



Inżynieria genetyczna narzędziem biotechnologii – materiał wprowadzający

W materiale wyjaśniono, czym jest inżynieria genetyczna, jakie są jej główne cele i zastosowania, wyjaśniono, czym jest organizm transgeniczny oraz łańcuchowa reakcja polimerazy. Materiał zawiera:

1. Starter, w którym znajduje się zdjęcie leku – insuliny, odwołanie do wcześniejszej wiedzy ucznia związanej z tematem zasobu oraz cele sformułowane w języku ucznia.
2. Rozdział: Na czym polega inżynieria genetyczna?
3. Rozdział: Enzymy restrykcyjne i rekombinacja DNA, który zawiera rysunek przedstawiający działanie restryktaz, 2 ćwiczenia i sekcję ważne z filmem dotyczącym rekombinacji DNA.
4. Rozdział: Łańcuchowa reakcja polimerazy, który zawiera animację wyjaśniającą mechanizm PCR i ciekawostkę ze zdjęciem czterech probówek typu Eppendorf w dłoni eksperymentatora.
5. Rozdział: Elektroforeza DNA, który zawiera grafikę przedstawiającą przebieg elektroforezy DNA.

6. Rozdział: Sekwencjonowanie DNA, który zawiera sekcję dla zainteresowanych.
7. Rozdział: Praktyczne zastosowanie inżynierii genetycznej, który zawiera sekcję ważne, wykres przedstawiających wzrost produkcji GMO na świecie w ostatnich latach oraz ciekawostkę ze zdjęciem owocu pomidora typu dzikiego i transgenicznego FlavrSavr.
8. Podsumowanie zawierające 2 ćwiczenia.
7. Słownik zawierający wyjaśnienia terminów: dideoksynukleotydy, Herbert Boyer, Stanley Cohen, GMO, elektroforeza, enzymy restrykcyjne, inżynieria genetyczna, ligazy, Kary Mullis, plazmid, wektor.
8. Zestaw 7 ćwiczeń interaktywnych i notatnik.

Inżynieria genetyczna narzędziem biotechnologii – materiał wprowadzający

Biotechnologia to synonim nowoczesności i postępu. Mówi się o niej, że jest nadzieją XXI wieku. Informacje o jej najnowszych osiągnięciach zajmują pierwsze strony gazet. Budzą zarówno nadzieje, jak i obawy; wywołują gorące dyskusje w kręgach naukowców, polityków i prawników, spierających się o kierunki i skutki dalszego rozwoju biotechnologii. W sporach tych nierzadko o opinię proszone są największe autorytety moralne współczesnego świata. Równocześnie osiągnięcia i perspektywy rozwoju firm biotechnologicznych notowanych na światowych giełdach są przedmiotem wnikliwych analiz maklerów, a zmiany kursów akcji codziennie pilnie śledzą ich właściciele.



Humulin to pierwszy dostępny na rynku lek stworzony za pomocą technik inżynierii genetycznej. Zawiera ludzką insulinę wykorzystywaną w leczeniu cukrzycy.

Źródło: National Museum of American History, licencja: CC BY 2.0.

Aby zrozumieć poruszane w tym materiale zagadnienia, przypomnij sobie:

- jakie cząsteczki organiczne są nośnikami informacji genetycznej w komórce;
- czym jest gen;
- czym jest genom.

Twoje cele

- Przedstawisz enzymy wykorzystywane w biotechnologii molekularnej (enzymy restrykcyjne, ligaza, polimeraza DNA) i określisz ich funkcje.
- Przedstawisz istotę technik stosowanych w inżynierii genetycznej (metoda PCR, sekwencjonowanie DNA i elektroforeza DNA).
- Wyjaśnisz, czym jest organizm transgeniczny i GMO.

