



Tendencje rozwojowe światowej biotechnologii*

Wojciech J. Stec

Zakład Chemii Bioorganicznej

Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych

Polska Akademia Nauk, Łódź

Zaproszenie Komitetu Organizacyjnego do wygłoszenia tego referatu przyjąłem z mieszanymi uczuciami; z zażenowaniem, bowiem na tej sali jest wiele osób, które ze względu zarówno na wiedzę, jak i na dokonania bardziej ode mnie zasługują na wyróżnienie zaprezentowania referatu otwierającego obrady Pierwszego Krajowego Kongresu Biotechnologii. Jakkolwiek nie sposób wymienić wszystkich, czuję się w obowiązku przypomnieć nazwiska koordynatorów resortowych i centralnych programów badawczo-rozwojowych dotyczących biotechnologii, profesorów K.L. Wierchowskiego i E. Galasa; twórcy i pierwszego przewodniczącego Komitetu Biotechnologii przy Prezydium PAN, obecnego wiceprezesa PAN, prof. W. Ostrowskiego, jak i autorów pierwszego raportu dotyczącego stanu biotechnologii w Polsce, prof. prof. M. Fikusowej i P. Węgleńskiego. Przyjąłem to zaproszenie także z poczucia obowiązku, bowiem razem z gronem kolegów, którym tak jak i mnie przyświecała w życiu maksyma, że *wiedza nakłada brzemień odpowiedzialności*, domagałem się uwzględnienia w polityce rozwoju naszego kraju **biotechnologii**, a w odniesieniu do sfery nauki – tworzenia molekularnych podstaw harmonijnego rozwoju współczesnej **biotechnologii**. Z tego samego powodu, mając swobodę wyboru tematu dzisiejszego wystąpienia, zdecydowałem się mówić o tendencjach rozwojowych w światowej biotechnologii. Wyprzedzając główny nurt swego wystąpienia muszę nadmienić, że w okresie kiedy pełniłem funkcję przewodniczącego Komitetu Biotechnologii przy Prezydium PAN, sprzeciwiałem się, skutecznie, naciskom różnych środowisk, aby wcześniej zorganizować

Adres do korespondencji

Wojciech J. Stec,
Zakład Chemii
Bioorganicznej,
Centrum Badań
Molekularnych
i Makromolekularnych
Polska Akademia Nauk,
ul. Sienkiewicza 112,
90-363 Łódź.

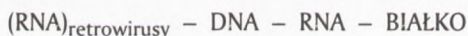
biotechnologia

1 (48) 15–30 2000

* Referat otwierający obrady Kongresu przedstawiamy w wersji oryginalnej.

wać w Polsce kongres biotechnologii. Uczciwość wymaga aby także podkreślić, iż ze sceptycyzmem przyjąłem inicjatywę środowiska wrocławskiego dotyczącego organizowania tego kongresu w roku 1999. I Krajowy Kongres Biotechnologii nie jest wydarzeniem czysto naukowym – jest przede wszystkim wydarzeniem politycznym, gdyż musi zawierać element konfrontacji: Świat a Polska. Doceniając zatem olbrzymi wkład i wysiłek środowiska wrocławskiego, które doprowadziło do dzisiejszego spotkania naukowego chcę wierzyć, że decyzja o zorganizowaniu Pierwszego Krajowego Kongresu Biotechnologii we Wrocławiu w roku 1999 jest dojrzała i słuszna, jak również, iż wspomniana konfrontacja nie będzie dla nas bolesna.

Biotechnologii nie da się zdefiniować jako jednej dyscypliny naukowej. Biotechnologia jest gałęzią przemysłu, posługującego się zespołem technik i technologii wypracowanych przez szereg dyscyplin przyrodniczych, głównie biochemię, biologię molekularną i biologię komórkową, które pozwalają za pomocą żywych organizmów, bądź ich części, bądź tylko ich produktów, zaproponować procesy technologiczne zmierzające do wytwarzania bądź przetwarzania materiałów o szczególnej wartości jednostkowej i użyteczności dla potrzeb rodzaju ludzkiego. Jakkolwiek u jej podstaw leżą badania naukowe w zakresie genetyki molekularnej, rozwój biotechnologii jako gałęzi przemysłu miał charakter retrospektywny – poznanie użyteczności produktów naturalnych wywoływało na początku chęć ich pozyskania ze źródeł naturalnych, a w następnej kolejności – chęci uzyskania w sposób jak najbardziej ekonomiczny, z wykorzystaniem osiągnięć współczesnej wiedzy i techniki. Tak jak w każdej dziedzinie przemysłowej, o intensywności koncentracji wysiłków nad opracowaniem nowego procesu technologicznego decydowały *zysk i chęć jego zwielokrotnienia*. Tak jak wykazało kończące się stulecie, a w szczególności jego ostatnie ćwierćwiecze, cel zwielokrotnienia zysku zapewniły badania naukowe. Biotechnologia wykorzystuje osiągnięcia biochemii i chemii produktów naturalnych, biologii komórkowej, medycyny, genetyki, immunologii, inżynierii białkowej, biofizyki i bioinformatyki, bioinżynierii i inżynierii procesowej, jak i inżynierii chemicznej. Odkrycia struktury i funkcji kwasów nukleinowych oraz wyjaśnienie podstawowych ogniw tzw. dogmatu biologii molekularnej:



a więc rozszyfrowanie kodu genetycznego i przypisania zależności sekwencji aminokwasów w białkach od sekwencji kwasów nukleinowych, oraz poznanie mechanizmów transkrypcji i translacji, leżały u podstaw współczesnej biotechnologii. Uzyskanie ekspresji obcego genu w organizmie gospodarza w postaci pożądanego produktu białkowego w roku 1973 stanowiło kamień milowy w rozwoju nauki, i stworzyło fundament dla pozyskiwania białek technikami rekombinacji DNA, uzyskania transgenicznych bakterii, oraz w kolejności, transgenicznych roślin i transgenicznych zwierząt.

Przed przejściem do zasadniczego nurtu swego wystąpienia – dotyczącego tendencji rozwoju biotechnologii, jeszcze raz muszę podkreślić, że prawami rozwoju przemysłu biotechnologicznego decyduje oczekiwany zysk i chłodna kalkulacja elementu ryzyka, na ile opłacalne jest zainwestowanie nakładów finansowych, aby je w odpowiedni sposób pomnożyć. Nie do pominięcia jest jednak forma zysku, który w krajach rozwiniętych mie-

rzony jest nie tylko i nie wyłącznie wartością sprzedaży produktu, ale wielkością zysku społecznego w postaci poprawy stanu zdrowia społeczeństwa, ograniczenia dewastacji środowiska naturalnego, zachowania czystego powietrza, i jak najbogatszych zasobów strategicznego już dzisiaj surowca, jakim jest czysta woda, a w ujęciu globalnym – zahamowanie zmian klimatycznych naszej planety.

