

Żywność genetycznie modyfikowana na świecie – zagrożenia czy korzyści

Genetically modified food in the world – threats or benefits

Teresa Korbutowicz
Uniwersytet Wrocławski
ORCID: [0000-0003-0422-8814](https://orcid.org/0000-0003-0422-8814)

Streszczenie

Od ponad dwudziestu lat zwiększa się obszar upraw transgenicznych i wytwarzanie żywności genetycznie modyfikowanej w krajach rozwijających się Azji, Ameryki Południowej i Afryki (Argentynie, Brazylii, Indiach, Chinach, Paragwaju, Pakistanie, RPA, Urugwaju) i w krajach uprzemysłowionych (USA, Kanadzie i Australii, Hiszpanii, Portugalii). Pojawiają się nowe odmiany modyfikowanych genetycznie roślin, np. soja, kukurydza, ziemniak, ryż, rzepak, goździki, bawełna, które posiadają różne cechy. Żywność GM najczęściej definiowana jest jako produkty spożywcze zawierające organizmy genetycznie modyfikowane, a jej wprowadzenie do obrotu wymaga spełnienia warunków, ustalonych przez organizacje międzynarodowe i poszczególne kraje. Uwolnienie GMO do środowiska jest odmiennie oceniane i budzi kontrowersje. Istnieją przeciwstawne stanowiska co do oddziaływania organizmów transgenicznych na środowisko, życie i zdrowie ludzi. Wynika to z niedających się przewidzieć skutków wprowadzenia GMO i stąd istnieje przekonanie o pozytywnym oddziaływaniu i korzyściach wynikających z modyfikacji genetycznych, jak i przekonanie o poważnym zagrożeniu ze strony takich organizmów. Decydujące znaczenia przy rozstrzygnięciu tych kontrowersji mają rzetelnie przeprowadzone i długotrwałe badania naukowe oraz ich wyniki.

Słowa kluczowe

żywność genetycznie modyfikowana, bezpieczeństwo organizmów transgenicznych, komercjalizacja organizmów GM.

Abstract

For more than twenty years, the area of transgenic crops and the production of genetically modified food in the developing countries of Asia, South America and Africa (Argentina, Brazil, India, China, Paraguay, Pakistan, South Africa, Uruguay) and in the industrialized countries, USA, Canada, Australia, Spain and Portugal have been growing. There are new varieties of genetically modified plants, e.g. soy, maize, potato, rice, canola, cotton, which have different characteristics. The placing on the market of GMOs requires complying with the conditions set by international organizations and individual countries. There are opposing positions regarding the impact of transgenic organisms on the environment, life and health of people. This is due to the unpredictable effects of the introduction of GMOs and hence there is a belief in the positive impacts and benefits of genetic modifications as well as the conviction of a serious threat from such organisms. The decisive factors in the resolution of these controversies are reliably carried out and long-term scientific research and their results.

Keywords

genetically modified food, safety of transgenic organisms, and commercialization of GM organisms.

JEL: I19; L66

Wstęp

Komercjalizacja upraw transgenicznych i wprowadzanie do obrotu żywności genetycznie modyfikowanej wywołuje ożywione, liczne dyskusje i odmienne oceny jej oddziaływania na człowieka i środowisko. Dostrzega się zalety i zagrożenia wynikające z wprowadzenia upraw genetycznie modyfikowanych dla bezpieczeństwa żywnościowego na świecie. Od 1996 r. zwiększa się powierzchnia upraw transgenicznych, ale nie wszystkie kraje decydują się czy zezwalają na uwolnienie GMO do środowiska. Biotechnologiczne uprawy szybko rosną w krajach rozwijających się Azji, Ameryki Południowej i Afryki, tj. Argentynie, Brazylii, Indiach, Chinach, Paragwaju, Pakistanie, Urugwaju, Południowej Afryce oraz krajach uprzemysłowionych – USA, Kanadzie, Australii, Hiszpanii, Portugalii.

Z uwagi na niedające się przewidzieć skutki uwolnienia GMO do przyrody oraz zapewnienia bezpieczeństwa żywności naturalnej i bezpieczeństwa żywieniowego organizacje międzynarodowe i poszczególne kraje lub ich ugrupowania ustaliły zasady obrotu takimi produktami oraz warunki ich dopuszczenia do uprawy. Celem opracowania jest ustalenie, jakie zagrożenia i korzyści powstają z wprowadzania upraw i produktów spożywczych zawierających genetycznie modyfikowane organizmy oraz wskazanie miejsc i rozmiarów takich upraw, jak i zasad obrotu takimi produktami. Wymogi, jakie powinna spełniać żywność GM, są określone przez organizacje międzynarodowe, UE czy władze krajowe. Decydujące znaczenie mają rzetelnie przeprowadzone badania naukowe nad żywnością transgeniczną i osiągnięte dzięki nim wyniki. Przyjętą metodą badawczą jest analiza literatury na temat modyfikacji genetycznych, upraw transgenicznych, reguł prawnych oraz danych statystycznych odnoszących się do upraw GM.

Pojęcie żywności genetycznie modyfikowanej

Organizmy czy żywność zmodyfikowana genetycznie występowały w przeszłości jedynie jako następstwo spontanicznych modyfikacji genów. Nowe metody genetyczne – metody enzymatyczne – pozwalają przenosić geny i ujawniać je w organizmach docelowych, wprowadzając także do nich nową informację genetyczną. Z tych względów mogą występować różnice w definiowaniu terminu genetycznie modyfikowane organizmy.

W niektórych definicjach GMO ogranicza się jedynie do organizmów powstałych dzięki współczesnym osiągnięciom nauki, a w innych rozszerza się to pojęcie na modyfikacje uzyskane tradycyjnym sposobem. Genetycznie modyfikowane organizmy określane też mianem organizmów transgenicznych są to wszystkie rośliny, zwierzęta i drobnoustroje, których kod genetyczny został celowo zmieniony przez człowieka. Określenie organizmy transgeniczne używane jest z uwagi na obecność w genomie transgeny, który został w tym celu stworzony i wprowadzony w procesie transformacji¹. Podobnie definiowany jest termin żywność modyfikowana (żywność transgeniczna) jako żywność wyprodukowana z roślin lub zwierząt (albo przy ich użyciu), które zostały wcześniej ulepszone za pomocą technik inżynierii genetycznej (transgeniczne organizmy)². W Stanach Zjednoczonych natomiast termin GMO oznacza wszystkie organizmy modyfikowane dowolnymi metodami, w tym występującymi w przyrodzie i tradycyjnie stosowanymi w rolnictwie³.

Poznanie budowy DNA i sposobu kodowania informacji genetycznej pozwala na konstruowanie nowych, zmienionych organizmów z pominięciem tradycyjnych procesów selekcji i mechanizmów rozmnażania. W warunkach laboratoryjnych część DNA jednego organizmu zostaje wprowadzona do DNA drugiego organizmu (transgeneza), a następnie przez tradycyjną hodowlę powstaje nowy organizm o zmienionych cechach gatunkowych. Te nowe organizmy nazywane są organizmami zmodyfikowanymi genetycznie (GMO – *genetically modified organisms*) lub transgenicznymi⁴.

W UE istnieje prawna definicja genetycznie modyfikowanych organizmów. Za GMO uważa się organizm, z wyłączeniem istot ludzkich, w którym materiał genetyczny został zmieniony w sposób, który nie występuje w przyrodzie jako kojarzenie i/lub rekombinacja⁵. Konsekwentnie żywność modyfikowana genetycznie jest żywnością zawierającą, składającą się lub wyprodukowaną z organizmów modyfikowanych genetycznie⁶. Zbliżoną definicję GMO wprowadziły przepisy ustawy z dnia 22 czerwca 2001 r. o mikroorganizmach i organizmach genetycznie modyfikowanych. GMO to organizm inny niż organizm człowieka, w którym materiał genetyczny został zmieniony w sposób

¹ S. Malepszy (red.), *Biotechnologia roślin*, PWN, Warszawa 2001, s. 567.

² Żywność modyfikowana, <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/zywnosc-modyfikowana:3942613.html> [dostęp 12.04.2018].

³ J.J. Nowak, *Uwalnianie GMO do środowiska rolniczego i żywności a bezpieczeństwo żywnościowe*, [w:] A. Bobko, K. Cynk (red. nauk.), *Genetycznie modyfikowane organizmy jako przedmiot oceny moralnej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów 2014, s. 141.

⁴ I. Wrześniewska-Wal, *Prawne aspekty wprowadzania do obrotu żywności genetycznie zmodyfikowanej*, „Postępy Nauk Medycznych” 2009, nr 4, s. 311.

⁵ Dyrektywa PE i Rady nr 18/2001 z dnia 12 marca 2001 r. w sprawie zamierzonego uwalniania do środowiska organizmów zmodyfikowanych genetycznie, Dz. Urz. WE L 106 z 17.04.2001 r.

⁶ Rozporządzenie (WE) Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 22 września 2003 r. w sprawie genetycznie zmodyfikowanej żywności i paszy, Dz. Urz. WE L 268 z 18.10.2003 r.

niezachodzący w warunkach naturalnych wskutek krzyżowania lub naturalnej rekombinacji (t. j. Dz. U. z 2019 r., poz. 706).