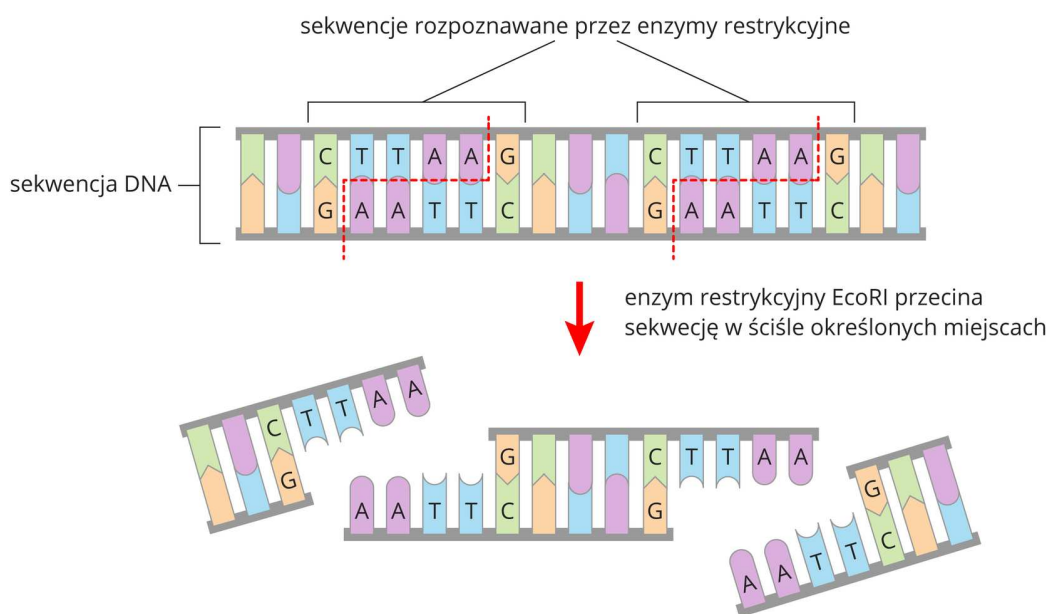
- Przedstawisz sposoby otrzymywania organizmów transgenicznych.

1. Na czym polega inżynieria genetyczna?

Połowa lat 70. dwudziestego wieku to rewolucyjne zmiany w biotechnologii. Wprowadzono do badań **techniki inżynierii genetycznej**, polegające na modyfikacji organizmów i komórek poprzez wprowadzenie określonego fragmentu kwasu nukleinowego (DNA) pobranego z organizmu zwanego dawcą do komórek innego organizmu, czyli biorcy.

2. Enzymy restrykcyjne i rekombinacja DNA

Odkrycie molekularnych nożyc, czyli **enzymów restrykcyjnych** (restryktaz), stało się przełomowym momentem w rozwoju inżynierii genetycznej. Enzymy te są częścią naturalnego systemu obronnego bakterii. W zaatakowanych przez bakteriofagi komórkach niszczą DNA intruza, tnąc go na krótsze fragmenty. Większość enzymów restrykcyjnych rozpoznaje i rozcina odcinki DNA o ściśle określonej kolejności (sekwencji) nukleotydów. Sekwencje te liczą od 4 do 8 nukleotydów, a miejsce przecięcia znajduje się w ich obrębie.



Sposób działania enzymów restrykcyjnych na przykładzie EcoRI

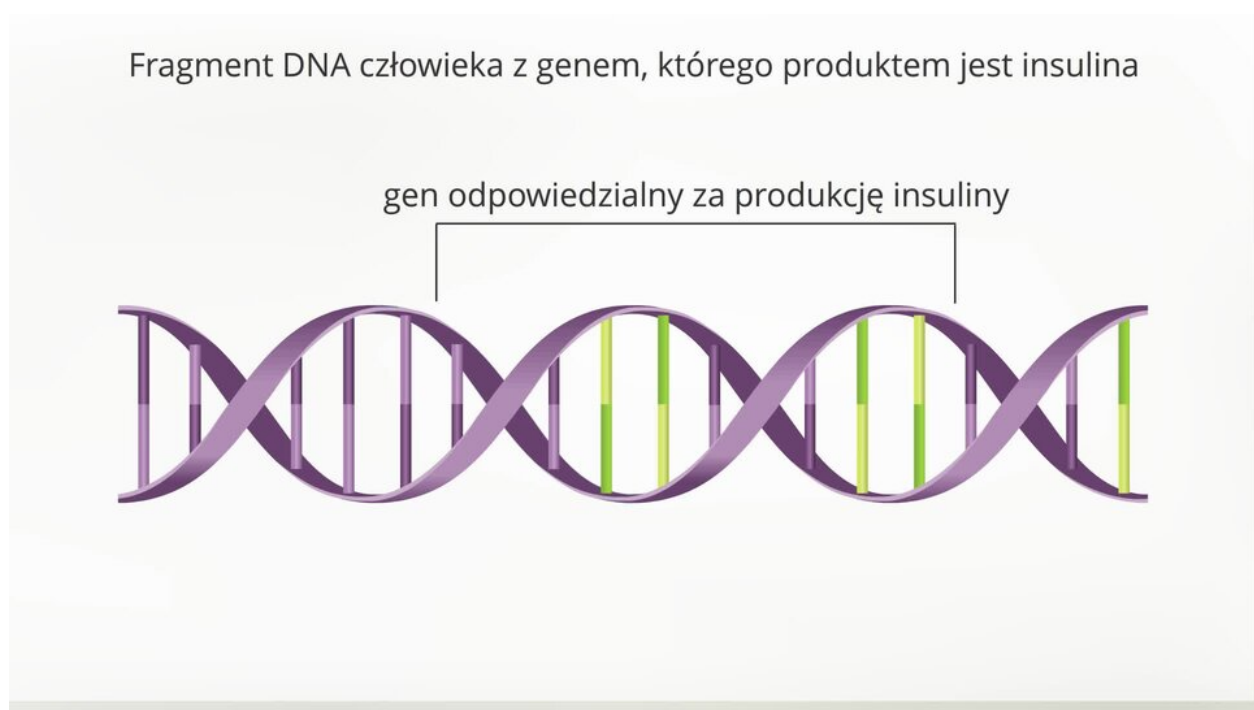
Źródło: Andrzej Bogusz, licencja: CC BY 3.0.