Celowo wywołując ten aspekt globalizacji w kontekście biotechnologii, jakkolwiek wysiłki w kierunku rozumnego rozwoju naszej cywilizacji muszą w różny sposób być wyrażane w różnych częściach naszego globu, gdyż inne są oczekiwania społeczne w państwach Ameryki Północnej, Europy, i Japonii, od tych w Indiach i Malezji, Ameryce Południowej czy Afryce. Nie bez znaczenia jest uświadomienie sobie, że różna zasobność społeczeństw naszego globu wszędzie wymaga świadomej polityki rządów, a nie tylko korporacji kierujących się zyskiem, aby w wymiarze globalnym uwzględnić potrzeby wyżywienia, zdrowia, ochrony środowiska, zapewnienia dostępności do odnawialnych surowców energetycznych.

Kontynuując wątek tego globalnego kontekstu biotechnologii warto przypomnieć, że wg J.F. Wong (*Genetic. Eng. News*, August 1999), liczba ludności kuli ziemskiej uległa podwojeniu od roku 1940, przekraczając 6 miliardów (dla porównania, w 1804 r. oszacowano liczbę ludzi na świecie na 1 miliard). Roczny przyrost zaludnienia globu ziemskiego wynosi aktualnie 78 mln. Populacja USA osiągnęła 270 mln. Przewiduje się podwojenie liczby ludności Stanów Zjednoczonych AP w najbliższych sześćdziesięciu latach.

Nie bez znaczenia jest także dostrzeganie problemu starzenia się społeczeństw. W roku 1940, okres życia (średni) wynosił w krajach rozwijających się 40 lat, przy obecnej średniej 66 lat, podczas gdy w krajach rozwiniętych średnia przeżycia w tym samym okresie wzrosła z 61 do 75 lat. Ważne jest zatem dostrzeżenie, że w skali światowej w roku 2025 liczba ludzi, którzy przekroczą wiek emerytalny 65 lat, będzie wynosiła 1 miliard. Zatem wyzwania przed biotechnologią to zarówno wyżywienie i oddalenie wizji głodu, zapewnienie właściwej opieki zdrowotnej ludności w wieku poprodukcyjnym, jak i zapewnienie dostępności do bezpiecznych źródeł energii oraz surowców „konsumpcyjnych”. Wyzwania te wyznaczają główne obszary koncentracji B+R w biotechnologii zebrane w tabeli 1.

Zapleczem dla realizacji celów w tych czterech zaprezentowanych obszarach koncentracji są badania poznawcze. Gdzie należy upatrywać najbardziej obiecujących i zabezpieczających podstawowe oczekiwania rodzaju ludzkiego niszą badawczych? W moim przekonaniu, za najistotniejszy element poznawczy prac o charakterze probiotechnologicznym należy uznać zainicjowany w 1990 r. w USA projekt rozszyfrowania ludzkiego genomu (ang. *Human Genome Project*, HGP), a w szeregu innych krajów projekty sekwencjonowania genomów bakterii, drożdży, muszki owocowej, jak i wybranych roślin. Projekt sekwencjonowania liczącego ok. 3 miliardów par zasad genomu ludzkiego zaplanowano na 15 lat. Dotąd zakończono prace nad mapowaniem wszystkich (ponad 100 tys.) genów występujących w ludzkim genomie oraz zbadano sekwencję nukleotydową ok. 2/3 genomu kosztem 2 mld USD.

Tabela 1

Główne obszary koncentracji B+R w biotechnologii

OCHRONA ZDROWIA
<ul style="list-style-type: none"> – immunoprewencja (szczepionki) – bioterapeutyki (naturalne i modyfikowane) – zestawy diagnostyczne do wczesnego wykrywania tendencji i występowania schorzeń – zdrowa żywność
ZABEZPIECZENIE ZASOBÓW ŻYWNOSCI
<ul style="list-style-type: none"> – genetycznie modyfikowane (GM) rośliny o wysokim plonowaniu dające produkty o wysokich walorach odżywczych – GM rośliny dające pożądane produkty w warunkach niekorzystnych klimatycznie (susze, powódzie, zasolenie, wysoka zawartość metali w glebie) – GM zwierzęta produkujące białka o korzystnym składzie aminokwasów i ograniczonej zawartości produktów tłuszczowych
ODNAWIALNE ŹRÓDŁA PRODUKTÓW DLA WYKORZYSTANIA W PRZEMYSŁE
<ul style="list-style-type: none"> – biokatalizatory – biomasa i jej przetwarzanie w surowce chemiczne (np. propanodiol-1,3 z glukozy dla wytwarzania polimerów) – zastępowanie produktów przetwarzania ropy naftowej
ODNAWIALNE ŹRÓDŁA SUROWCÓW ENERGETYCZNYCH
<ul style="list-style-type: none"> – uzyskiwanie „bioetanolu” z produktów fermentacji odpadów celulozowych; nowe wydajne biokatalizatory

W ostatnim czasie nastąpił kolejny przełom w technologii sekwencjonowania DNA. W firmie Perkin Elmer Corp. skonstruowano wielokanałowy kapilarny sekwenator DNA (3700 DNA Analyser) zdolny do automatycznego sekwencjonowania ok. 100 mln par zasad na dobę. Firma ta utworzyła konsorcjum z Institute for Genomics Res., które podjęło się wykonać alternatywną analizę sekwencyjną genomu ludzkiego w 3 lata kosztem ok. 150-250 mln USD, czyli ponad 10 razy taniej niż nakłady przewidywane przez HGP.

Jakkolwiek zbadanie sekwencji nukleotydowej genomów wyższych organizmów w pierwszym rzędzie jest uznawane za ogromny sukces poznawczy, prawdziwe wyzwanie stanowi poznanie funkcji poszczególnych elementów genomu (*functional genomics*), gdyż dopiero zrozumienie roli setek tysięcy kodowanych przezeń białek (*functional proteomics*) pozwoli na praktyczne wykorzystanie uzyskanych informacji, m.in. do celów medycznych. Możliwa będzie wówczas precyzyjna interwencja genetyczna polegająca z jednej strony na hamowaniu ekspresji szkodliwych genów, jak i powodowaniu nadekspresji innych genów, w celu uzupełnienia braków w prawidłowym (dla normalnie funkcjonującego organizmu) bilansie gospodarki białkowej i jej rozlicznych konsekwencji. Pełny owoców tej heroicznej pracy należy oczekiwać za 30-40 lat, co nie oznacza, że rozszyfrowywanie kolejnych fragmentów poszczególnych genomów nie stanowi podstawy do natychmiastowego praktycznego wykorzystania bieżąco uzyskiwanych informacji. Pozwalają na to, m.in., już opanowane techniki inżynierii genetycznej białek. W zakresie tzw. *technologii rekombinowanego DNA* (ang. *recombinant DNA technology, rec DNA*) szybki rozwój dotyczy przede wszystkim nowych systemów do otrzymywania heterologicznych