Modyfikacje genetyczne mogą być dokonane przez: zmianę aktywności naturalnych genów danego organizmu, pomnożenie naturalnych genów danego organizmu, jak i wprowadzenie do organizmu genów obcego gatunku, czyli transgeny. Modyfikacje genetyczne dokonujące się w przyrodzie przez spontaniczną modyfikację genów (mutacje) nie budzą obaw i kontrowersji w przeciwieństwie do przypadku wprowadzenia do organizmu genu obcego gatunku⁷. Takie poważne zastrzeżenie budzi dołączanie do wprowadzanych nowych genów materiału genetycznego zwanego organizatorem (ang. *promoter*). Służy to przełamaniu naturalnych mechanizmów obronnych komórki. Takim organizatorem są wirusy, które wchodzi w reakcje z DNA wszystkich roślin. Konsekwencją ich wprowadzenia może być zmniejszenie odporności człowieka albo powstawanie nowych wirusów⁸.

Współcześnie występują dwa kierunki modyfikacji klasyfikowane jako modyfikacje pierwszej i drugiej generacji. Są to:

- 1) ulepszenie właściwości agrotechnicznych (wzrost i plonowanie roślin),
- 2) polepszenie cech żywieniowych, sensorycznych lub przetwórczych surowców roślinnych – wzbogacenie o witaminy, składniki mineralne, wielonienasycone kwasy tłuszczowe, aminokwasy. Przykładem może być tzw. złoty ryż ze zwiększoną ilością karotenu, który stanowi aktywną formę witaminy A, czy szczep *Lactococcus lactis* – bakterie probiotyczne do mleka⁹. Prowadzone są też prace, których celem jest zmniejszenie lub usunięcie poziomu substancji szkodliwych lub niepożądanych w produktach spożywczych, takich jak toksyny, alergeny, kofeina, nasycone kwasy tłuszczowe. Rekombinowanie genu polega także na wyciszeniu naturalnie występujących genów, a nie tylko na wprowadzeniu genu pożądanego, np. transgeniczna pszenica o mniejszej zawartości glutenu, ziemniak Innate, w którym podczas smażenia lub pieczenia nie tworzy się toksyczny akrylamid, modyfikowana kukurydza odporna na ataki owadów¹⁰.

⁷ *GMO – co to jest i jak się wykorzystuje w produkcji żywności*, <http://www.farmio.com/gmo-co-to-jest-wykorzystuje-produkcji-zywnosci> [dostęp 10.04.2018].

⁸ S.K. Wiąckowski, *Żywność roślin genetycznie zmodyfikowanych i związane z nią zagrożenia*, http://nad-odra.pl/wp-content/uploads/2016/02/nad_odra_3-5_2013_internet.pdf [dostęp 10.04.2018].

⁹ M. Lucińska, H. Grajeta, *Wpływ modyfikacji genetycznych na jakość i bezpieczeństwo żywności*, „Problemy Higieny Epidemiologicznej” 2015, nr 96, s. 707.

¹⁰ *Ibidem*, s. 708.

Tabela 1. Historia żywności genetycznie modyfikowanej

1953 r.	Opisanie struktury DNA
1968 r.	Enzymatyczne metody przecinania lub łączenia DNA lub genów (enzymy restrykcyjne i ligazy) w celu uzyskania rekombinacyjnego DNA
1973 r.	Metody transferu genów/ DNA do komórek
1994 r.	Komercjalizacja w USA pierwszego produktu genetycznie modyfikowanego (pomidora).
1995 r.	Opracowanie chipu DNA dla celów identyfikacji materiału genetycznego. Opisanie genomu pierwszego organizmu.
2000 r.	Opisanie około 40 genomów
2001 r.	Opisanie genomu człowieka

Źródło: F. Holm, *Żywność modyfikowana genetycznie*, tłum. E. Wójtowicz, http://www.ptz.org/raporty/zywnosc_mod.doc. [dostęp 10.04.2017].

Do najważniejszych osiągnięć w dziedzinie genetyki, które przyczyniły się do rozwoju upraw i żywności transgenicznej, należą: opisanie struktury DNA, poznanie zasady ekspresji genów, zastosowanie do modyfikacji enzymów restrykcyjnych oraz opracowanie metod wprowadzania i uaktywniania w komórce docelowej nowego rekombinowanego DNA (Tabela 1).

Tabela 2. Przykłady żywności GMO, zastosowania i przedsiębiorstwa

Produkt GM	Nowa cecha	Zastosowanie w żywności	Przedsiębiorstwo
Soja	Tolerancja na herbicydy	Produkty żywnościowe i ich składniki	Monsanto
Rzepak	Tolerancja na herbicydy	Olej przetworzony	AgrEvo UK, Plant, Genetic Systems, Monsanto, Hoechst
Kukurydza	Odporność na owady	Składnik żywności	Monsanto, Pioneer Overseas Corp
Kukurydza	Tolerancja na owady i herbicydy	Warzywo, mrożona słodka kukurydza i sproszkowana, składnik żywności	Novartis Seeds, Monsanto, Pioneer Overseas Corp, Dupont Pioneer Pakistan
Burak cukrowy	Tolerancja na herbicydy	Cukier, składnik żywności	Monsanto & Novartis Seeds
Burak pastewny	Tolerancja na herbicydy	Pasza dla zwierząt	DLF-Trifolium, Denisco, Monsanto
Ziemniak	Zmieniony skład skrobi	Skrobia i składniki	Amylogene
Burak cukrowy	Tolerancja na herbicydy	Cukier, składnik żywności	Monsanto & Novartis Seeds
Burak pastewny	Tolerancja na herbicydy	Pasza dla zwierząt	DLF-Trifolium, Denisco, Monsanto

Produkt GM	Nowa cecha	Zastosowanie w żywności	Przedsiębiorstwo
Ziemniak	Odporność na ciemnienie bulwy	Składnik żywności	Amylogene
Bawełna	Tolerancja na owady i na herbicydy	Zastosowanie tak jak inna bawełna	Bayer CropSciences, Monsanto, Mahyco, Dow AgroScience
Pomidor	Opóźnione dojrzewanie	Przetwory pomidorowe	Zeneca

Źródło: opracowane na podstawie; F. Holm, *op. cit.*, s. 3 oraz ISAAA Briefs No. 53, Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years, Ithaca, NY 2017, <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/53/download/isaaa-brief-53-2017.pdf> [dostęp 27.01.2019].

Modyfikacjom genetycznym podlegają rośliny i zwierzęta, przy czym większe znaczenie i rozmiary osiągnęła modyfikacja roślin uprawnych. Wiele gatunków roślin tradycyjnych ma swoje odpowiedniki transgeniczne, tak jak rzepak, soja, słonecznik, bawełna, burak cukrowy, trzcina cukrowa, pomidor, papaja, jabłko, eukaliptus, pszenica, kukurydza, gorczyca, lucerna, groch, tytoń. Wśród nich są odmiany odporne na szkodniki, na działanie chemicznych środków ochrony roślin, czy wzbogacone o dodatkowe składniki. W komercyjnych uprawach transgenicznych przeważają następujące rośliny:

- a) kukurydza – odmiany odporne na chemiczne środki ochrony roślin lub o zwiększonej zawartości tłuszczu, o zwiększonej tolerancji na herbicydy i owady,
- b) soja – odmiany odporne na herbicydy lub owady, lub o wyższej wartości odżywczej,
- c) rzepak, ziemniaki, bawełna i burak cukrowy – odmiany odporne na działanie pestycydów lub szkodniki albo łączące obie te cechy,
- d) pomidor – odmiana o większej zawartości pektyn, co ma zwiększyć jego trwałość,
- e) pszenica – odmiana nie zawierając glutenu¹¹.

Rośliny transgeniczne wykorzystywane są też do produkcji szczepionek. Przykładem jest tytoń, który może być zastosowany do wytwarzania szczepionek przeciwko malarii, grypie, próchnicy zębów, wścieklicznie, czy marchew do tworzenia szczepionek używanych przy owrzodzeniu żołądka i dwunastnicy, żółtacze typu B¹².

¹¹ M. Sękowski, B. Gworek, *Genetycznie modyfikowane organizmy w środowisku*, Wydawnictwo Naukowe Gabriel Borowski, Warszawa 2008, s. 19-20; M. Lucińska, H. Grajeta, *op. cit.*, s. 708-709; ISAAA Briefs, No. 51, 2015, <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/51/download/isaaa-brief-51-2015.pdf> [dostęp 27.01.2018].

¹² H. Maciołek, M. Stąjszczak, *Medyczne i prozdrowotne wykorzystanie żywności modyfikowanej genetycznie (GMO)*, [w:] H. Maciołek (red.), *Aspekty ekonomiczne, zdrowotne i fitosanitarne żywności modyfikowanej genetycznie*, Naukowe Wydawnictwo Piotrkowskie, Piotrków Trybunalski 2004, s. 121.