Precyzja i powtarzalność działania enzymów restrykcyjnych sprawiają, że powszechnie stosuje się je do poszukiwania i wyodrębniania genów. Przy ich pomocy można odnaleźć

w genomie człowieka fragment DNA z odpowiednim genem i wyciąć go. Wyróżnia się wiele różnych typów enzymów restrykcyjnych. Odpowiednio je dobierając, można otrzymać wybrany fragment kwasu nukleinowego.

Wycięty fragment jest gotowy do utworzenia połączenia z inną cząsteczką DNA. Cząsteczką tą jest **wektor** – niewielka cząsteczka DNA, zdolna do samodzielnej replikacji i przenosząca inne cząsteczki DNA między komórkami. Najczęściej stosowanymi wektorami są bakteriofagi oraz **plazmidy** – koliste cząsteczki DNA w cytoplazmie bakterii. Wektor zapewnia ochronę wprowadzanego genu, powielanie go, a często również ekspresję jego informacji genetycznej.

Do łączenia ze sobą lepkich końców rekombinowanych cząsteczek DNA stosuje się **ligazy** – enzymy, których nazwa pochodzi od łacińskiego słowa *ligare*, czyli włączać. Działają one jak klej: biorą udział w tworzeniu wiązań między fragmentami kwasu nukleinowego i łączą pocięte uprzednio fragmenty. W ten sposób komórki biorcy mogą zawierać dodatkowy, wstawiony fragment DNA. W konsekwencji zmienia się ich materiał genetyczny i nabywają one nowe, pożądane przez człowieka cechy.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1DHmsVqWO76r>

Rekombinacja DNA

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Film zatytułowany "Rekombinacja DNA".

Ćwiczenie 1

Nazwy enzymów tworzy się poprzez dodanie do nazw substratów, na które działają, przyrostka *-aza*. Utwórz nazwę grupy enzymów, do których należą enzymy restrykcyjne.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2

Opisz rolę restryktaz i ligaz w rekombinacji DNA.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Więcej o enzymach restrykcyjnych znajdziesz w e-materiałach:

- [Analiza restrykcyjna i elektroforeza DNA](#);
- [Enzymy stosowane w biotechnologii molekularnej](#).

Więcej o rekombinacji DNA znajdziesz w e-materiale: [Tworzenie zrekombinowanego DNA](#).

3. Łańcuchowa reakcja polimerazy

Aby móc przenieść wybrane geny do organizmu, trzeba je najpierw zidentyfikować, a potem wyizolować i skopiować. Powielanie genów w warunkach laboratoryjnych odbywa się w trakcie reakcji o nazwie **łańcuchowa reakcja polimerazy** (w skrócie PCR, od ang. *polymerase chain reaction*). Metoda ta została opracowana w 1983 r. przez [Kary'ego Mullisa](#), który 10 lat później za swoje odkrycie otrzymał Nagrodę Nobla. Łańcuchowa reakcja polimerazy polega na otrzymaniu dużej liczby kopii pożądanego odcinka DNA. Odbywa się poprzez wielokrotne podgrzewanie i oziębianie mieszaniny, w której znajdują się następujące substancje:

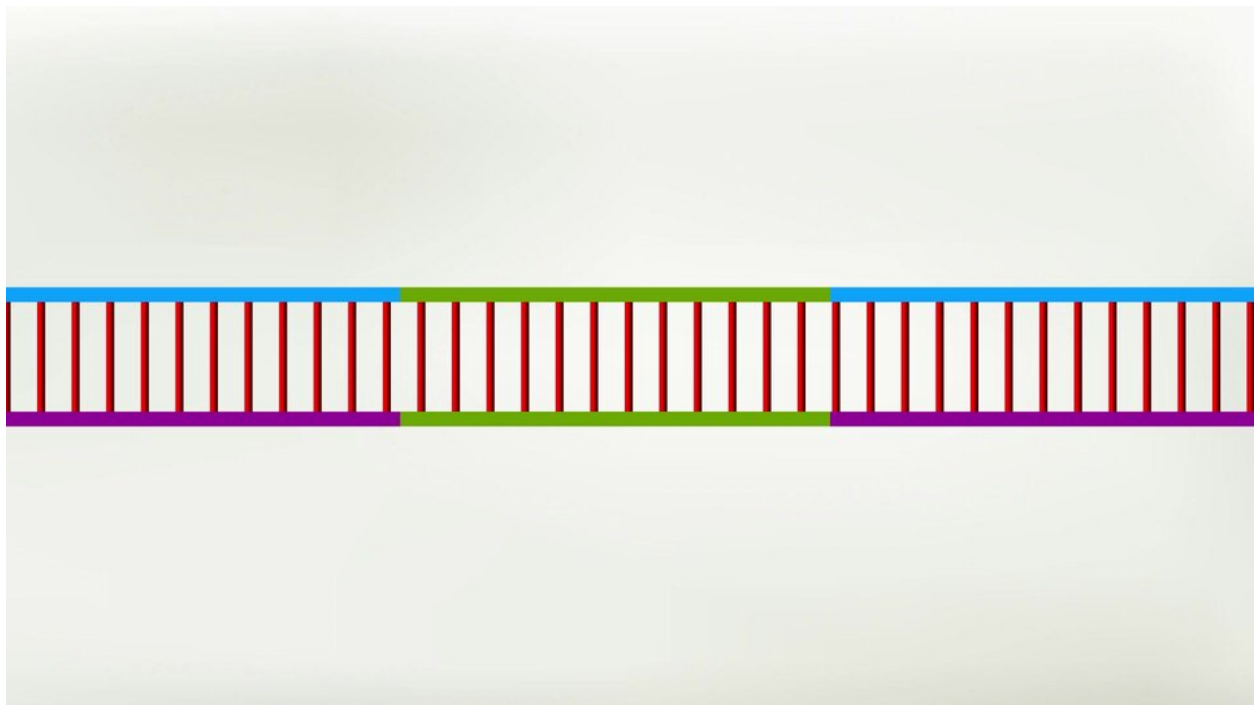
- enzym polimeraza DNA;
- fragment DNA, który służy jako wzorzec do syntezy nowych nici DNA;
- wolne nukleotydy, które zostaną wykorzystane do syntezy kopii DNA;
- krótkie fragmenty sekwencji genetycznych identyczne z początkiem i końcem wzorcowego DNA (startery).

Reakcja PCR składa się z wielokrotnie powtarzanych etapów:

- rozplecenia podwójnej helisy DNA;

- przyłączenia starterów, czyli fragmentów sekwencji genetycznych identycznych z początkiem i końcem wzorcowego DNA; potrzebne są one do rozpoczęcia powielania sekwencji DNA; przyłączają się do wzorcowej nici, żeby polimeraza otrzymała informację, w którym miejscu ma się zacząć i skończyć powielanie;
- syntezy nowego DNA.

W ostatnim etapie główną rolę odgrywa enzym **polimeraza DNA**, który kieruje syntezą nowej nici, komplementarnej do wzorca. Reakcja PCR jest metodą bardzo szybką. W każdym kolejnym cyklu tworzą się nowe cząsteczki, które w następnych cyklach również stają się cząsteczkami wzorcowymi DNA. Z jednej cząsteczki wzorcowego DNA po 20 cyklach otrzymuje się ok. 1 mln kopii, po 30 natomiast ok. 1 mld.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1JpgTSSbPIYG>

Reakcja PCR

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Film zatytułowany "Reakcja PCR".

PCR ma szerokie zastosowanie w medycynie. Za pomocą tej techniki w badanej próbce można wykryć obecność kwasu nukleinowego konkretnych bakterii, wirusów lub pasożytów.

PCR stosuje się do wykrywania i identyfikowania pasożytów w organizmie, np. owsika ludzkiego. Metoda ta polega na detekcji materiału genetycznego pasożyta w próbkach DNA pobranych z kału.

Za pomocą techniki PCR można wykrywać niektóre nowotwory i inne schorzenia na bardzo wczesnym etapie.

Ciekawostka

Probówki, w których przeprowadza się reakcję PCR, ze względu na mikrolitrowe objętości składników używanych do reakcji są dużo mniejsze niż probówki stosowane zwykle w laboratorium. Ponadto są zrobione z cienkiego tworzywa, żeby szybko można było ogrzewać i ochładzać próbkę.



