orzecha brazylijskiego, kodującego białko bogate w metioninę⁵. Badania wykazały, że osoby z alergią pokarmową na orzechy brazylijskie są także uczulone na genetycznie modyfikowaną soję [8]. Jednakże wiele spośród tradycyjnych produktów żywnościowych również powoduje uczulenia. GMO jest zaś poddane ogromnej liczbie badań, zanim zostaną wprowadzone na rynki komercyjne.

Wiele obaw budzi również możliwość utraty kontroli nad uprawami transgenicznymi. Przeciwnicy GMO obawiają się, że wprowadzając na pola odmiany odporne na herbicydy⁶, zostaną wyhodowane „superchwasty”, ponieważ rośliny krzyżują się ze sobą i ludzie mogą nie opanować tego procesu. Pyłki roślin modyfikowanych mogą się krzyżować z niektórymi gatunkami roślin dziko rosnących, nawet na bardzo dużą odległość. Może to być przyczyną przeniesienia genów odporności na pestycydy na chwasty, wynikiem czego będzie powstanie wyżej wspomnianych „superchwastów”, niewrażliwych na stosowane środki chemiczne. Doprowadzi to do zwiększenia ilości wprowadzanych do środowiska pestycydów, a taki wzrost chemizacji upraw może pociągnąć za sobą skutki uboczne, polegające na eliminowaniu części roślinności dzikiej, stanowiącej istotny ekologicznie element środowiska, zapewniający pokarm i schronienie owadom i ptakom. Należy jednak zwrócić uwagę, że w Europie wolno uprawiać tylko zmodyfikowaną kukurydzę i ziemniaka. Ziemniaki rozmnażają się z sadzianek i krzyżowanie się ich z innymi roślinami nie stanowi zagrożenia. Natomiast kukurydza może zapylić tylko inną kukurydzę, ale gdyby nawet tak się stało, ziarno nie przetrwałoby zimy i zmienione rośliny nie wyrosłyby [7].

Kolejnym niebezpieczeństwem związanym z wprowadzaniem roślin transgenicznych do upraw polowych jest obniżenie stopnia bioróżnorodności, czyli zróżnicowania form i struktur tworzących odmiany, gatunki i rasy. To właśnie bioróżnorodność daje szansę przystosowania się do zmiennych warunków środowiska i stanowi zabezpieczenie na wypadek klęski lub zarazy. Ujednolicenie monokulturowe upraw i zmniejszenie liczby ich odmian, stwarza niebezpieczeństwo wyginięcia gatunku w razie zadziałania niekorzystnego czynnika. Należy wspomnieć, że według raportu FAO, wkraczając w XXI wiek utraciliśmy 95% różnorodności genetycznej istniejącej w rolnictwie na początku XX wieku. Przykładowo w Chinach jeszcze w 1949 roku uprawiano 8000 odmian ryżu, obecnie tylko 50, natomiast w USA w ciągu 80 lat zniszczono 7300 odmian warzyw [2].

Podsumowując, największy niepokój naukowców budzi niemożność przewidzenia efektów wielopokoleniowych [7]. Od czasu wprowadzenia pierwszego organizmu modyfikowanego genetycznie do obrotu handlowego, czyli od 1994 r., kiedy to w USA dopuszczono do sprzedaży pomidory Flavr Savr®, odnotowano nieliczne przypadki wskazujące na szkodliwość GMO, wymagające bardziej wiarygodnych i udokumentowanych potwierdzeń. Nie jesteśmy jednak w stanie przewidzieć, jaki będzie długotrwały wpływ GMO na zdrowie ludzi i środowisko.

GMO – co możemy zyskać?

Niewątpliwie, możliwości, jakie daje inżynieria genetyczna, są ogromne. Dzięki modyfikacjom genetycznym uzyskuje się rośliny odporniejsze na choroby wywołane przez grzyby, wirusy i bakterie, zwiększa się ich tolerancję na środki chwastobójcze, uodparnia na owady – szkodniki oraz niekorzystne warunki środowiska (suszę, mróz, zasolenie) [2, 9÷12]. Rodzaje modyfikacji genetycznych roślin, stosowane metody i przykłady zmienionych organizmów zestawiono w Tabelcy 1.

Modyfikacje genetyczne roślin stosuje się do poprawy cech jakościowych: wartości odżywczej, trwałości, barwy, zapachu i aromatu. Przykłady roślin transgenicznych o zmienionych właściwościach przedstawiono w Tabelcy 2.