Międzynarodowe zasady prawne dotyczące GMO

Wprowadzenie do środowiska roślin i żywności genetycznie modyfikowanej może wywołać zagrożenia ekonomiczne, ekologiczne, społeczne, etyczne oraz zagrożenia zdrowia i życia ludzi. Ochrona i zapewnienie bezpieczeństwa życia i zdrowia ludzi oraz środowiska przyczyniło się do wypracowania międzynarodowych zasad prawnych odnoszących się do GMO, które zawarte zostały w:

1. Konwencji o różnorodności biologicznej przyjętej w dniu 5 czerwca 1992 r. w Rio de Janeiro w ramach Konferencji ONZ w sprawie środowiska i rozwoju,
2. Protokole z Kartagenu o bezpieczeństwie biologicznym, który wszedł w życie 11 czerwca 2003 r., uzupełniającym przepisy Konwencji,
3. Protokole z Nagoi do Konwencji o różnorodności biologicznej sporządzonym dnia 29 października 2010 r.
4. Dyrektywach i rozporządzeniach UE, regulujących kwestie GMO. Najważniejsze z nich to:
 - Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2001/18/WE z dnia 12 marca 2001 r. w sprawie zamierzonego uwalniania do środowiska organizmów zmodyfikowanych genetycznie i uchylająca dyrektywę Rady nr 90/220/EWG (Dz. Urz. WE L 106 z 17.04.2001 r.),
 - Rozporządzenie nr 1830/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 22 września 2003 r. dotyczące możliwości śledzenia i etykietowania organizmów zmodyfikowanych genetycznie oraz możliwości śledzenia żywności i produktów paszowych wyprodukowanych z organizmów zmodyfikowanych genetycznie (Dz. Urz. WE L 268 z 18.10.2003 r.),
 - Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2009/41/WE z dnia 6 maja 2009 r. w sprawie ograniczonego stosowania mikroorganizmów zmodyfikowanych genetycznie (Dz. Urz. WE L 125 z 21.05.2009 r.) oraz
 - Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 2015/2283 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie nowej żywności, zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady oraz rozporządzenie Komisji (WE) nr 1852/2001 (Dz. Urz. UE L 327 z 11.12.2015 r.),
5. Codex Alimentarius – Kodeks Żywnościowy powstały dzięki współpracy dwóch organizacji międzynarodowych – FAO i WHO.

Konwencja o różnorodności ma zapewnić ochronę bioróżnorodności biologicznej przy zachowaniu zasady zrównoważonego rozwoju w użytkowaniu jej elementów oraz demokratyczny podział korzyści wynikających z wykorzystania osiągnięć inżynierii

genetycznej. Przewiduje zachowanie równych praw do wykorzystania technologii i dostępu do zasobów genetycznych. Ważne jest wprowadzenie do prawa międzynarodowego zasady przezroczności w przypadku niepewności naukowej co do regulowanej dziedziny¹³.

Konwencję uzupełniają Protokół z Kartagenu o bezpieczeństwie biologicznym i Protokół z Nagoi. Celem pierwszego Protokołu jest zagwarantowanie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa dotyczącego przemieszczania, traktowania i stosowania żywych organizmów zmodyfikowanych genetycznie. W drugim Protokole za cel przyjęto zapewnienie uczciwego i sprawiedliwego podziału korzyści wynikających z wykorzystania zasobów genetycznych, w tym przez odpowiedni dostęp do zasobów genetycznych, oraz przez odpowiedni transfer właściwych technologii, a także odpowiednie finansowanie. W obu dokumentach określono zasady międzynarodowej wymiany informacji o GMO, transgranicznego handlu produktami inżynierii genetycznej, oznaczania środków spożywczych, zawierających organizmy transgeniczne oraz ustalono reguły biobezpieczeństwa i ochrony bioróżnorodności. Protokoły wprowadziły procedurę oceny ryzyka wprowadzenia GMO do obrotu (ocena zagrożenia i kontrola ryzyka). Na podstawie Protokołu utworzono Międzynarodowy System Wymiany Informacji o Bezpieczeństwie Biologicznym i Krajowe Punkty Kontaktowe¹⁴.

W krajach członkowskich UE organizmy transgeniczne zaliczone zostały do tzw. nowej żywności (*novel food*), a ich uwolnienie do środowiska poddane zostało rygorom wymienionych wyżej przepisów, które w kolejnych latach zaostrzyły wymogi i zasady odnoszące się do żywności GM. Państwa członkowskie zobowiązane zostały do respektowania zasad bioetycznych, przeprowadzania oceny zagrożeń związanych z uwolnieniem GMO oraz eliminowania w procesie modyfikacji genów warunkujących odporność na antybiotyki. Kraje mają stosować wszelkie dostępne środki bezpieczeństwa i kontrolować skutki uwolnienia organizmów GM do naturalnego ekosystemu, jak też konsekwencje wprowadzenia do obrotu organizmów transgenicznych. Ważne jest oznaczenie żywności i pasz, śledzenie ich przemieszczania się oraz oszacowanie ryzyka związanego z eksportem i importem GMO (rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1830/2003/WE, nr 1829/2003/WE i nr 1846/2003/WE). Dalsze zaostrzenie reguł uwolnienia GMO do środowiska przewiduje dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2015/412/UE. Dyrektywa wprowadziła klauzulę *opt-out*, na podstawie której krajom członkowskim pozostawiono decyzję o ograniczeniu lub zakazie uprawy

¹³ Konwencja o bioróżnorodności biologicznej, sporządzona w Rio de Janeiro dnia 5 czerwca 1992 r., Dz. U. z 2002 r., Nr 184, poz. 1532.

¹⁴ Protokół kartageński o różnorodności biologicznej, sporządzony w Montrealu dnia 29 stycznia 2001 r., Dz. U. z 2003 r., Nr 216, poz. 2199, 2200, 2201; Protokół z Nagoi do Konwencji o różnorodności biologicznej dotyczący dostępu do zasobów genetycznych oraz uczciwego i sprawiedliwego podziału korzyści wynikających z ich wykorzystania, <https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-polish.pdf> [dostęp: 10.04.2019].

rośliny transgenicznej, nawet gdy ta została dopuszczona do obrotu na jednolitym rynku wewnętrznym. Państwo członkowskie nie jest zobowiązane podawać przyczyn naukowych swojej decyzji.

Kodeks Żywnościowy zawiera zbiór międzynarodowych standardów, które mają zapewniać dostęp do czystej i bezpiecznej żywności obywatelom poszczególnych państw. W odniesieniu do żywności transgenicznej ustalono, że ocena jej bezpieczeństwa wymaga opisanie zmodyfikowanego organizmu (biorca genu) i wykorzystanego do modyfikacji (dawca genu), a także opisanie i scharakteryzowanie modyfikacji genetycznej, badania toksykologicznego, dokonania analizy potencjału alergizującego, stabilności wprowadzanego genu. Konieczne jest podanie danych dotyczących zawartości składników odżywczych oraz informacji o skutkach przetwarzania tego typu produktów. Oszacowanie ryzyka wprowadzenia żywności GM na rynek artykułów spożywczych ma być dokonane w oparciu o najnowszą wiedzę naukową, przy użyciu najlepszych, dostępnych technik analitycznych, które uwzględniają efekty zamierzone i efekty niezamierzone. Kodeks Żywnościowy wprowadza zasadę równoważności składnikowej, zgodnie z którą przy ocenie bezpieczeństwa zdrowotnego żywności transgenicznej należy porównać skład produktu modyfikowanego genetycznie z jego tradycyjnym odpowiednikiem. Każdy organizm genetycznie modyfikowany musi być traktowany indywidualnie, a po jego wprowadzeniu do obrotu konieczne jest kontrolowanie żywności transgenicznej, aby możliwe było wykrywanie nieprzewidzianych skutków¹⁵.

Do bezpieczeństwa żywności odnoszą się: zasada przezorności, poszanowania praw człowieka, ochrony środowiska życia, zrównoważonego rozwoju oraz zasada prymatu dóbr i interesów ludzi. Zasady te są powszechnie stosowane w obowiązujących przepisach prawnych na całym świecie. Zasada przezorności oznacza przyjęcie takiego sposobu postępowania, który umożliwi kontrolę niepewnej sytuacji, dotyczącej ochrony człowieka i jego środowiska. Łączy się ona z zasadą poszanowania praw człowieka i prymatu interesów ludzi w ten sposób, że wykorzystanie inżynierii genetycznej do produkcji żywności ma zapewniać bezpieczeństwo życia i zdrowia ludzi. Państwa zobowiązane zostały do tworzenia takich norm prawnych, które mają przeciwdziałać i minimalizować szkody w środowisku danego kraju, krajów trzecich i obszarów wspólnych. Ochrona środowiska i praw człowieka wymaga współpracy między państwami¹⁶.

¹⁵ M. Lucińska, H. Grajeta, *op. cit.*, s. 707.

¹⁶ Zob. szerzej P. Krajewski, *Ochrona prawna człowieka i jego środowiska wobec ekspansji organizmów genetycznie zmodyfikowanych w prawie wspólnotowym i międzynarodowym*, Wydawnictwo UWM, Olsztyn 2010, s. 58 i n.