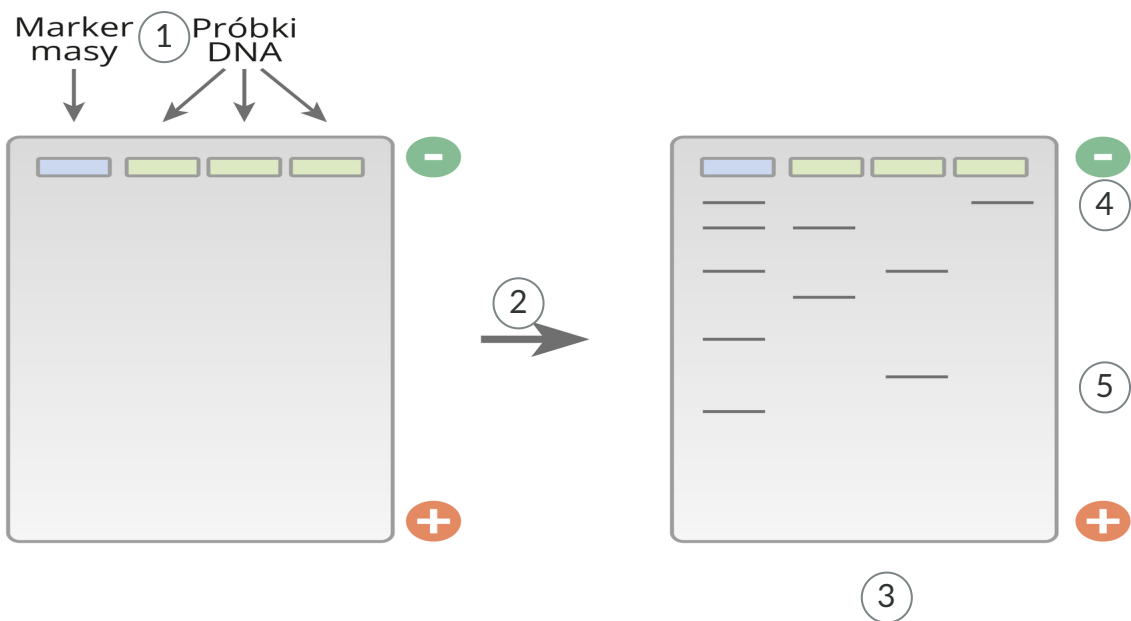
Probówki, w których przeprowadza się reakcję PCR

Źródło: microphylum, dostępny w internecie: flickr.com, domena publiczna.

Więcej o PCR znajdziesz w e-materiale: [Łańcuchowa reakcja polimerazy](#).

4. Elektroforeza DNA

Elektroforeza DNA to technika wykorzystywana do rozdzielania fragmentów DNA w zależności od ich wielkości.



1

Próbki DNA oraz marker masy umieszcza się w specjalnych studzienkach wydrążonych w żelu.

2

Po umieszczeniu próbek stosuje się prąd elektryczny w celu wywołania migracji DNA przez żel. Żel działa jak sito umożliwiające separację cząsteczek DNA. Fragmenty DNA są naładowane ujemnie, dlatego po włączeniu zasilania fragmenty DNA migrują od elektrody ujemnej (katody) w kierunku elektrody dodatniej (anody). Małe fragmenty przemieszczają się szybciej niż duże.

3

Po zakończeniu migracji fragmentów DNA, żel zostaje wybarwiony barwnikiem fluorescencyjnym wiążącym się z DNA. Poszczególne fragmenty DNA można zaobserwować jako prążki. Wielkość fragmentów DNA określa się na podstawie porównania ich szybkości migracji w żelu z szybkością migracji fragmentów DNA o znanej długości (marker masy).

4

Najdłuższe fragmenty DNA

5

Najkrótsze fragmenty DNA

Przebieg elektroforezy DNA

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Więcej o elektroforezie DNA znajdziesz w e-materiale:

[Analiza restrykcyjna i elektroforeza DNA.](#)

5. Sekwencjonowanie DNA

Sekwencjonowanie DNA to technika umożliwiająca określanie kolejności nukleotydów (zawierających nukleotydy z adeniną, tyminą, cytozyną i guaniną) we fragmencie DNA.