⁵ Metionina – aminokwas zawierający siarkę, składnik białek, niezbędny dla życia człowieka.

⁶ Herbicydy – środki chwastobójcze.

Tablica 1

Rodzaje i stosowane metody modyfikacji genetycznych i przykłady GMO

MODYFIKACJA	METODA MODYFIKACJI	PRZYKŁADY
odporność na grzyby, wirusy, bakterie	wprowadzanie genów kodujących enzymy niszczące ścianę komórkową lub białka płaszczka patogenów	tytoń odporny na wirusa mozaiki tytoniowej (TMV), ziemniak na wirusa X,Y i wirusa liściszowu ziemniaka, ogórek na wirusa mozaiki ogórka, kalafior na wirusa mozaiki kalafiora, orzeszki ziemne na wirusa ich karłowatości, morele i śliwy na wirusa szarki
odporność na herbicydy	wprowadzanie genów kodujących enzymy rozkładające herbicydy	soja, kukurydza, rzepak, tytoń, pomidory
odporność na owady – szkodniki	wprowadzenie genu pochodzącego z bakterii <i>Bacillus thuringiensis</i> , kodującego toksyczne białko (Bt), porażające przewód pokarmowy owadów	kukurydza Bt, odmiana MON 810 firmy Monsanto – odporna na larwy szkodnika omanicy prosowianki (<i>Ostrinia nubilalis</i>)
odporność na mróz, wysoką temperaturę, suszę, zasoloną glebę	wprowadzanie genów kodujących białka odporne na denaturację	ziemniak odporny na mróz, dzięki wprowadzeniu genu flądry arktycznej

Tablica 2

Wybrane rośliny transgeniczne o ulepszonych właściwościach

ROŚLINA	EFEKT GENETYCZNEJ MODYFIKACJI
pomidor	opóźnione dojrzewanie i mięknięcie (FlavrSavr® – pierwszy GMO wprowadzony do sprzedaży), poprawiony smak, intensywniejsza barwa, cieńsza skórka
pszenica	zwiększona zawartość glutenu (poprawa jakości mąki)
winogrona	odmiany bezpestkowe
truskawka	podwyższona słodkość owoców, spowolniony proces dojrzewania
ryż	odmiana transgeniczna z genami żonkila – zwiększona produkcja β-karotenu, prekursora witaminy A (rozwiązanie problemu braku witaminy A u dzieci w Azji Wschodniej)
ziemniaki	wzrost zawartości skrobi, niska zawartość substancji szkodliwych (np. solaniny)
seler	wzmocniona kruchość
soja	olej o obniżonej zawartości kwasu palmitynowego
kawa	obniżona zawartość kofeiny (do 70% mniej niż normalnie)
tytoń	odmiany zawierające 20 razy mniej nikotyny i 15 razy mniej substancji rakotwórczych niż odmiany tradycyjne

W angielskiej literaturze naukowej często spotykany jest termin *molecular farming*, tłumaczony jako rolnictwo molekularne, oznaczający produkcję biofarmaceutyków z zastosowaniem roślin modyfikowanych genetycznie. Przykład stanowi modyfikowana sałata wytwarzająca szczepionkę przeciwko wirusowi zapalenia wątroby typu B, która została opracowana przez naukowców z Instytutu Chemii Bioorganicznej PAN w Poznaniu [13].

Modyfikacje zwierząt nie są tak popularne jak roślin, głównie ze względu na trudności w samym procesie transformacji – jest on skomplikowany, długotrwały i kosztowny. Celem przeprowadzanych modyfikacji jest przede wszystkim uzyskanie osobników o pożądanym cechach w hodowli – szybciej osiagających wyższą masę ciała, charakteryzujących się wyższą wydajnością mleczną lub odpornością na określoną chorobę. Transgeniczne zwierzęta gospodarcze otrzymuje się również z myślą o wykorzystaniu ich jako bioreaktorów produkujących zmienione białka o znaczeniu farmaceutycznym. W ten sposób udało się uzyskać transgeniczne owce, kozy i bydło produkujące: antytrypsynę stosowaną

w leczeniu rozedmy i innych chorób płuc, czynnik krzepliwości krwi, erytropoetynę leczącą anemię, interferon zwalczający infekcje wirusowe i nowotwory oraz hormon wzrostu, regulujący ten proces [2].