białek metodą *rec DNA* z wykorzystaniem transgenicznych organizmów. Prokariotyczny system ekspresji z użyciem bakterii *Escherichia coli*, choć najprostszy i najtańszy, posiada wiele wad (m.in. brak glikozylacji, trudności z sekrecją oraz uzyskaniem w pełni zrenaturowanego białka) i ma ograniczone zastosowanie do otrzymywania białek o znaczeniu terapeutycznym. Najprostszy eukariotyczny układ ekspresyjny, wykorzystujący drożdże *Saccharomyces cerevisiae* (Clontech, Stratagene) umożliwia transport białek do pożywki (sekrecja) i ich glikozylację, jednak niskie wydajności rekombinowanych białek oraz wysoce heterologiczna, odmienna niż u wyższych organizmów glikozylacja, znacznie ograniczają zastosowanie tych mikroorganizmów do praktycznego wytwarzania polipeptydów o znaczeniu terapeutycznym. Niektóre wady systemu drożdżowego *S. cerevisiae* wyeliminowano stosując metylotrofowe drożdże *Pichia pastoris* (Invitrogen). System ten jest znacznie bardziej wydajny (do 130 g suchej masy drożdżowej w litrze hodowli), łatwiejszy do prowadzenia w dużej skali, oraz pozwala uzyskać bardziej korzystną glikozylację rekombinowanych białek. Do niedawna najczęściej wykorzystywanym do wytwarzania białek o zastosowaniach terapeutycznych (leki, szczepionki, przeciwciała monoklonalne) był system ekspresyjny oparty na hodowlach komórek ssaków (np. hodowle komórek chomika CHO, BHK, czy komórek małpich). System ten umożliwia uzyskiwanie rozpuszczalnych, prawidłowo glikozylowanych oraz w pełni aktywnych białek. Jego wadą jest powolny wzrost kultur, duża pracochłonność, wysoka cena pożywek oraz trudności w powiększaniu skali produkcji. Mimo tych wad warto pamiętać, że erytropoetyna, lek o rocznej wartości sprzedaży 2 mld USD, jest wytwarzana właśnie w ten sposób. Wiele korzyści w odniesieniu do hodowli komórek ssaków przyniosło zastosowanie hodowli komórek owadzych. Najszerzej stosowany jest tu wprowadzony przez firmę Invitrogen system *bakulowirusa* (wirus owadzi; komórki ćmy kalifornijskiej oraz jedwabnika). System ten umożliwia wydajną ekspresję nawet bardzo dużych białek, które podlegają sekrecji oraz prawidłowej glikozylacji. Inny niedawno wprowadzony system owadzi (Invitrogen) wykorzystuje hodowlę komórek muszki owocowej (*Drosophila Expression System*).

Jednak prawdziwą rewolucję w otrzymywaniu białek heterologicznych metodą *rec DNA* przyniosło zastosowanie wyższych organizmów transgenicznych, zwierząt i roślin, określanych często jako „żywe bioreaktory”. W przypadku transgenicznych zwierząt najczęściej wykorzystywanym systemem jest ekspresja heterologicznych białek w gruczołach mlecznych ssaków, takich jak myszy, króliki, a zwłaszcza owce, kozy czy krowy (Genzyme Transgenics Corp., Nexia Biotechnologies, Pharming Group NN, PPL Technologies). System pozwala na uzyskanie wysokiej wydajności rekombinowanych białek (1-40 g/l mleka) względnie łatwych do wyizolowania metodami chromatograficznymi i do oczyszczenia do poziomu >99,9% (wydajność oczyszczania ponad 50%). Proces jest łatwiejszy do skalowania (ocenia się, że jedna transgeniczna krowa może „wyprodukować” rocznie do 100 kg rekombinowanego białka) i bardziej ekonomiczny niż tradycyjna ekspresja w hodowlach komórkowych. Ocenia się, że koszt uzyskania surowego produktu białkowego jest dziesięciokrotnie niższy od innych dotychczas wykorzystywanych systemów ekspresyjnych. Rozwijając praktycznie tę metodologię opracowano wytwarzanie w mleku transgenicznych zwierząt odpowiedników niemal wszystkich wprowadzonych wcześniej leków i szczepionek białkowych, przeciwciał monoklonalnych, a także wielu nowych produktów, trudnych do wytworzenia w hodowlach komórkowych. Ostatnio do-

niesiono również, że transgeniczne kozy wytwarzające w mleku antytrombinę III (czynnik przeciwzakrzepowy będący w III fazie badań klinicznych) zostały „zainżynierowane” w firmie Genzyme Transgenics Corp. drogą klonowania (*Genetic Eng. News*, 19(10), 1999, 6). W.H. Velandar (Virginia Polytechnic Inst.) wyhodował transgeniczne świnie zdolne do wytwarzania w mleku ludzkiego białka Factor IX, którego brak jest jedną z przyczyn hemofilii. Gen ludzkiego białka połączono z mysią sekwencją promotorową, która powoduje jego selektywną transkrypcję w tkance gruczołów mlecznych świń. Kilkaset kopii hybrydowego genu wstrzyknięto (mikroiniekcja) do jednokomórkowych embrionów świń, które następnie wszczepiono zastępczej matce. Wyhodowane z takiego miotu świnie płci żeńskiej wydzielają mleko zawierające ludzkie białko Factor IX. Białko wyizolowane z mleka transgenicznych świń jest ok. 30% bardziej aktywnym czynnikiem zakrzepowym niż białko izolowane z krwi ludzkiej. Interesującym i nowym kierunkiem rozwoju technologii transgenicznych zwierząt jest opisane niedawno wytwarzanie białek o znaczeniu terapeutycznym w jajach otrzymanych od transgenicznych kur (*Genetic Eng. News*, 18(13), 1998, 17).