Najbardziej popularną metodą sekwencjonowania jest sekwencjonowanie metodą terminacji łańcucha opracowane przez Fredericka Sangera w 1977 r. Polega ona na przyłączeniu [dideoksynukleotydów](#) do nowo syntetyzowanego DNA, co prowadzi do zahamowania wydłużania nici. W wyniku tego powstaje dużo fragmentów DNA o różnej długości, uzależnionej od tego, który nukleotyd został dołączony do nici DNA na jej końcu. Następnie przeprowadzana jest elektroforeza, która ma na celu pokazanie nukleotydów terminalnych, czyli tych, które znajdują się na końcu każdej z nici DNA.

Więcej o sekwencjonowaniu DNA znajdziesz w e-materiale: [Sekwencjonowanie DNA.](#)

Dla zainteresowanych

W połowie lutego 2001 r. Projekt Poznania Ludzkiego Genomu i firma biotechnologiczna Celera Genomics ogłosili na łamach „Nature” i „Science” zsekwencjonowanie ludzkiego genomu. Przedstawiono w nim ok. 90% genomowych sekwencji człowieka. Projekt Poznania Ludzkiego Genomu zakończył się w 2003 r. W październiku 2004 r. opublikowano dokument opisujący „ostateczną” sekwencję genomu z trafnością 99,99%.

Więcej o Projekcie Poznania Ludzkiego Genomu znajdziesz w e-materiale: [Genom człowieka.](#)

6. Praktyczne zastosowanie inżynierii genetycznej

Pierwszym poważnym sukcesem inżynierii genetycznej było przeniesienie w 1973 r. przez [Stanleya Cohena](#) i [Herberta Boyera](#) ludzkiego genu kodującego insulinę do komórek bakterii, w wyniku czego bakterie zaczęły produkować ludzki hormon. Dzięki tym badaniom wykazano, że informacja genetyczna jest zakodowana w ten sam sposób we wszystkich organizmach. Ponadto rozkodowanie i wykorzystanie informacji genetycznej do wytwarzania białek odbywa się podobnie nawet w przypadku tak daleko spokrewnionych ze sobą organizmów, jak człowiek i bakteria.

Inżynieria genetyczna polega na wprowadzaniu zmian do genomów organizmów w celu nadania im **nowych, pożądanых cech**. Geny, które są szkodliwe z punktu widzenia człowieka, mogą być eliminowane, a korzystne geny – dodawane. Na przykład konsumenci chcą kupować chudą wieprzowinę, dlatego DNA świń zmienia się w taki sposób, by zwierzęta te wytwarzały mało tłuszczu. Z kolei zmodyfikowane bakterie mają zastosowanie w medycynie, ponieważ są w stanie syntetyzować **leki**. Wspomnianą wcześniej insulinę dawniej pozyskiwano z trzustek cieląt. Ilość otrzymywanego w ten sposób hormonu była niewielka, a sama metoda bardzo kosztowna. Przeniesienie genu ludzkiej insuliny do genomu bakterii zmusiło je do produkcji tego hormonu, który następnie się odzyskuje, oczyszcza i udostępnia chorym. Produkowana przez bakterie insulina wywołuje znacznie mniej działań niepożądanych niż insulina odzwierzęca.

Inżynieria genetyczna znajduje również zastosowanie w **rolnictwie**. Dzięki niej możliwe jest uzyskiwanie zmodyfikowanych roślin o unikatowych cechach, np. zbóż odpornych na niekorzystne warunki środowiska lub na choroby. W ten sposób powstają organizmy modyfikowane genetycznie, zwane w skrócie **GMO**.

Ważne!