Rozmiary i rozmieszczenie komercyjnych upraw transgenicznych na świecie

Wielkość i rozmieszczenie upraw transgenicznych za kolejne lata przedstawia organizacja ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications), która zajmuje się promowaniem i poszerzaniem wiedzy na temat żywności transgenicznej wśród konsumentów. Autorem raportów od 1996 r. i za okres 1996-2016 był Clive James, założyciel i prezes ISAAA, a obecnie emerytowany członek tej organizacji. Raporty sporządzane są za każdy rok odrębnie i uwzględniają dane o wielkości i rozmieszczeniu komercyjnych upraw GM, nowe odmiany takich organizmów, jak i zawierają szacunki osiągniętych korzyści ekonomicznych.

W raporcie ISAAA za 2017 ustalono, że całkowita powierzchnia komercyjnych upraw transgenicznych w latach 1996-2017 sukcesywnie się zwiększała od 1,7 mln ha w 1996 r. do 102 mln ha w 2006 r. i 181,5 mln ha w 2014 r., aby w 2015 r. obniżyć się do 179,7 mln ha. Od 2016 r. ponownie wzrosła do 185,1 mln ha i 189,8 mln ha w 2017 r. (Tabela 3).

Tabela 3. Całkowita powierzchnia upraw transgenicznych w latach 1996-2017

Lata	Hektary w milionach
1996	1,7
1997	11,0
1998	27,8
1999	39,9
2000	44,2
2001	52,6
2002	58,7
2003	67,7
2004	81,0
2005	90,0
2006	102,0
2007	114,3
2008	125,0
2009	134,0
2010	148,0
2011	160,0
2012	170,3
2013	175,2

Lata	Hektary w milionach
2014	181,5
2015	179,7
2016	185,1
2017	189,8

Źródło: ISAAA Briefs, No. 53, *op. cit.*

Komercyjne uprawy GM rozmieszczone są w krajach Azji, Ameryki Północnej, Ameryki Południowej, Afryki, w Australii i nieliczne w Europie. W 2017 r. w 24 państwach były uprawiane rośliny transgeniczne, w tym 19 z nich to kraje rozwijające się, a pięć to kraje uprzemysłowione (USA, Kanada, Australia, Hiszpania, Portugalia) (Tabela 4). Wśród krajów, w których istnieją uprawy transgeniczne, 12 państw (50%) to kraje Ameryki Północnej i Południowej, 8 to kraje azjatyckie (33,4%) oraz po dwa kraje europejskie (8,3%) i afrykańskie (8,3%). Z danych ISAAA wynika, że 88% upraw GM przypada na Amerykę Północną i Południową, 10% na Azję, 1,5% na Afrykę i 0,5% na Europę¹⁷.

Od 2012 r. szybciej rośnie wielkość powierzchni przeznaczonej na uprawy GM w krajach rozwijających się niż uprzemysłowionych. W 2017 r. do grupy dziesięciu tzw. Mega-krajów, tzn. tych, w których powierzchnia upraw GM wynosi powyżej 50 tys. ha, należały: USA (75 mln ha), Brazylia (50,2 mln ha), Argentyna (23,6 mln ha), Kanada (13,1 mln ha), Indie (11,4 mln ha), Paragwaj (3 mln ha), Pakistan (3 mln ha), Chiny (2,8 mln ha), RPA (2,7 mln ha), Boliwia (1,3 mln ha). Wśród tej dziesiątki państw osiem to kraje rozwijające się z Azji, Ameryki Łacińskiej i Afryki, a tylko dwa to kraje uprzemysłowione (Tabela 4).

Tabela 4. Światowi producenci żywności transgenicznej i powierzchnia upraw

Poz.	Kraj	Powierzchnia upraw w mln ha w 2016 r.	Udział w produkcji globalnej	Powierzchnia upraw w mln ha w 2017 r.	Udział w produkcji globalnej	Żywność GM
1	USA	72,9	39%	75,0	40%	kukurydza, papaja, rzepak, soja, pomidor, bawełna, burak cukrowy, ziemniak, lucerna, jabłka, papaja
2	Brazylia	49,1	27%	50,2	26%	soja, kukurydza, bawełna, rzepak, fasola, eukaliptus
3	Argentyna	23,8	13%	23,6	12%	soja, kukurydza, bawełna

¹⁷ ISAAA Briefs, No. 53, *op. cit.*, s. 5.

Poz.	Kraj	Powierzchnia upraw w mln ha w 2016 r.	Udział w produkcji globalnej	Powierzchnia upraw w mln ha w 2017 r.	Udział w produkcji globalnej	Żywność GM
4	Kanada	11,1	6%	13,1	7%	rzepak, kukurydza, soja, burak cukrowy, ziemniak
5	Indie	10,8	6%	11,4	6%	bawełna, ziemniak, ryż
6	Paragwaj	3,6	2%	3,0	2%	soja, kukurydza, bawełna
7	Pakistan	2,9	2%	3,0	2%	bawełna
8	Chiny	2,8	2%	2,8	1%	bawełna, papaja, ziemniak, ryż
9	RPA	2,7	1%	2,7	1%	soja, kukurydza, bawełna
10	Boliwia	1,2	1%	1,3	1%	soja
11	Urugwaj	1,3	1%	1,1	1%	soja, kukurydza
12	Australia	0,9	<1%	0,9	<1%	bawełna, rzepak
13	Filipiny	0,8	<1%	0,6	<1%	kukurydza
14	Mjanma (Birma)	0,3	<1%	0,3	<1%	bawełna
15	Sudan	0,1	<1%	0,3	<1%	bawełna
16	Hiszpania	0,1	<1%	0,1	<1%	kukurydza
17	Meksyk	0,1	<1%	0,1	<1%	bawełna, soja
18	Kolumbia	0,1	<1%	0,1	<1%	bawełna, kukurydza
19	Wietnam	<0,1	<1%	<0,1	<1%	kukurydza
20	Honduras	<0,1	<1%	<0,1	<1%	kukurydza
21	Chile	<0,1	<1%	<0,1	<1%	kukurydza, soja, rzepak
22	Portugalia	<0,1	<1%	<0,1	<1%	kukurydza
23	Bangladesz	<0,1	<1%	<0,1	<1%	bakłażan
24	Kostaryka	<0,1	<1%	<0,1	<1%	soja, bawełna
25	Słowacja	<0,1	<1%	--	--	kukurydza
26	Czechy	<0,1	<1%	--	--	kukurydza

Źródło: ISAAA Briefs, No. 53, *op. cit.*, s. 6.

Wyraźnie występuje tendencja do szybszego wzrostu powierzchni upraw GM w krajach rozwijających się w porównaniu do krajów uprzemysłowionych. W latach 2014-2017 powierzchnia upraw transgenicznych w krajach rozwijających się zwiększała się od 96,2 mln ha w 2014 r. do 100,6 mln ha w 2017 r. (53% ogółu upraw GM), podczas

gdy w krajach uprzemysłowionych w 2015 r. spadła do 82,6 mln ha, ale w 2017 r. wynosiła już 89,2 mln ha (Tabela 5).

Tabela 5. Całkowita powierzchnia upraw transgenicznych w krajach uprzemysłowionych i krajach rozwijających się (w mln ha)

	2014 r.	%	2015 r.	%	2016 r.	%	2017 r.	%
Kraje uprzemysłowione	85,3	47	82,6	46	85,5	46	89,2	47
Kraje rozwijające się	96,2	53	97,1	54	99,6	54	100,6	53

Źródło: ISAAA Briefs No. 51, *op. cit.*; ISAAA Briefs No. 53, *op. cit.*

W Ameryce Południowej 10 krajów – Brazylia, Argentyna, Paragwaj, Boliwia, Meksyk, Kolumbia, Honduras, Urugwaj, Chile i Kostaryka – uprawia transgeniczne rośliny, których łączna powierzchnia odpowiadała w 2017 r. 79,4 mln ha, co stanowiło 42% całkowitej powierzchni upraw GM na świecie. W stosunku do 2016 r. powierzchnia upraw zmniejszyła się o 110 tys. ha w związku z ograniczeniem upraw w Paragwaju, Urugwaju, Argentynie i Boliwii. Wzrosła natomiast w Chile (23%), Kostaryce (22%), Meksyku (13%), Kolumbii (7%), Hondurasie (3%) i Brazylii (2%). W Azji uprawia i spożywa się rośliny transgeniczne w Indiach, Pakistanie, Chinach, Filipinach, Mjanmie, Wietnamie i Bangladeszu, a wielkość upraw zwiększyła się z ok. 17,8 mln ha w 2016 r. do ok. 18,3 mln ha w 2017 r. Australia jest jednym z sześciu krajów, który wprowadził komercyjne uprawy GM w 1996 r. W 2017 r. powierzchnia upraw odpowiadała 924 tys. ha i była o 8% wyższa w stosunku do 2016 r. W Afryce uprawy GM zajmowały w 2016 r. 2,8 mln ha, a w 2017 r. 3 mln ha i prowadzone są w RPA i Sudanie¹⁸.

W Stanach Zjednoczonych i Kanadzie łączna wielkość upraw roślin GM w 2016 r. odpowiadała 84 mln ha, a w 2017 r. wzrosła do 88,1 mln ha. Udział każdego z tych państw w całkowitej wielkości upraw GM w Ameryce Północnej jest odmienny i dla USA w 2016 r. wynosił 87% i spadł do 85% w 2017 r., a udział Kanady odpowiednio wzrósł z 13% do 15% (Tabela 4).