Oprócz transgenicznych zwierząt, jako „bioreaktory” do wytwarzania białek próbuje się wykorzystać transgeniczne rośliny (firma Monsanto i inne). Mimo problemów związanych z inną niż u zwierząt glikozylacją białek podkreśla się, jako zaletę systemu ekspresji w roślinach, możliwość łatwego skalowania produkcji oraz brak niebezpieczeństwa zakażeń typowymi patogenami zwierzęcymi (wirusy, priony). Oprócz tradycyjnych leków białkowych, w roślinach można wytwarzać szczepionki (np. szczepionka przeciwrakowa uzyskana w tytoniu zakażonym rekombinowanym wirusem mozaiki tytoniowej), a także przeciwciała monoklonalne (*plantibodies*). Warto przypomnieć, że zastosowanie przeciwciał w układach *in vitro* zrodziło nową generację testów diagnostycznych do wykrywania niemalże wszystkich rodzajów schorzeń, zaś w układach *in vivo* widoczne są perspektywy zwiększenia w krótkim okresie funkcji obronnych organizmu drogą podwyższenia tzw. pasywnej obrony, bądź też sterowanego dostarczania leku do zagrożonych organów drogą podawania koniugatu lek – przeciwciała wyhodowanego przeciwko zdefiniowanemu antygenowi (np. receptor białkowy specyficzny dla komórki nowotworowej). Ocenia się, że ponad 50% testów stosowanych w diagnostyce medycznej ma w swoim składzie przeciwciała monoklonalne. Wytwarzanie przeciwciał monoklonalnych stanowi zatem, obok rekombinowanych białek, jedno z najbardziej ekonomicznie efektywnych przedsięwzięć w obszarze nowych biotechnologii. Inną grupą wspomnianych produktów współczesnej biotechnologii wykorzystywanych w medycynie prewencyjnej są szczepionki. Tradycyjne szczepionki zawierające żywe zarazki w formie atenuowanej, zabite zarazki, względnie wyizolowane z nich składniki antygenowe, są zastępowane nowymi preparatami. Nowe produkty tej grupy obejmują: rekombinowane szczepionki antygenowe, hybrydowe szczepionki wirusowe i bakteryjne, szczepionki antyidiotypowe, hybrydowe szczepionki białkowe oraz antygenowe syntetyczne peptydy. Szczepionki tego typu eliminują biozagrożenia wynikające z pracy ze zjadliwymi patogenami oraz z możliwości uzjadliwienia się patogenów atenuowanych. W produkcji szczepionek metodą *rec DNA* początkowo wykorzystywano system ekspresyjny *E. coli*, co wywoływało komplikacje związane z brakiem glikozylacji. Zastosowanie jako nośnika rekombinowanego wirusa krowianki pozwoliło na wytworzenie żywych, poliwalentnych szczepionek dla ludzi

i zwierząt, skierowanych równocześnie przeciwko kilku różnym patogenom. Aktualnie w szerokim stopniu stosuje się nowe, ekonomiczne biotechnologie związane z wykorzystaniem transgenicznych roślin i zwierząt. W fazie badań klinicznych znajdują się liczne szczepionki przeciw zakażeniom bakteryjnym, przeciwnowotworowe oraz przeciwwirusowe (w tym szczepionki przeciw AIDS). Nowością są szczepionki podawane pozainiekcyjnie, w tym szczepionki otrzymywane w transgenicznych, jadalnych roślinach. Problem doustnego podawania niektórych leków dotyczy także szeroko stosowanych hormonów peptydowych (insulina, enkefalina, ACTH, kalcytonina). Próbuje się go rozwiązać m.in. poprzez wytwarzanie proteolitycznie trwałych koniugatów z amfifilowymi polimerami.

Nowym i aktualnym kierunkiem badawczym w dziedzinie szczepionek jest immunizacja poprzez podawanie tzw. „nagiego DNA” (ang. *naked DNA*), czyli odpowiednio skonstruowanych elementów genetycznych, które mogą w organizmie gospodarza ulegać ekspresji z wytworzeniem immunogennych produktów białkowych. Szereg takich *szczepionek DNA* przeciwko chorobom wirusowym (AIDS, żółtaczka, opryszczki) znajduje się w stadium badań klinicznych. Stosując szczepionki DNA uzyskano pozytywne efekty w zapobieganiu malarii (*Nature Biotechnol.*, 16, 1998, 1304; pierwsza szczepionka przeciw tej chorobie). W badaniach probiotechnologicznych dla potrzeb ochrony zdrowia, rozwojowi metodologii otrzymywania terapeutyków i szczepionek towarzyszył w ostatnich latach rozwój metod diagnostycznych. Szeroko wykorzystuje się w nich przeciwciała monoklonalne (testy *ELISA*). Do arsenału klasycznych metod hybrydizacyjnych w diagnostyce mutacji genetycznych włączono zastosowanie tzw. peptydowych kwasów nukleinowych (PNA), cząsteczek naśladowujących jednoniciowe DNA, jednak obdarzonych znacznie wyższym powinowactwem do komplementarnych łańcuchów DNA i dzięki temu zwiększających czułość metody.

Do badań mutacji genetycznych szeroko wykorzystuje się technikę powielania DNA (*PCR, Polymerase Chain Reaction*) łącznie z metodologią polimorfizmu fragmentów restrykcyjnych, jednak przełom technologiczny nastąpił w momencie wytworzenia i zastosowania w diagnostyce medycznej tzw. *bioczipów DNA* (ang. *DNA biochips*). W tym samym nurcie badawczym biotechnologii w ochronie zdrowia społeczeństw jest terapia genowa, której celem jest korekta zmian genetycznych powodujących liczne choroby gnębiące ludzkość, takie jak choroby nowotworowe, wirusowe oraz schorzenia dziedziczne. Szereg chorób dziedzicznych jest spowodowanych poprzez defekt pojedynczego genu, który powoduje zaburzenia swoistego szlaku metabolicznego. W tym przypadku terapia polega na wprowadzeniu funkcjonalnej kopii genu do komórki, w której wykryto defekt genetyczny. Największe jednak nadzieje pokładane w rozwoju terapii genowej są związane z poznawaniem patomechanizmów oraz leczeniem chorób nowotworowych.

Ponieważ nie wszystkie ze szczytnych zamierzeń, także i tych opartych na pierwszych pozytywnych doświadczeniach laboratoryjnych, znajdują swoje przełożenie w sferze praktycznej, warto tendencje rozwojowe w obszarach współczesnej biotechnologii zobrazować stanem dynamiki rozwoju przemysłu biotechnologicznego w najbardziej ekonomicznie rozwiniętych krajach naszego globu. W zakresie wytwarzania biofarmaceutyków wg opracowania firmy konsultingowej Ernst & Young *Bridging the GAP*, w Stanach Zjednoczonych AP w roku 1998 Agencja Kontroli Leków i Żywności (FDA) zaaprobowała więcej produktów biofarmaceutycznych, niż łącznie we wszystkich poprzednich latach. Według

tego samego źródła w roku 1999 przemysł amerykański uzyska przyzwolenie na badania kliniczne ok. 1200 produktów biofarmaceutycznych, z których ponad 300 jest w tzw. III fazie badań klinicznych (*GEN*, 19 (13), lipiec 1999). W tabeli 2 przedstawiono biofarmaceutyki w fazie wdrożenia wg rodzaju choroby.

Tabela 2

Biofarmaceutyki w fazie wdrożenia wg rodzaju choroby

Rodzaj choroby	Liczba leków w trakcie wdrażania
nowotwory	151
choroby zakaźne	36
AIDS i pokrewne	29
choroby serca	29
choroby układu oddechowego	20
choroby autoimmunologiczne	19
transplantacje	14
choroby skórne	14
cukrzyca	13
choroby genetyczne	10
choroby układu pokarmowego	9
choroby krwi	8
bezplodność	4
zakłócenia wzrostu	4
choroby oczu	3
inne	22
Razem	385

Źródło: PhRMA, Biotechnology Medicines in Development Survey (1998).

Natomiast w tabeli 3 zaprezentowano biofarmaceutyki w fazie wdrożenia wg typu leku.