Podsumowanie

Dotychczas nie są szeroko znane negatywne skutki spożywania żywności transgenicznej, jednak nie dysponujemy długotrwałymi, wielopokoleniowymi badaniami odnośnie do wpływu GMO na środowisko i zdrowie człowieka. Temat GMO budzi wiele kontrowersji i niewątpliwie potrzebna jest rzetelna, naukowa debata, która obiektywnie przedstawi zarówno korzyści, jak i potencjalne ryzyko spożywania żywności modyfikowanej genetycznie. Istotne wydaje się być racjonalne podchodzenie do tematu GMO, zgodnie z zasadą przezroczności, wynikającą z Protokołu Kartageńskiego o bezpieczeństwie biologicznym [14], propagującą sentencję, że lepiej jest zapobiegać negatywnym zjawiskom niż podejmować działania naprawcze po ich wystąpieniu. Niezmiernie ważną jest zatem jawność eksperymentów, w trakcie których powstają GMO. Ponadto konieczne jest oznakowanie żywności zawierającej organizmy transgeniczne. W Polsce, według aktualnie obowiązującego prawa, produkty zawierające w swoim składzie powyżej 1 % masy składników modyfikowanych genetycznie muszą zawierać stosowną informację na opakowaniu. Nie jest wymagane – do czego dążą przeciwnicy GMO – aby przykładowo szynka ze świni karmionej soją modyfikowaną genetycznie miała podobne oznaczenia. Gwarantowane musi być również prawo konsumenta do wyboru między żywnością modyfikowaną a „czystą” i informowanie go o potencjalnych zagrożeniach wynikających z spożycia takich produktów, aby jego postępowanie było oparte na faktach, a nie uprzedzeniach wynikających z niewiedzy.

Literatura

1. <http://www.prezydent.pl/aktualnosci/wydarzenia/art,1917,prezydent-skie-rowal-do-ponownego-rozpatrzenia-ustawe-o-nasiennictwie.html>; data dostępu 29.08.2011.
2. Kawa M.: Co to jest GMO? Materiały Serwisu Biotechnologicznego – Biotechnologia.pl, <http://www.biotechnologia.pl/>, data dostępu: 30.08.2011.
3. Bartoszewski G.: Niemirowicz-Szczyt K.: *Agrobacterium-mediated tomato transformation*. Biotechnologia 1998, **1(40)**, 43-63.
4. Jerzmanowski A.: *Biologia/Biotechnologia molekularna roślin, skrypt do ćwiczeń*. Pracownia Biologii Molekularnej Roślin UW/IBB PAN, Warszawa, 1999.
5. Malepszy S.: *Biotechnologia roślin*. PWN, Warszawa 2001.
6. Mathur J., Koncz C.: *PEG-mediated protoplast transformation with naked DNA*. Methods in Molecular Biology 1998, **82**, 267-276.
7. http://wyborcza.pl/1,75476,10164045,Eksperci_za_GMO.html?a=s=1&startsz=x, data dostępu: 3.09.2011.
8. <http://www.cbr.edu.pl/index.php?p=gmo>, data dostępu 3.09.2011.
9. Włackowski S. K.: *Genetycznie Modyfikowane Organizmy (GMO) – obietnice i fakty*. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, 2008.
10. Twardowski T.: *Żywność genetycznie modyfikowana. Część I. Przemysł Spożywczy 2001*, **9**, 2-3.
11. Pietrzyk S., Błoniarczyk K.: *Żywność genetycznie modyfikowana*. Laboratorium 2007, **9**, 34-38.
12. Grygierczyk D., Juszko-Piekut M.: *GMO – za czy przeciw?* Przegląd Techniczny 2005, **21**.
13. Dobrowolska A.: *Wykorzystanie roślin do wytwarzania biofarmaceutyków*. Kosmos – problemy nauk biologicznych 2004, **53 (2)**, 201-206.
14. http://gmo.mos.gov.pl/BCH_Polska/KRB.html, data dostępu: 4.09.2011.

Dr Anna WĘGRZYN – absolwentka Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego (kierunek: Biologia, specjalność: Biotechnologia roślin i mikroorganizmów). Od 2006 r. doktorantka w Katedrze Biotechnologii Środowiskowej Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej. Oprócz pracy naukowo-dydaktycznej zaangażowana w działalność Sekcji Ochrony Środowiska przy Zarządzie Głównym SITPChem. Jej obszarem zainteresowań są mikrobiologia i biologiczne metody oczyszczania ścieków. E-mail: Anna.Wegrzyn@polsl.pl.