W latach 2006-2015 w siedmiu krajach UE, tj. Hiszpanii, Portugalii, Rumunii, Słowacji, Niemczech i Polsce, prowadzone były uprawy transgeniczne o łącznej powierzchni 116 870 ha. Od 2015 r. następuje wyraźne ograniczanie upraw GM z 143 016 ha do 136 363 ha w 2016 r. i 131 535 ha w 2017 r. Kolejne państwa członkowskie rezygnowały z upraw GM. Uprawy roślin transgenicznych prowadzone są jeszcze w Hiszpanii i Portugalii¹⁹.

¹⁸ ISAAA Briefs, No. 53, *op. cit.*, s. 63 i n.

¹⁹ ISAAA Briefs No. 51, *op. cit.*, s. 198.

Tabela 6. Całkowita powierzchnia upraw transgenicznych w latach 2014-2017 (w mln ha)

Uprawy	2014 r.	%	2015 r.	%	2016 r.	%	2017 r.	%
Soja	90,7	50	92,1	51	91,4	50	94,1	50
Kukurydza	55,2	30	53,6	30	60,6	33	59,7	31
Bawełna	25,1	14	24	13	22,3	12	24,1	13
Rzepak	9	5	8,5	5	8,6	5	10,2	5
Lucerna	0,9	<1	1	<1	1,2	<1	1,2	<1
Burak cukrowy	0,5	<1	0,5	<1	0,5	<1	0,5	<1
Papaja	<0,1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Inne	<0,1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ogółem	181,5	100	179,7	100	185,1	100	189,8	100

Źródło: ISAAA Briefs No. 51, *op. cit.*, s. 208; ISAAA Briefs No. 53, *op. cit.*, s. 101.

W 2017 r. wśród roślin transgenicznych największa powierzchnia upraw była przeznaczona na soję (94,1 mln ha), kukurydzę (59,7 mln ha), rzepak (10,2 mln ha), lucernę (1,2 mln ha), burak cukrowy (0,5 mln ha), a pozostałe rośliny GM, tj. papaja, pomidory, ziemniaki, jabłka, gorczyca, fasola, ananasy, eukaliptus zajmują powierzchnię mniejszą niż milion ha (Tabela 5). W latach 1996-2017 sukcesywnie zwiększała się powierzchnia upraw biotechnologicznej soi, kukurydzy, bawełny, rzepaku. W przypadku bawełny i soi powierzchnia odmian transgenicznych przewyższa wielkość upraw tradycyjnych. I tak bawełna GM zajmuje 80% powierzchni upraw bawełny na świecie, soja GM 77%, kukurydza 32%, a rzepak 30%²⁰.

W latach 1996-2017 w uprawach transgenicznych przeważały odmiany roślin wykazujące tolerancję na herbicydy (soja, kukurydza, rzepak, burak cukrowy, lucerna), odporne na owady (bawełna, soja). Nową tendencją jest zwiększanie się powierzchni upraw odmian roślin o skumulowanych cechach, tzn. łączących tolerancję na herbicydy z odpornością na szkodniki. Takie cechy mają nowe rodzaje bawełny, kukurydzy, soi. Pojawiły się też odmiany soi, które ma cechować oszczędność kosztów, np. soja Innacta™, bawełna Bolgaard III²¹.

Od 1996 r., kiedy rozpoczęła się komercjalizacja genetycznie modyfikowanych organizmów, niektóre państwa zdecydowały się na dopuszczenie ich do uprawy, a inne kraje na ich import i użycie jako składnika żywności lub paszy. W 2017 r. 43 kraje nieuprawiające roślin GM importowały żywność i/lub paszę, zezwalając na ich uwolnienie do środowiska. Importerami takich towarów były: Burkina Faso, Kuba, Egipt, Indonezja,

²⁰ ISAAA Briefs No. 53, *op. cit.*, s. 101.

²¹ *Ibidem*, s. 102 i n.

Iran, Japonia, Malezja, Nowa Zelandia, Norwegia, Panama, Rosja, Singapur, Korea Południowa, Szwajcaria, Tajwan, Tajlandia, Turcja i kraje Unii Europejskiej (26 państw). W efekcie łącznie 67 krajów (24 uprawiające i 43 nieuprawiające roślin GM) formalnie dopuściło 29 transgenicznych organizmów przeznaczonych na żywność, paszę lub na uprawy. W latach 1996-2017 importowane były głównie kukurydza, soja, bawełna, rzepak, ziemniaki, ryż, buraki cukrowe, lucerna, pszenica, a także goździki i różę²².

W raportach ISAAA podane są szacunkowe wielkości korzyści ekonomicznych z upraw GM. W ciągu całego okresu komercjalizacji roślin biotechnologicznych do 2016 r. łączne dochody krajów uprawiających takie rośliny oszacowane zostały na 186,1 mld \$. W latach 1996-2015 dochody wynosiły 167,8 mld \$, a w 2016 r. wzrosły o 11%. Największe korzyści osiągnęły państwa, które jako pierwsze rozpoczęły komercjalizację upraw GM. Należą do nich: USA (80,3 mld \$); Argentyna (23,7 mld \$); Indie (21,1 mld \$); Brazylia (19,8 mld \$); Chiny (19,6 mld \$); Kanada (8 mld \$), a pozostałe kraje łącznie 13,6 mld \$²³.

Zagrożenia wynikające ze stosowania GMO

Istnieje konsensus naukowy dotyczący nieodwracalnego rozprzestrzeniania się genetycznie modyfikowanych organizmów w przyrodzie. Gdy zmodyfikowane geny lub sekwencje DNA raz zostaną uwolnione do środowiska, to nie ma możliwości ich wycofania. Uwolnione rośliny GM rozmnażają się niekontrolowane, stając się jednym z elementów ekosystemu. Bezpieczeństwo modyfikowanych genetycznie roślin uprawnych i transgenicznych produktów żywnościowych wymaga zatem szczegółowej analizy i wyjaśnienia następujących kwestii:

- a) toksyczności i bezpieczeństwa zdrowotnego roślin GM;
- b) pionowego przepływu genów roślin GM – ryzyko uwolnienia do środowiska nowego genu;
- c) wpływ roślin GM na inne organizmy, np. na naturalną populację owadów, gdy wprowadzono gen Bt kodujący odporność na owady szkodniki;
- d) alergeniczność produktów żywnościowych wytworzonych z roślin GM;
- e) bezpieczeństwo biologiczne, markery odporności na antybiotyki i rozprzestrzenianie się genów na skutek ich przepływu poziomego²⁴.

²² *Ibidem*, s. 109.

²³ *Ibidem*, s. 113.

²⁴ F. Holm, *Żywność modyfikowana genetycznie*, http://www.ptz.org/raporty/zywnosc_mod.doc [dostęp 10.04.2017]; zob. M. Lucińska, H. Grajeta, *op. cit.*, s. 708 i n.; M. Sękowski, B. Goworek, *op. cit.*, s. 53.

W raporcie FAO dotyczącym oceny skutków uwolnienia GMO do środowiska wymienia się wpływ na produktywność rolniczą, środowisko naturalne i możliwości wyżywienia ludzi. Kwestie te analizowane są w różnych publikacjach i raportach z przeprowadzanych niezależnych badań. We wspomnianym raporcie FAO wymienione zostały następujące potencjalne korzyści z wprowadzenia transgenicznych organizmów:

- 1) korzyści związane z produktywnością rolniczą – odporność na inwazje szkodników, na warunki pogodowe (susza, zimno, gorąco),
- 2) zwiększenie zawartości podstawowych składników odżywczych w produktach żywnościowych – przykład tzw. złotego ryżu,
- 3) uzyskiwanie większej ilości żywności z mniejszego obszaru,
- 4) możliwość zredukowania wpływu środowiskowego produkcji żywności i procesów przemysłowych – odporność na szkodniki i choroby roślin transgenicznych ma zmniejszyć ilość stosowanych pestycydów,
- 5) dłuższe przechowywanie produktów spożywczych, które wpłynie na obniżenie kosztów w handlu i transporcie,
- 6) restytucja zdegradowanych lub o małej żyzności obszarów ziemi,
- 7) biorekultywacja gleby,
- 8) uzyskiwanie większej ilości żywności z mniejszego obszaru²⁵.

Korporacje biotechnologiczne w akcjach promujących wprowadzenie roślin transgenicznych zapewniają, że przez ich stosowanie uzyska się wyższe plony, zmniejszy się zużycie herbicydów, rozwiąże problem głodu na świecie, umożliwi zachowanie czystości naturalnych roślin²⁶.

Zwolennicy GMO wskazują, że takie organizmy przyczyniają się do ograniczania stosowania środków chemicznych (zwłaszcza pestycydów i herbicydów) i w ten sposób pozytywnie wpływają na środowisko. Wbrew tym twierdzeniom zwiększyło się zużycie takich środków, gdyż rośliny GM są odporne na herbicydy i inne środki chemiczne, co umożliwi większe ich użycie bez szkody dla roślin. W efekcie doprowadza to do skażenia gleby oraz wody. Z raportu Benbrooka wynika, że w USA ilość zużytych herbicydów i insektycydów w latach 2001-2003 w uprawach transgenicznych była o 5-11,5% wyższa niż przy tradycyjnych uprawach²⁷.