Nawet pobieżna analiza danych zawartych w tabelach 2 i 3 wskazuje wyraźnie tendencje wzrostowe liczby nowych potencjalnych szczepionek, leków oraz komponentów zestawów diagnostycznych, przy czym głównym celem są choroby nowotworowe, choroby zakaźne oraz choroby układu krążenia, ogólnie określane jako choroby cywilizacyjne.

Przechodząc do drugiego obszaru koncentracji badań w biotechnologii, jakim jest zabezpieczenie zasobów żywności, należy zilustrować wysiłki w zakresie uzyskiwania transgenicznych roślin, wymienionych w tabeli 4, w której zwraca się uwagę na pożądane cechy użytkowe tych roślin.

Tabela 3

Biofarmaceutyki w fazie wdrożenia

Typ leku	1998 (pozycja)	1997 (pozycja)
szczipionki	77(1)	62(2)
przeciwciała monoklonalne	74(2)	78(1)
stosowane w terapii genowej	38(3)	38(3)
czynnik wzrostu	21(4)	10(5)
interferony	12(5)	10(5)
interleukiny	9(6)	6(6)
antysensowe oligonukleotydy	9(6)	6(6)
rozpuszczalne receptory (rekombinowane)	6(7)	6(6)
ludzkie białka (rekombinowane)	5(8)	brak danych
ludzkie hormony wzrostu	6(8)	5(7)
tkankowe aktywatory plazminogenu	3(9)	4(8)
czynnik krzepliwości krwi	3(9)	3(9)
czynniki koloniotwórcze	3(9)	3(9)
białka fuzyjne	3(9)	brak danych
analogi nukleotydów	3(9)	brak danych
erytropoetyny	3(9)	2(10)
dysmutazy	brak danych	1(11)
inne	111	56
Razem	385	285

Źródło: PhRMA, Biotechnology Medicines in Development Survey (1998).

Tak jak i w wielu innych obszarach nauki i techniki, najbardziej zaawansowaną agrobiotechnologią mogą się poszczycić Stany Zjednoczone AP. W USA wykorzystanie genetycznie modyfikowanych roślin uprawnych dla celów komercyjnych zostało zapoczątkowane w roku 1993. Ministerstwo Rolnictwa (USDA) oraz Agencja Ochrony Środowiska (EPA) opracowały zasady zezwolenia na uprawę, a Administracja Leków i Żywności (FDA) – na spożywanie produktów uzyskiwanych z transgenicznych roślin. Aktualnie ponad 40% kukurydzy, 50% bawełny i 45% fasoli sojowej w roku 1999 było pozyskiwane z odmian transgenicznych, ograniczając zużycie chemicznych środków ochrony roślin (*Science*, 1999, 285, 335, 367 i n.). Na 29 milionach hektarów upraw fasoli sojowej blisko połowa została obsiana odmianą modyfikowaną genetycznie zawierającą gen odporności na herbicydy. Zapobiega to rozwojowi chwastów, erozji gleby, ogranicza stosowanie herbicydów, jak i konsumpcji zasobów mineralnych gleby przez bezużyteczne chwasty.

Areał upraw roślin oszacowany jest na 28 mln hektarów z przewidywaniem, że w ciągu 5 lat będzie powiększony 3-krotnie. Zyski ze sprzedaży nasion GM-soi aktualnie szacuje się na 1,5 mld USD, zaś wartość sprzedaży plonów uzyskiwanych z transgenicznych roślin przewiduje się na poziomie 3 mld USD w 2000 r., a w roku 2010 – 20 mld USD. Jakkolwiek dotychczas przytoczone przykłady pochodziły z USA, należy podkreślić,

Tabela 4

Rośliny uprawne nowej generacji

Właściwości	Roślina uprawna
odporność na choroby	pszenica, kukurydza, ziemniaki
odporność na herbicydy	pszenica, ryż, burak cukrowy, rzepak, bawełna
zawartość białka lub skrobi	zboża, ziemniaki, fasola sojowa, ryż, kukurydza
zawartość aminokwasów	kukurydza, fasola sojowa
zawartość oleju lub kwasów tłuszczowych	rzepak, słonecznik, orzeszki ziemne, fasola sojowa, kukurydza
odporność na suszę	zboża, ryż, trzcina cukrowa
odporność na chłód lub przymrozki	zboża, ryż, trzcina cukrowa
odporność na słońce podłoże	zboża, ryż, trzcina cukrowa
lepsza morfologia oraz wzrost rośliny	zboża, ryż, kukurydza
lepsze włókno	bawełna
modyfikowana miazga drzewna	drzewa

że 24% upraw roślin transgenicznych lokuje się poza obszarem Stanów Zjednoczonych AP, przy czym (wg *Science*, 1999, 285, 388) 15% areалу lokalizuje się w Argentynie, 10% w Kanadzie, i 1% w Australii. Badania nad genetyczną modyfikacją fasoli sojowej, kukurydzy, bawełny i rzepaku były podjęte najwcześniej, a celem modyfikacji jest nadanie cechy odporności na herbicydy (71%), odporności na szkodniki owadzie (28%) i inne (1%).

Poza spekulacjami ekonomicznymi, w najbliższych 15 latach przewiduje się badania nad dalszymi ulepszeniami gatunków roślin, mającymi na celu zmniejszenie ilości niekorzystnych oligosacharydów (stachioza, rafinoza i galaktoza), redukcję ilości nienasyconych kwasów tłuszczowych i podwyższenie zawartości kwasu oleinowego (mononienasycony kwas tłuszczowy) z 25 do 85% (*Science*, 1999, 285, 367).

Fakt najwyższej koncentracji wysiłków w kierunku uzyskania GM roślin w USA nie oznacza, że reszta świata jedynie sekunduje pionierskim wysiłkom Stanów Zjednoczonych. Ryż, ziemniaki, kasawa, olej palmowy, banany – podstawowe produkty spożywcze w krajach LDC (*Less Developed Countries*) są obiektem programów badawczych w Chinach, Ameryce Południowej, Azji, Australii i Afryce, w celu pozyskiwania odmian transgenicznych roślin o wzbogaconych walorach użytkowych i zwielokrotnionym plonowaniu, zdolności „produkcji” jadalnych szczepionek przeciwko występującym w tych krajach infekcjom bakteryjnym, oraz zawierających witaminy (np. A i E) i związki przeciwnowotworowe (np. izoflawonoidy) (*Science*, 1999, 285, 367).