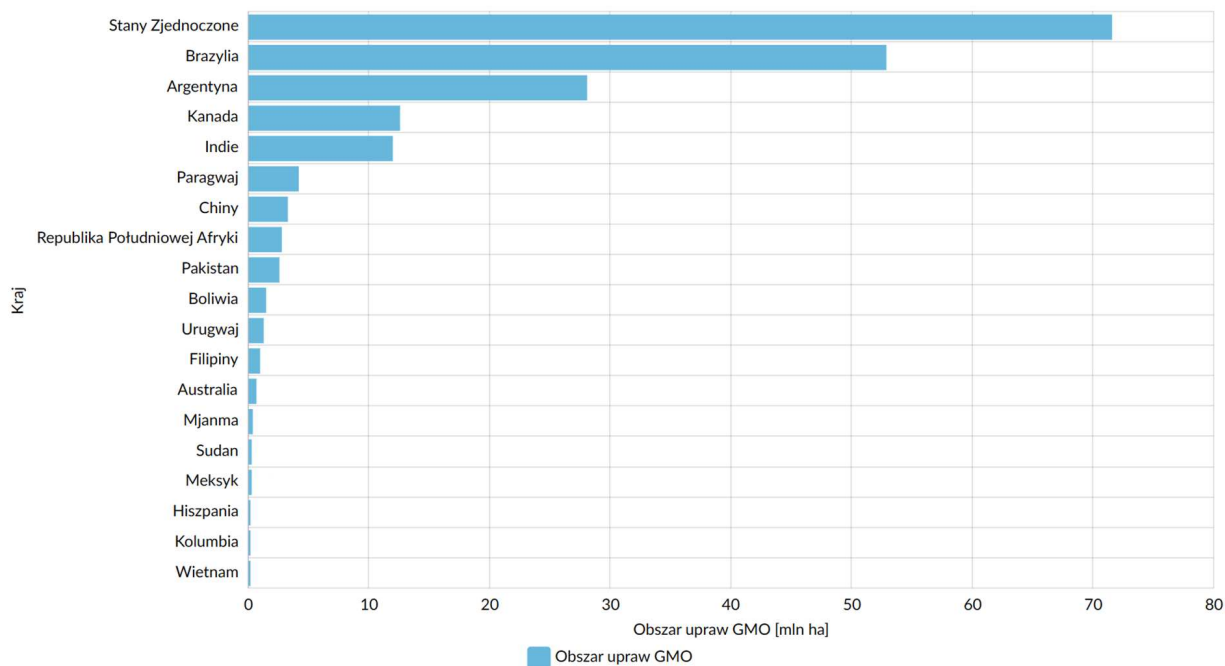
Organizmy modyfikowane genetycznie to mikroorganizmy, rośliny lub zwierzęta, które posiadają genom zmieniony przy użyciu metod inżynierii genetycznej. Organizm modyfikowany genetycznie, który oprócz własnych genów, posiada także obcy gen, nazywa się **organizmem transgenicznym**.

Modyfikowane są głównie te rośliny, które mają duże znaczenie w rolnictwie – zboża i rośliny paszowe. Wskutek modyfikacji otrzymują nowe cechy: ich części jadalne charakteryzują się większą trwałością, lepszym smakiem, bardziej intensywnym zapachem, a całe rośliny – odpornością na szkodniki i choroby.

Za pomocą technik inżynierii genetycznej można również modyfikować zwierzęta. Wytwarza się np. zmodyfikowane zwierzęta o intensywniej działającym hormonie wzrostu, przez co szybko osiągają one duże rozmiary, a to w dłuższej perspektywie pozwala obniżyć koszty ich **hodowli**.

Inżynierię genetyczną stosuje się także w **przemysle**, np. do produkcji enzymów, które wspomagają produkcję żywności lub do przedłużania trwałości produktów. Stosuje się ją także do wytwarzania detergentów, kosmetyków, biopaliw i papieru. Substancje wytwarzane przez mikroorganizmy transformowane genetycznie eliminują użycie środków chemicznych, które szkodzą środowisku. Produkcja z ich udziałem jest przy tym bardziej wydajna i tańsza od tradycyjnych metod produkcji, często też przekłada się na uzyskanie produktów lepszej jakości.

Ponadto inżynieria genetyczna ma duże znaczenie w **rozwoju genetyki**. Umożliwia bowiem poznanie funkcji pełnionych przez poszczególne geny.