Zagrożeniem związanym z genetycznie modyfikowanymi organizmami jest naruszenie bioróżnorodności, które wynika z niekontrolowanej modyfikacji uwolnionych

²⁵ J.J. Nowak, *op. cit.*, s. 142 i n., zob. też ISAAA Briefs No. 53, *op. cit.*

²⁶ J. Łopata, *GMO – zagrożenia ekologiczne, zdrowotne, ekonomiczne*, <http://www.gmo.icppc.pl> [dostęp: 12.03.2018]; M. Szkarłat, *Żywność genetycznie modyfikowana w stosunkach międzynarodowych*, Wyd. UMCS, Lublin 2011, s. 77 i n.

²⁷ J. Ptaśńska, *Żywność modyfikowana genetycznie – argumenty za i przeciw*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie” 2008, nr 781, s. 164.

do środowiska organizmów transgenicznych. Zmodyfikowane odmiany mogą wyprzeć tradycyjne odmiany roślin i ograniczyć liczbę niektórych gatunków. Powstanie monokultur rolnych przyczynia się do uodpornienia gatunków roślin lub owadów na środki chemiczne je zwalczające i do znacznego wzrostu ich populacji. Krzyżowanie transgenicznych roślin z dziko rosnącymi szybko doprowadziło do powstania „superchwastów”. Przykładem jest Argentyna, w której z upraw GM odpornych na herbicydy właśnie ta cecha przeszła do polnych chwastów. Rozprzestrzenianie się „superchwastów” – trawa rajgras i nowe chwasty – powoduje też wzrost kosztów związanych z ich usuwaniem²⁸.

Zagrożenie zanieczyszczenia systemów ekologicznych dotyczy nie tylko dziko rosnących roślin, ale także pól z tradycyjnymi i ekologicznymi uprawami. Najlepszym przykładem jest sprawa P. Schmeisera, kanadyjskiego rolnika, któremu rzepak GM koncernu Monsanto z sąsiednich pól zanieczyścił ekologiczne uprawy uszlachetnianych od 50 lat odmian rzepaku. Koncern Monsanto pozwał P. Schmeisera do sądu, zarzucając naruszenie patentu na biotechnologiczny rzepak, tj. bezprawnego wykorzystania jego technologii. Na początku sąd uznał zasadność roszczenia koncernu i zasądził na jego rzecz wysokie odszkodowanie. W wyniku odwołań od wyroku rolnik został zwolniony z zapłaty odszkodowania, ale uznano, że wyhodowanie rzepaku GM na polu Schmeisera było bezprawne²⁹.

Rzeczywiste korzyści ekonomiczne z upraw GM są niższe od oczekiwanych. W ocenie specjalistów jest to wynik braku stabilności genetycznej upraw transgenicznych. Działanie mechanizmu obronnego genów pierwotnych powoduje dezaktywizację wprowadzonego do rośliny materiału genetycznego, a w efekcie prowadzi do nietrwałości plonów. Osiągane są niższe plony i niższe zyski w porównaniu do upraw roślin tradycyjnych. I tak np. w uprawach soi GM w USA w 1998 r. i 2001 r. plony były niższe o 4%, a dochód o 27% w stosunku do soi tradycyjnej, zaś plony kukurydzy Bt były wprawdzie wyższe, ale dochody o ok. 7% niższe. Podobnie było z uprawami rzepaku czy buraków cukrowych, których zbiory były od 5 do 10% niższe w porównaniu do odmian konwencjonalnych. Szczególnym przypadkiem była prawie całkowita utrata plonów bawełny Bt z nasion dostarczonych przez koncern Monsanto w Indiach, co było przyczyną bankructw wielu rolników³⁰.

W przypadku upraw roślin transgenicznych wysokie są koszty wstępne ich wprowadzenia. Ceny nasion odmian GM są w większości krajów znacznie wyższe niż ceny

²⁸ *Ibidem*, s. 166; M. Sękowski, B. Gworek, *op. cit.*, s. 53; S.K. Wiąckowski, *Żywność roślin genetycznie zmodyfikowanych i związane z nią zagrożenia*, „Nad Odrą” 2013, nr 3-5, s. 41.

²⁹ A. Goodman, *Percy Schmeiser vs Monsanto: The Story of Canadian Farmer's Fight to Defend the Rights of Farmers and the Future of Seeds*, https://www.democracynow.org/2010/9/17/percy_schmeiser_vs_monsanto_the_story [dostęp 24.01.2018]. Na temat spraw sądowych rolników przeciw korporacjom biotechnologicznym zob. J.J. Nowak, *op. cit.*, s. 150 i n.

³⁰ J.J. Nowak, *op. cit.*, s. 147 i n.

nasion tradycyjnych, gdyż do ceny ziarna siewnego wliczana jest opłata licencyjna (*technology fee*). W umowach z rolnikami przedsiębiorstwa biotechnologiczne zakazują przechowywania nasion na następny sezon i zobowiązują rolnika do corocznego nabywania u nich nowych nasion. Do dalszego ograniczenia wolności wyboru rolników i swobody prowadzonej przez nich działalności może przyczynić się technologia „terminator” (*Technology Protection System*). Technologia ta polega na pozbawieniu ziaren możliwości kiełkowania, tak że rolnicy zostają pozbawieni możliwości wykorzystania do siewu w następnym sezonie ziarna uzyskanego z własnych zbiorów roślin transgenicznych. Stosowanie tej technologii trwale uzależnia rolników od koncernów biotechnologicznych posiadających patent na takie ziarno, jak i może zagrozić bezpieczeństwu żywnościowemu³¹.

W sferze gospodarczej poważnym zagrożeniem jest koncentracja sektora agrobiotechnologicznego, koszty koegzystencji upraw transgenicznych i tradycyjnych oraz powstawanie monokultur. Korporacje międzynarodowe, produkujące nasiona GM i rozwijające nowe technologie genetyczne chronią swoje produkty patentami, prowadzą akcje zwiększania powierzchni upraw GM oraz w coraz większym stopniu uzależniają od siebie rolników. Do największych korporacji – dostawców produktów GM należą: Bayer CropScience, Dow, AgroSciences, DuPont, Monsanto i Syngenta. Monopolizacja sektora agrobiotechnologicznego wywiera wpływ na poziom cen nasion i ograniczenie wyboru odmian roślin oferowanych przez korporacje międzynarodowe. Koncentracja sektora powoduje także wypieranie z rynku producentów tradycyjnych nasion, tak jak to miało miejsce w USA w przypadku nasion bawełny. Dużym ryzykiem obciążeni są przedsiębiorcy uprawiający odmiany GM i tradycyjne, gdyż ponoszą dodatkowe koszty związane z segregacją, przewozem i dystrybucją obu odmian i zobowiązani są dostosować się do restrykcyjnych wymogów prawnych koegzystencji upraw. Kolejnym zagrożeniem jest powstawanie monokultur, co może wpływać na bioróżnorodność i na sytuację gospodarczą danego kraju. Zależność rolnictwa od uprawy jednego gatunku rośliny zwiększa ryzyko działalności gospodarczej. W przypadku urodzaju i wysokich plonów będą rosły dochody w rolnictwie, a w przypadku spadku plonów na skutek np. niepogody, suszy, zmniejszają się dochody w sektorze i działach gospodarki z nim powiązanych³².

Kwestią o podstawowym znaczeniu jest bezpieczeństwo żywności transgenicznej oraz lekarstw dopuszczonych do obrotu. Spożywanie takich produktów może zagrozić życiu i zdrowiu ludzi. Modyfikacje genetyczne roślin i zmiana w ich strukturze genetycznej może doprowadzić do powstania nowych białek, które nie są znane organizmowi

³¹ K. Lisowska, M. Chorąży, *Genetycznie modyfikowane uprawy i żywność – przegląd zagrożeń*, „Nauka” 2010, nr 4, s. 128; *Transgenic Crops: AN Introduction and Resource Guide*, <https://cls.casa.colostate.edu/transgeniccrops/terminator.html> [dostęp 6.05.2019].

³² K. Lisowska, M. Chorąży, *op. cit.*, s. 131; M. Szkarłat, *op. cit.*, s. 187 i n.

człowieka. Spożycie takich protein wywołuje alergię – reakcję obronną układu odpornościowego człowieka. Przykładem na reakcje alergiczne jest dodanie do soi genu orzecha brazylijskiego, który zawiera alergen, jakim jest albumina. Alergie wystąpiły u szczurów karmionych kukurydzą GM z korporacji Monsanto, a w przypadku kukurydzy StarLink z genem Bt z firmy Aventis u ludzi³³.

Inne zagrożenie wynika ze stosowania w biotechnologii markerów antybiotykowych, od których zależy odporność roślin na antybiotyki. Taka cecha odporności na antybiotyki może być przeniesiona z roślin na człowieka je spożywającego. W konsekwencji zmniejsza się skuteczność kuracji antybiotykowych stosowanych w przypadku infekcji. Wyraźny zakaz wprowadzania do obrotu takich produktów GM obowiązuje w Unii Europejskiej³⁴.