Prace badawczo-wdrożeniowe nad uzyskaniem GM roślin zabezpieczających nie tylko dostęp do pożądaných produktów o walorach spożywczych, ale także o ulepszonych walorach zdrowotnych, są w pełni uzasadnione i poparte dotychczasowymi osiągnięciami. W firmie Agracetus (filia Monsanto) skonstruowano transgeniczną kukurydzą zdolną do wytwarzania w swoich nasionach przeciwciała monoklonalnego mającego zastosowanie w terapii przeciwnowotworowej. Niedojrzałe embryony kukurydzy były bombardowane cząstkami złota, do których przyczepiono plazmidy DNA zawierające obce geny zainżynierowane w sposób umożliwiający ich ekspresję w nasionach. Otrzymane transgeniczne

rośliny były następnie selekcjonowane w celu wybrania roślin z najwyższym poziomem ekspresji przeciwciała w nasionach. Następnie można je rozmnażać przez samozapylenie. Otrzymane tą drogą przeciwciała są tańsze niż otrzymane z innych źródeł (z hektara kukurydzy można otrzymać 5 kg czystego białka). Oczyszczanie jest łatwiejsze niż dla białka otrzymanego w hodowlach komórkowych, przy czym oddalone jest niebezpieczeństwo zakażenia wirusami zwierzęcymi. Przytoczony przykład ilustruje potencjał transgenicznych roślin jako bioreaktorów zdolnych do wytwarzania substancji o walorach terapeutycznych i stanowi zapowiedź wykorzystania upraw kontrowersyjnego tytoniu do pozyskiwania produktów białkowych o walorach racjonalnie użytecznych.

Wysiłki Polski w kierunku uzyskania członkostwa w Unii Europejskiej skłaniają mnie do przytoczenia w tym miejscu kilku przykładów osiągnięć europejskich w obszarze pozyskiwania roślin transgenicznych. Większość firm agrobiotechnologicznych wdraża transgeniczne wersje pszenicy i ryżu, dwóch głównych produktów roślinnych. W 1998 r. DuPont utworzył spółkę DuPont Wheat Enterprise z francuską firmą nasienniczą Hybrinova w celu komercjalizacji nowych odmian pszenicy, oraz zawarł umowę o współpracy z brytyjskimi laboratoriami badawczymi w związku z wdrożeniem lepszej jakościowo pszenicy odpornej na choroby. Jakkolwiek przykładów można przytoczyć więcej, ze względu na problem społecznej akceptacji produktów pochodzących z GM roślin w krajach członkowskich UE, ograniczę się do przytoczenia spektakularnego otrzymania tzw. ryżu Potrykusa. W krajach, w których ryż stanowi główne źródło pożywienia, 400 mln ludzi cierpi na chroniczny brak witaminy A, a 370 mln (głównie kobiet) – na komplikacje z powodu nieprzyswajalności żelaza. Odmianę GM-ryżu zawierającego 7 nieswoistych genów: 4 kodujące biosyntezę β -karotenu i 3 wywołujące biosyntezę białek kumulujących żelazo w formie łatwo przyswajalnej przez organizm ludzki, otrzymano w laboratoriach ETH w Zurychu w zespole kierowanym przez B. Potrykusa. Obok swych wartości odżywczych „POTRYKUS-RICE” wzbogaca dietę w witaminę A oraz żelazo, chroni przed infekcjami, utratą wzroku i anemią (*Science*, 1999, 285, 443).

Należy podkreślić, że w świetle przytoczonych prognoz demograficznych nie ustają prace nad wzrostem potencjału naszego globu w kierunku ilościowego wzrostu produktów roślinnych. Obok wirusowych i bakteryjnych infekcji, suszy, insektów, istotne zagrożenie dla wzrostu i produktywności roślin stanowią jony metali (np. aluminium), hamujące proces ukorzeniania. Szacuje się, że 12% areалу upraw (południowo-wschodni areal USA, Ameryka Południowa, Afryka Północna, Indie, Chiny), ze względu na zawartość w glebie jonów metali, ma zaniżoną wydajność plonowania. Wysiłki pracowników z wielu laboratoriów w tych krajach zmierzają w kierunku wykorzystania GM-roślin uprawnych, niewrażliwych na zawartość metali w glebie (*Science*, 1999, 285, 369).

Podobnie, jak to zilustrowano w tabeli 4, zabezpieczenia zwiększenia dostępności środków spożywczych pochodzenia roślinnego upatruje się w pozyskaniu GM roślin zdolnych do plonowania w warunkach „ekstremalnych”, takich jak susza, powódzie, chłód i przymrozki, czy też nadmierne zasolenie gleby. Uzyskanie takich plonujących odmian roślin może zagwarantować samowystarczalność w zakresie zasobów żywności dla społeczeństw szeregu państw afrykańskich i azjatyckich.

Przechodząc do omówienia trzeciego obszaru koncentracji wysiłków w biotechnologii, który zatytułowałem jako „Biotechnologia dla pozyskiwania surowców ze źródeł od-

nawialnych”, pozwolę sobie ponownie przytoczyć przykład Stanów Zjednoczonych. Według opracowania Departamentu Energii USA „*Plant/Crop-Based Renewable Resources 2020: A Vision to Enhance U.S. Economic Security Through Renewable Plant/Crop-Based Resource Use*”, obszary badawcze o najwyższej koncentracji stanowią:

- uzyskiwanie transgenicznych roślin o zmienionych szlakach metabolicznych pozwalających na produkcję cząsteczek „węglowych” zawierających reaktywne grupy dla ich dalszej funkcjonalizacji,
- uzyskiwanie biokatalizatorów dla przetwarzania biomasy w celu uzyskiwania surowców dla przemysłu chemicznego.

W jaki sposób można zrealizować cel pozyskania roślin produkujących substraty dla przemysłu chemicznego, tradycyjnie pochodzące z nieodnawialnych źródeł naturalnych?

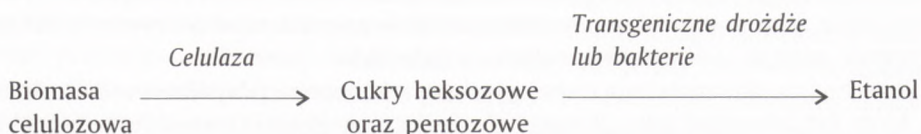
Nadzieje na zrealizowanie takiego zamierzenia stwarza biosynteza kombinatoryczna. Stanowi ona zespół technik, w których genomowy DNA jest manipulowany i przenoszony od organizmu gospodarza do wybranego mikroorganizmu (np. bakterii) w taki sposób, aby każda z bakterii przejęła inny zestaw informacji genetycznej (inny fragment genomu). W tak zmienionych mikroorganizmach następuje ekspresja różnych genów gospodarza w taki sposób, że tworzy się swoista biblioteka produktów naturalnych, zawierająca m.in. połączenia biologicznie czynne, które mogą potencjalnie być użyte do wytwarzania nowych związków chemicznych. Pierwsze udane próby dotyczą pozyskiwania nowych środków terapeutycznych takich jak antybiotyki.