Z przeprowadzonych doświadczeń na szczurach karmionych żywnością GM wynika, że wystąpiły przypadki chorób nowotworowych, zakłócenia w funkcjonowaniu organów wewnętrznych, które prowadzą do chorób przewlekłych i bezpłodności. Jeden z eksperymentów przeprowadzał A. Pusztai, który badał reakcje w organizmie szczurów karmionych ziemniakiem Desiree zawierającym gen przebiśniegu, zwiększający odporność na mszyce i nicienie. Stan zdrowia badanych zwierząt, których dieta składała się z takiego ziemniaka, uległ pogorszeniu. Spożywanie ziemniaka Desiree wpłynęło na wzrost, rozwój organów, przemianę materii i funkcje immunologiczne szczurów³⁵. Podobnie negatywne rezultaty co do stanu zdrowia badanych szczurów uzyskał zespół G.E. Séraliniego. Przeprowadzono testy na szczurach karmionych genetycznie zmodyfikowaną kukurydzą i soją tolerującymi lub wytwarzającymi pestycyd. Stwierdzono występowanie w nerkach i wątrobie badanych ssaków objawy wskazujące na początek chorób przewlekłych i konieczność prowadzenia dalszych testów³⁶.

Przeciwnicy GMO wskazują na istnienie związku przyczynowego między spożyciem żywności transgenicznej a wzrostem ryzyka pojawienia się komórek nowotworowych w organizmie człowieka. Modyfikacje genetyczne żywności mogą wywołać aktywację pewnych części ludzkiego genomu, które zdolne są do transpozycji, czyli do dalszych zmian. Zainicjowanie takiego procesu przez żywność GM może spowodować pojawienie się patologicznych zmian takich jak guzki, nacieki nowotworowe. Za sprawą Światowej Organizacji Zdrowia wycofany z obrotu został ziemniak GM, zawierający w swoim składzie poliakrylamid, który przy gotowaniu lub pieczeniu rozkładał się do

³³ S.K. Wiąckowski, *op. cit.*, s. 44.

³⁴ M. Szkarłat, *op. cit.*, s. 241, zob. też I. Wrześniewska-Wal, *op. cit.*, s. 314 i n.

³⁵ A. Pusztai, *Ludzkość nie może sobie pozwolić na ryzyko związane z inżynierią genetyczną*, http://www.icppc.pl/antygmo/wp-content/uploads/2016/08/2007_04-_25_arpad_pusztai.pdf [dostęp 30.04.2019].

³⁶ G.E. Séralini, R. Mesnage, E. Clair, S. Gress, J. Spiroux de Vendômois, D. Cellier, *Genetically modified crops safety assessments: present limits and possible improvements*, <https://doi.org/10.1186/2190-4715-23-10>, [dostęp 10.03.2018].

toksycznego akrylamidu. Produkty spożywcze (frytki i chipsy) wytwarzane z tej odmiany ziemniaka odznaczały się wysoką rakotwórczością, a ich spożywanie było niebezpieczne dla zdrowia ludzi³⁷.

W wielu publikacjach i wypowiedziach niezależnych uczonych zwraca się uwagę na brak badań epidemiologicznych, które potwierdziłyby empirycznie, że spożywanie żywności GM lub żywności powstałej przy udziale organizmów genetycznie zmodyfikowanych jest bezpieczne dla ludzi w długim okresie. Nie są określone długofalowe efekty uwolnienia zmodyfikowanych produktów do organizmu ludzkiego i środowiska naturalnego³⁸. Przeprowadzane dotychczas na niewielką skalę badania wykonywane były z reguły na zlecenie przedsiębiorstw przemysłu biotechnologicznego i nie są uznawane za wiarygodne. Korporacje, korzystając z ochrony patentowej, utrudniają dostęp niezależnym badaczom do nowego produktu transgenicznego, co może uniemożliwić przeprowadzenie badań laboratoryjnych. Zarzuca się, że korporacje biotechnologiczne w swoim dążeniu do osiągania jak najwyższych zysków działają w sposób niedający pogodzić się z etyką³⁹.

Powszechne stosowanie żywności zmodyfikowanej genetycznie jest też traktowane jako zagrożenie praw człowieka. Brak długofalowych badań dotyczących skutków spożywania roślin GM dla organizmów ludzkich uznawane jest za naruszenie prawa do ochrony życia i środowiska naturalnego oraz prawa do pełnej i rzetelnej informacji i wyboru.

Tabela 7. Korzyści i zagrożenia związane z uprawami GMO

Korzyści z upraw GM	Zagrożenia związane z uprawami GM
Zwiększona produktywność łączona z globalnym bezpieczeństwem żywności, wzrostem plonów i obniżką kosztów	Wysokość i jakość plonów roślin transgenicznych po początkowym wzroście stawała się niższa niż tradycyjnych upraw
Samowystarczalność na gruntach ornych	Uzależnienie rolników przechodzących na uprawy GM od koncernów biotechnologicznych kontrolujących rynek nasion
Ochrona bioróżnorodności	Naruszenie równowagi systemu ekologicznego, negatywny wpływ na środowisko przyrodnicze. Zmniejsza się częstość występowania odmian i gatunków naturalnych. Powstanie monokultur
Łagodzenie wyzwań związanych ze zmianami klimatu	Wiązanie obcych gatunków może być niebezpieczne dla człowieka i środowiska
Poprawa korzyści ekonomicznych, zdrowotnych i społecznych	Negatywny wpływ na zdrowie – alergie, problemy immunologiczne, odporność na antybiotyki, toksyczność upraw GM

³⁷ M. Szkarłat, *op. cit.*, s. 246.

³⁸ P. Krajewski, *Znane i nieznanne problemy bioetyki XXI wieku. (Nie) bezpieczne biotechnologie?*, Wyd. UWM, Olsztyn 2007, s. 74; K. Lisowska, M. Chorąży, *op. cit.*, s. 130.

³⁹ S.K. Wiąckowski, *op. cit.*, s. 39 i n. Szerzej na ten temat zob. J.M. Smith, *Nasiona kłamstwa czyli o łągarstwach przemysłu i rządów na temat żywności modyfikowanej genetycznie*, Oficyna Wydawnicza 3.49, Poznań 2007.

Korzyści z upraw GM	Zagrożenia związane z uprawami GM
Zaletą nasion transgenicznych jest możliwość zmniejszenia użycia środków ochrony roślin	Pojawiły się superchwasty, które są odporne na stosowane opryski. Przykładem może być odporny na herbicydy szczep przymiotnia kanadyjskiego
Możliwość wyżywienia ludzi. Zwiększenie obszaru upraw GM w krajach rozwijających się	GM nie rozwiązuje problemu głodu na świecie. Stosowanie technologii transgenicznych zaburza równowagę istniejących ekosystemów, a następnie wyjaławia glebę, obniża plony, stałe zagrożenie chorobami. Patentowanie nasion lub roślin niszczy podstawy bytu rolników
Polepszenie cech żywieniowych surowców roślinnych przez wzbogacenie ich w witaminy, składniki mineralne, aminokwasy	Zmodyfikowane organizmy mogą wytwarzać nieznane wcześniej kombinacje białek i wywoływać nieprzewidywalne efekty. W konsekwencji mogą prowadzić do straty wartości odżywczej rośliny
	Genetycznie modyfikowane nasiona, rośliny i inne organizmy są objęte ochroną patentową, co zwiększa kontrolę korporacji międzynarodowych nad rolnikami, produkcję i konsumpcją żywności
	Skażenie upraw niemodyfikowanych i organicznych przez uprawy GM to straty finansowe w przemyśle rolno-spożywczym, wycofanie produktów, utrata udziałów w rynku lub utrata rynków
	Wysokie koszty wstępne upraw odmian transgenicznych: ceny nasion GM są wyższe niż nasion tradycyjnych, rolnicy uiszczają opłatę za użytkowanie technologii i zakaz przechowywania nasion na następny sezon. Przykład upraw bawełny Bt w Indiach i bankructwa, samobójstwa rolników

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

Rozwój i osiągnięcia inżynierii genetycznej oraz wprowadzenie jej produktów do obrotu gospodarczego jako składnika żywności, samej żywności, paszy czy wreszcie samych upraw transgenicznych jest przedmiotem ożywionej dyskusji i licznych kontrowersji. Poważnym problemem jest zapewnienie bezpieczeństwa żywności i organizmów GM uwolnionych do środowiska. Zasady prawa międzynarodowego czy prawa UE określiły warunki dopuszczenia organizmów transgenicznych do środowiska, w tym przewidują badanie zagrożeń dla życia i zdrowia ludzi oraz ekosystemów. Pojawiły się zastrzeżenia co do sposobu i czasu trwania takich badań. Uzasadnione jest domaganie się, aby badania były obowiązkowe, ulepszone i przedłużone oraz rozszerzone o badania reprodukcyjne i wielopokoleniowe. Dodatkowo postuluje się zapewnienie rzetelności

eksperymentów i ich dokonywanie przez niezależne od korporacji biotechnologicznych grupy uczonych – badaczy.