Inne przykłady są bliższe już tradycyjnym biotechnologiom i dotyczą pozyskiwania nowych biokatalizatorów pozwalających na biotransformacje szeroko dostępnych ze źródeł bioodnawialnych produktów takich jak np. sacharoza. Produkcja propanodiolu-1,3 dla potrzeb przemysłu chemicznego (m.in. polimerów) jest jednym z przykładów wdrażania tzw. zielonych technologii, korzystnych zarówno w aspekcie ekologicznym, jak i energetycznym. Ochrona zasobów energetycznych i pozyskiwanie energii z alternatywnych źródeł, jako czwarty z wymienionych we wstępie do tego referatu obszarów koncentracji w zakresie nowoczesnych i przyszłościowych biotechnologii, określonych jako „Odnawialne źródła surowców energetycznych”, jest w najbardziej przekonujący i udokumentowany sposób zilustrowany uzyskiwaniem „bioetanolu”.

Tradycyjny sposób pozyskiwania etanolu zobrazowano na schemacie:



Przyszłościowe rozwiązania, jakkolwiek od lat wdrażane z małym skutkiem opisano na schemacie:



W ostatnich doniesieniach wskazuje się, że stałe wysiłki w kierunku pozyskiwania nowych biokatalizatorów, mogą być uwieńczone powodzeniem. Firma BC International (Dedham, Mass.) planuje uruchomienie na dużą skalę komercyjnej produkcji etanolu z biomasy. Surowcem są odpady po produkcji cukru z trzciny cukrowej. Planowana produkcja – 20 mln galonów etanolu rocznie. Zasadniczy etap produkcji został zastrzeżony w patencie (autor L. Ingram) udzielonym na modyfikowany genetycznie szczep *E. coli*, zdolny do transformacji 5- i 6-węglowych cukrów w etanol. Tradycyjna fermentacja alkoholowa z udziałem drożdży nie jest dostatecznie wydajna w przypadku hydrolizatów celulozowych, zawierających ok. 30% cukrów 5-węglowych. Okazało się, że tylko bakterie zastrzeżone w wymienionym patencie są zdolne do wydajnej fermentacji wszystkich 6- oraz 5-węglowych cukrów występujących w hydrolizacie otrzymanym z biomasy celulozowej.

Firma BCI zamierza otworzyć filię w Kalifornii (Sacramento Valley) w celu wykorzystania do produkcji etanolu odpadowej słomy ryżowej. Na projekty te uzyskano rządowe granty (*partnership grants*) z Department of Energy na łączną sumę 23 mln USD.

Ograniczony czas mego wystąpienia nie pozwala na dalsze mnożenie przykładów ilustrujących zarówno wysiłki, jak i osiągnięcia nowoczesnych biotechnologii, choć sądzę, że przytoczone dotychczas przykłady w dostateczny sposób ilustrują kierunki rozwojowe zarówno prac poznawczych, jak i technologicznych. Kończąc część swego wystąpienia chciałbym poświęcić polityczno-geograficznemu aspektowi rozwoju nowych biotechnologii. Pragnę zwrócić uwagę na fakt, że w USA działa ok. 1300 firm biotechnologicznych. W Europie ich liczba wzrosła w 1997 r. o 45% osiągając 1036. Najlepiej rozwinięta jest pod tym względem Wielka Brytania, jednak ostatnio szybki rozwój firm biotechnologicznych obserwuje się w Niemczech, gdzie w 1998 r. było takich firm 175, w porównaniu z 250 w Wielkiej Brytanii i 133 we Francji. Szybki rozwój niemieckiej biotechnologii jest zasługą zdecydowanej i skoordynowanej polityki rządu. Odpowiednie ministerstwo rozpisało konkurs pn. BioRegio na najlepiej rozwijające się pod względem biotechnologicznym regiony i przekazało wyselekcjonowanym zespołom dotację w wysokości 350 mln USD. Amerykańska firma Ribozyme Pharmaceuticals otwiera w Berlinie swoją filię pn. Atugen Biotechnology. O ekspansywności niemieckiej biotechnologii mogą zaświadczyć zarówno takie fakty, jak organizacja w r. 2000 w Berlinie Światowego Kongresu Biotechnologii, jak i liczne anonsy prasowe zachęcające inwestorów do lokowania kapitału w niemieckich firmach biotechnologicznych (np. *International Herald Tribune*, 15.09.1999, 18 i 19).

Poza Europą znamienne są działania innych państw w zakresie promowania nowych biotechnologii. Rząd Australii uznał biotechnologię jako dziedzinę szczególnie ważną, upatrując w jej rozwoju zabezpieczenie interesu narodowego, przeznaczając na rozwój badań „Biotech-Related” 614 mln USD na okres kolejnych 6 lat (GEN, August 1999, 14(19), 29).

Znamienna jest jednak lista największych pod względem sprzedaży firm biotechnologicznych, przedstawiona w tabeli 5.

Przytoczenie danych w tej tabeli służy do zilustrowania tezy, że rozwój biotechnologii ma charakter globalny, gdyż wskazane koncerny mają charakter międzynarodowy, choć ich rodowód jest zarówno amerykański, jak i europejski. Wiadomo jednak, że rozwój biotechnologii w krajach europejskich jest postrzegany ze znacznie większą ostrożnością niż w Stanach Zjednoczonych AP.

Tabela 5

Największe firmy agrobiotechnologiczne

Firma	Sprzedaż w 1998 r. (mln USD)
Novartis	5010
Monsanto	4032
DuPont	3156
Zeneca	2798
Dow Chemical	2352
AgrEvo	2330
Bayer	2200
American Cyanamid	2190
Rhone-Poulenc	2066
BASF	1880

Źródło: C&EN, kwiecień 1999.

Unia Europejska jest szczególnie wyczulona na zagrożenia wynikające z możliwości przeniesienia genetycznych markerów oporności antybiotykowej, stosowanych w przypadku 95% modyfikowanych genetycznie roślin, do mikroorganizmów żyjących w przewodach pokarmowych zwierząt oraz człowieka. Eksperti Unii obawiają się również, że modyfikowane genetycznie rośliny mogą poprzez zapylanie krzyżowe z chwastami wytwarzać „superchwasty” odporne na herbicydy lub owady. W tabeli 6 zilustrowano wybrane obszary konfliktu pomiędzy USA i Unią Europejską w zakresie stosowania hormonów i GM organizmów (bądź ich plonów).