Od rozpoczęcia komercjalizacji organizmów GM w 1996 r. rozszerza się obszar upraw transgenicznych, które obejmują kraje Ameryki Północnej i Południowej, Afryki, Azji, Europy i Australię. Wśród państw uprawiających rośliny transgeniczne przeważają kraje rozwijające się, a Brazylia, Argentyna, Indie, Paragwaj, Pakistan, Chiny, RPA, Boliwia i Urugwaj znajdują się w grupie tzw. Mega-krajów GMO. Wszystkie państwa uprawiające rośliny GM korzystają z dostaw międzynarodowych korporacji biotechnologicznych. Na rynkach światowych podmioty te umacniają swoją pozycję, a niepokojącym zjawiskiem jest monopolizacja tego sektora przez kilka liczących się przedsiębiorstw, tj. Monsanto, Du Pont, Dow, Bayern, CropScience, Syngenta, co wpływa na ceny, jakość oferowanych produktów oraz swobodę wyboru i działania innych podmiotów gospodarczych, w tym rolników i przedsiębiorstw – dostawców tradycyjnych produktów. Korporacje biotechnologiczne uzależniają od siebie rolników, a konsolidacja rynku ziarna siewnego i patenty na nasiona zmniejszają swobodę działania tych podmiotów gospodarczych. Zwiększanie stopnia zależności następuje przez zastrzeżenie w umowach obowiązku nabywania od producenta nasion transgenicznych na sezon i niekorzystanie z ziaren zebranych z własnej uprawy oraz przez stosowanie w produkcji technologii „terminator” (zapewnia ona jałowość ziarna GM w drugim pokoleniu).

Niewystarczająca znajomość złożonych mechanizmów życia i nowych konstrukcji genetycznych wymaga zachowania ostrożności przy zezwalaniu na dopuszczenie do komercjalizacji organizmów GM. Uzasadnione i wskazane jest zatem stosowanie w odniesieniu do nich zasady przezorności, oznaczającej taki sposób postępowania, który umożliwi kontrolę niepewnej sytuacji, odnoszącej się do ochrony życia i zdrowia ludzi oraz ich środowiska. Dlatego tak ważne jest prowadzenie długich i rzetelnych badań oddziaływania organizmów transgenicznych na człowieka i środowisko, jak i z uwagi na bezpieczeństwo żywnościowe na świecie.

Bibliografia

Literatura

- Krajewski P., *Ochrona prawna człowieka i jego środowiska wobec ekspansji organizmów genetycznie zmodyfikowanych w prawie wspólnotowym i międzynarodowym*, Wydawnictwo UWM, Olsztyn 2010.
- Krajewski P., *Znane i nieznanne problemy bioetyki XXI wieku. (Nie) bezpieczne biotechnologie?*, Wyd. UWM, Olsztyn 2007.
- Lisowska K., Choraży M., *Genetycznie modyfikowane uprawy i żywność – przegląd zagrożeń*, „Nauka” 2010, nr 4, s. 127-136.

- Lucińska M., Grajeta H., *Wpływ modyfikacji genetycznych na jakość i bezpieczeństwo żywności*, „Problemy Higieny Epidemiologicznej” 2015, nr 96, s. 705-712.
- Maciołek H. (red.), *Aspekty ekonomiczne, zdrowotne i fitosanitarne żywności modyfikowanej genetycznie*, Naukowe Wydawnictwo Piotrkowskie, Piotrków Trybunalski 2004.
- Malepszy S. (red.), *Biotechnologia roślin*, PWN, Warszawa 2001.
- Nowak J.J. *Uwalnianie GMO do środowiska rolniczego i żywności a bezpieczeństwo żywnościowe*, [w:] A. Bobko, K. Cynk (red. nauk.), *Genetycznie modyfikowane organizmy jako przedmiot oceny moralnej*, Wyd. Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów 2014, s. 141-163.
- Ptasińska J., *Żywność modyfikowana genetycznie – argumenty za i przeciw*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie” 2008, nr 781, s. 155-169.
- Sękowski M., Gworek, B., *Genetycznie modyfikowane organizmy w środowisku*, Wydawnictwo Naukowe Gabriel Borowski, Warszawa 2008.
- Smith J.M., *Nasiona kłamstwa czyli o łgarstwach przemysłu i rządów na temat żywności modyfikowanej genetycznie*, Oficyna Wydawnicza 3.49, Poznań 2007.
- Szkarłat M., *Żywność genetycznie modyfikowana w stosunkach międzynarodowych*, Wyd. UMCS, Lublin 2011.
- Wiąckowski S.K., *Żywność roślin genetycznie zmodyfikowanych i związane z nią zagrożenia*, „Nad Odrą” 2013, nr 3-5, s. 39-46.
- Wrześniewska-Wal I., *Prawne aspekty wprowadzania do obrotu żywności genetycznie zmodyfikowanej*, „Postępy Nauk Medycznych” 2009, nr 4, s. 310-316.

Źródła

- Konwencja o bioróżnorodności biologicznej, sporządzona w Rio de Janeiro dnia 5 czerwca 1992 r., Dz. U. z 2002 r., Nr 184, poz. 1532.
- Protokół kartageński o różnorodności biologicznej, sporządzony w Montrealu dnia 29 stycznia 2001 r., Dz. U. z 2003 r., Nr 216, poz. 2199, 2200, 2201.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2001/18/WE z dnia 12 marca 2001 r. w sprawie zamierzonego uwalniania do środowiska organizmów zmodyfikowanych genetycznie i uchylająca dyrektywę Rady nr 90/220/EWG (Dz. Urz. L 106 z 17.04.2001 r.).
- Rozporządzenie nr 1830/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 22 września 2003 r. dotyczące możliwości śledzenia i etykietowania organizmów zmodyfikowanych genetycznie oraz możliwości śledzenia żywności i produktów paszowych wyprodukowanych z organizmów zmodyfikowanych genetycznie (Dz. Urz. WE L 268 z 18.10.2003 r.).
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2009/41/WE z dnia 6 maja 2009 r. w sprawie ograniczonego stosowania mikroorganizmów zmodyfikowanych genetycznie (Dz. Urz. WE L 125 z 21.05.2009 r.).
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 2015/2283 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie nowej żywności, zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady oraz rozporządzenie Komisji (WE) nr 1852/2001 (Dz. Urz. UE L 327 z 11.12.2015 r.).
- Ustawa z dnia 22 czerwca 2001 r. o mikroorganizmach i organizmach genetycznie modyfikowanych. GMO (t. j. Dz. U. z 2019 r., poz. 706).

Internet

- Protokół z Nagoi do Konwencji o różnorodności biologicznej dotyczący dostępu do zasobów genetycznych oraz uczciwego i sprawiedliwego podziału korzyści wynikających z ich wykorzystania, <https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-polish.pdf> (dostęp: 10.04.2019 r.).
- GMO – co to jest i jak się wykorzystuje w produkcji żywności <http://www.farmio.com/gmo-co-to-jest-wykorzystuje-produkcji-zywnosci> [dostęp 10.04.2018].
- Goodman A., *Percy Schmeiser vs Monsanto: The Story of Canadian Farmer's Fight to Defend the Rights of Farmers and the Future of Seeds*, https://www.democracynow.org/2010/9/17/percy_schmeiser_vs_monsanto_the_story [dostęp 24.01.2018].
- Holm F., Żywność modyfikowana genetycznie, http://www.pttz.org/raporty/zywnosc_mod.doc [dostęp 10.04.2017].
- James C., 20th Anniversary (1996 to 2015) of the Global Commercialization of Biotech Crops and Biotech Crop Highlights In 2015, ISAAA Brief No. 51. ISAAA: Ithaca, NY, <http://isaaa.org/resources/publications/briefs/51/default.asp> [dostęp 27.01.2018].
- ISAAA Briefs No. 53, Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years, 2017, <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/53/download/isaaa-brief-53-2017.pdf> [dostęp 27.01.2019].
- Łopata J., *GMO – zagrożenia ekologiczne, zdrowotne, ekonomiczne*, <http://www.gmo.icppc.pl> [dostęp 12.03.2018].
- Pusztai A., *Ludzkość nie może sobie pozwolić na ryzyko związane z inżynierią genetyczną*, http://www.icppc.pl/antygmo/wp-content/uploads/2016/08/2007_04-25_arpad_pusztai.pdf [dostęp 30.04.2019].
- Séralini G.E., Mesnage R., Clair E., Gress S., Spiroux de Vendômois J., Cellier D., *Genetically modified crops safety assessments: present limits and possible improvements*, <https://doi.org/10.1186/2190-4715-23-10> [dostęp 10.03.2018].
- Transgenic Crops: AN Introduction and Resource Guide, <https://cls.casa.colostate.edu/transgeniccrops/terminator.html> [dostęp 6.05.2019].
- Wiackowski S.K., *Żywność roślin genetycznie zmodyfikowanych i związane z nią zagrożenia*, http://nad-odra.pl/wp-content/uploads/2016/02/nad_odra_3-5_2013_internet.pdf [dostęp 10.04.2018].
- Żywność modyfikowana, <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/zywnosc-modyfikowana:3942613.html> [dostęp 12.04.2018].