Należy podkreślić, że obawy przed akceptacją produktów spożywczych pochodzących z transgenicznych roślin bądź zwierząt spożywających transgeniczne rośliny lub inne dodatki paszowe pochodzenia transgenicznego znajdują oparcie w niekiedy kontrowersyjnych doniesieniach naukowych, jak np. informacja (*Nature*, 1999, 399, 214), że pyłek kwiatowy transgenicznej kukurydzy, zawierającej gen toksyny Bt, napyłony na liście mleczu, zabija (w testach laboratoryjnych) ok. 50% żerujących na tych liściach gąsienic motyla *Monarch Butterfly*, zaś pyłek kwiatowy zwykłej kukurydzy nie jest dla nich szkodliwy. Podobnie, w literaturze odnotowano informację, że spożywanie transgenicznych ziemniaków obniża barierę immunologiczną spożywającego je zwierzęcia (*The Lancet*, październik 1999 r., włącznie z komentarzami redakcyjnymi). Powszechnie znana jest histeryczna reakcja na informację, że spożywanie mięsa wołowego pozyskiwanego z „szalonych” krów powoduje schorzenie Jacoba-Creutzfelda, a sposób infekcji jest przedmiotem dociekań uczonych i szeregu spekulacji (choroba „szalonych” krów nie może być w żaden sposób łączona z pozyskiwaniem transgenicznych zwierząt). Przytoczone przykłady uzasadniają społeczną nieufność i brak akceptacji europejskiego konsumenta dla żywności pochodzenia transgenicznego. Należy jednak zwrócić uwagę na dwa inne aspekty: 1) *biotechnologia to nie tylko produkty spożywcze*, 2) *percepcja sytego Europejczyka jest diametralnie inna od percepcji głodującego mieszkańca np. Bangladeszu*. Zielona rewolucja lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych niosła oczywiście zagrożenia skażenia środowiska nawozami mi-

Tabela 6

Wybrane obszary konfliktu pomiędzy USA i Unią Europejską w zakresie stosowania hormonów i GM organizmów

Preparat	USA	Unia Europejska
genetycznie modyfikowane rośliny (plony)	zatwierdzane w czasie 6 miesięcy lub krótszym. Uznaje się takie rośliny jako „w zasadzie równoważne” naturalnym roślinom i nie wymagające specjalnego znakowania	czas zatwierdzania często przekracza 3 lata. Aktualnie zawieszono procesy zatwierdzania. Obowiązuje znakowanie wszelkich modyfikowanych genetycznie roślin oraz wytworzonych z nich produktów żywnościowych
hormony bydłecze	stosowane powszechnie w hodowli bydła w celu przyspieszenia wzrostu zwierząt	nie dopuszczone w hodowli bydła. Mięso wytworzone z udziałem takich hormonów nie może być importowane do UE
rekombinowany bydłeczy hormon wzrostu	stosowany w celu zwiększenia produkcji mleka	istnieje moratorium na jego stosowanie do 2000 r.; prawdopodobnie będzie przedłużone

neralnymi i pozostałościami pestycydów, ale uratowała byt milionów istnień ludzkich. Trzeba pamiętać, że każdy postęp ma swoją cenę.

Osobiście prezentuję pogląd, że negatywna reakcja społeczeństw państw europejskich na rozpowszechnianie i konsumpcję produktów pochodzenia transgenicznego wynika z protekcyjnej polityki rządów tych państw broniących się przed ekonomiczną dominacją gospodarki amerykańskiej. Pewną ilustracją tego przypuszczenia jest np. informacja, że francuska firma Rhone-Poulenc Agro (RPA) zapisała na swoim koncie drugie zwycięstwo w procesie przeciwko DeKalb Genetic, firmie nasienniczej będącej własnością Monsanto. Sąd orzekł, że DeKalb naruszył patent RPA i sprzeniewierzył tajemnice handlowe dotyczące kukurydzy Roundup Ready, która jest niewrażliwa na herbicyd Roundup, produkt firmy Monsanto. Firma DeKalb była pierwszym producentem oferującym nasiona kukurydzy Roundup Ready na sezon 1998 (*Chemical and Engineering News*, June 14, 1999, 8). Czyżby zatem aktywność badawcza i patentowa europejskiej korporacji RPA miała cel wyłącznie intelektualny, bez intencji wdrażania swych opatentowanych technologii do europejskiej praktyki agrotechnicznej? Nie kwestionując zatem słuszności, a nawet obowiązku ostrożnego wdrażania nowych biotechnologii w Europie i na świecie sądzę, że wyzwaniem dla biotechnologów stanowią nie tylko fascynujące rozwiązania technologiczne, ale przede wszystkim uzyskanie społecznej akceptacji na wykorzystanie produktów nowych biotechnologii.

Mam świadomość, że nie usatysfakcjonowałem wszystkich. Musiałem bowiem wielki wysiłek intelektualny uczonych ubrać w prozę codzienności – dostępność chleba, przyszłowiowej miski soczewicy, leków, środków energetycznych. Moje inżynierskie wykształcenie, (mgr inż. chemii, absolwent Politechniki Łódzkiej, nie pozwalało mi, także ze względu na odpowiedzialność, przybrać postać wróżki z kryształową kulą i omawiać biotechnologię w kategoriach graniczących z *science-fiction*. Nie zawarłem też, celowo, tych elementów sporu, jakimi może być, np. ze względów etycznych klonowanie, aczkolwiek należy brać także pod uwagę możliwość, że postępująca cywilizacja będzie wytyczała

nowe normy etyczne. Nie podjąłem dyskusji nad nowościami, jakimi ostatnio zachłystuje się prasa, dotyczącymi wykrycia genu starzenia, co rokuje nadzieje na wydłużenie okresu życia ludzkiego jak i przesunięcie granicy wieku emerytalnego. Nie zatrzymałem się nad ostatnimi doniesieniami o genetycznej możliwości zwiększenia pojemności intelektualnej istot żywych. Staralem się do swojej prezentacji czerpać fakty i informacje z ostatnich omówień postępów i perspektyw rozwoju biotechnologii, wydrukowanych w poważnych i ogólnie dostępnych czasopiśmie: *Science*, *Nature*, *Chemical and Engineering News* oraz *Genetic Engineering News*. Część prezentowanego materiału pochodzi z przygotowanego przez sekretarza naukowego Komitetu Biotechnologii przy Prezydium PAN, doc dra hab. Andrzeja Okruszka, oraz wygłaszającego ten referat, opracowania „*Nowe biotechnologie w rozwoju medycyny*”, przygotowanego na zaproszenie Komitetu Prognoz „*Polska w XXI wieku*” przy Prezydium PAN. Osoby zainteresowane dostępnością do większej liczby faktów odsyłam do internetowego adresu BIOTECHNOLOGY INDUSTRY ORGANIZATION (<http://www.bio.org>). Dzięki światłej w tym zakresie polityce Komitetu Badań Naukowych dostęp do internetu jest zapewniony w każdym środowisku naukowym.

Na koniec chcę podkreślić, że starałem się w swojej prezentacji uwypuklić rolę rządów w państwach o przodującej biotechnologii w kreowaniu tej konkurencyjnej dla informatyki gałęzi przemysłu, co nie stanowiło elementu naukowego mojego wystąpienia. Tak jak i inni organizatorzy tego Kongresu miałem nadzieję, że jego otwarcie zaszczytą przedstawiciele Komitetu Badań Naukowych bądź innych władz centralnych.

Dzielę się z Państwem tymi uwagami aby podkreślić, że jestem świadom wielu niedociągnięć bądź uchybień mego referatu. Wierzę głęboko, że ważne dla rozwoju biotechnologii sprawy będą szczegółowo dyskutowane i przedstawiane w obradach sekcyjnych.