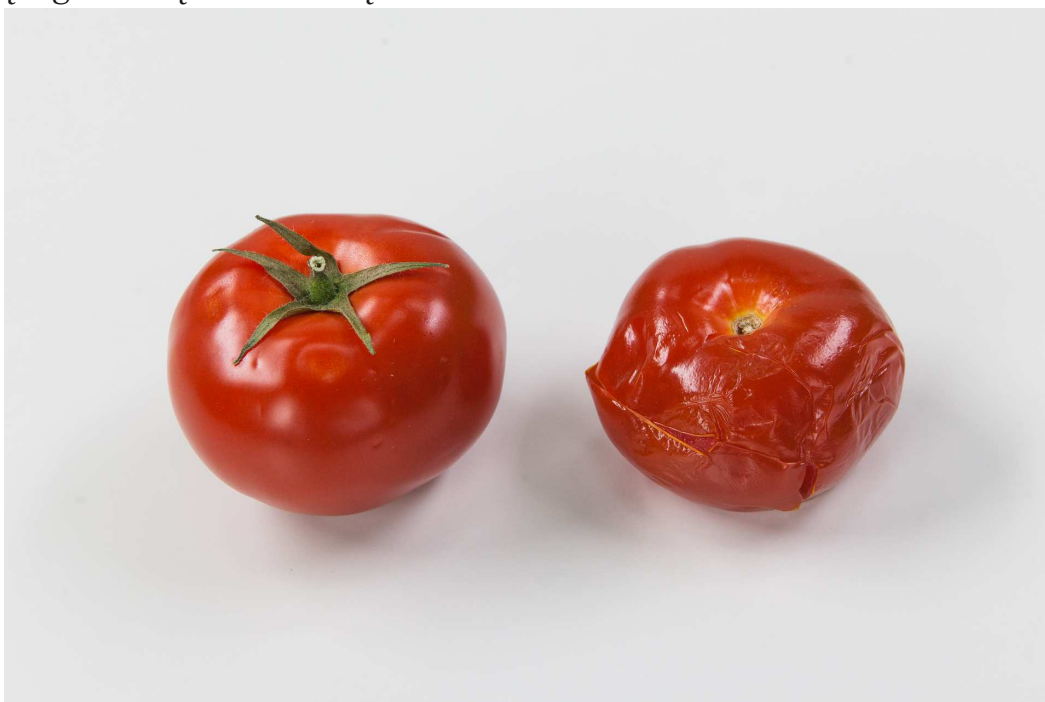


Uprawy roślin GMO na świecie, 2019 r.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., na podstawie: Area of genetically modified (GM) crops worldwide in 2019, by country, Statistica.com, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciekawostka

FlavrSavr to nazwa pomidorów, których owoce były pierwszym modyfikowanym genetycznie produktem żywnościowym dopuszczonym do spożycia przez ludzi, dostępnym dla przeciętnego konsumenta. Pomidory te są bardziej odporne na gnienie, ponieważ zawierają przekształcony gen odpowiedzialny za produkcję enzymu rozkładającego ścianę komórkową.



Pomidor FlavrSavr (po lewej stronie) i pomidor niezmodyfikowany po upływie okresu przechowywania

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- Za pomocą enzymów restrykcyjnych możliwe jest wycinanie odcinków kwasu nukleinowego, a za pomocą ligaz – ich łączenie.
- Polimeraza DNA odpowiada za katalizowanie syntezy DNA na matrycy DNA.
- Reakcja łańcuchowa polimerazy jest sposobem na namnożenie wybranego fragmentu DNA.
- Sekwencjonowanie DNA umożliwia określanie kolejności nukleotydów we fragmencie DNA.
- Elektroforeza DNA to technika wykorzystywana do rozdzielania fragmentów DNA w zależności od ich wielkości.
- Organizm transgeniczny to organizm, który w genomie oprócz własnych genów zawiera obcy gen (transgen), pochodzący od innego organizmu.
- GMO (organizm zmodyfikowany genetycznie) to organizm, którego genom został zmieniony przy użyciu metod i technik inżynierii genetycznej w celu uzyskania pożądanych cech.
- Organizmy transgeniczne pozyskuje się metodami inżynierii genetycznej, polegającymi na wprowadzaniu do organizmu DNA pochodzącego od obcego organizmu.

Praca domowa

Ćwiczenie 1

Wyobraź sobie, że jesteś członkiem zespołu biotechnologów, którzy zamierzają umieścić gen bioluminescencji w genomie jaworów przeznaczonych do nasadzeń przydrożnych.

Dysponujesz genem bioluminescencji i genomem jawora oraz odpowiednio wyposażonym laboratorium. Opisz kolejne etapy swojej pracy.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2

Oceń użyteczność jaworów zmodyfikowanych w sposób opisany w ćwiczeniu 1.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Słownik

dideoksynukleotydy

nukleotydy nieposiadające grupy hydroksylowej, a jedynie wodór w pozycjach 2' i 3' cukru (pentozy)

Herbert Boyer



Herbert Boyer

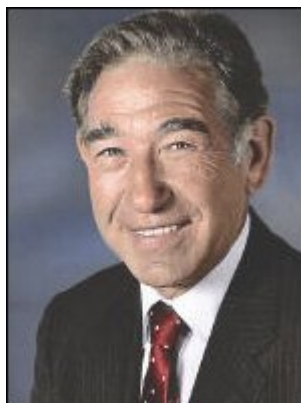
Źródło: Jane Gitschier (<http://commons.wikimedia.org>), edycja: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY 2.5.

Herbert Boyer

ur. 10.07.1936 Pensylwania, USA

Amerykański biotechnolog, który wraz ze Stanleyem Cohenem wprowadził ludzki gen do komórek bakterii.

Stanley Cohen



Stanley Cohen

Źródło: nn (<http://commons.wikimedia.org>), domena publiczna.

Stanley Cohen

17.11.1922 Nowy York, USA – 05.02.2020 Nashville, USA

Amerykański biochemik, który wraz z Herbertem Boyerem wprowadził ludzki gen do komórek bakterii. Za całokształt osiągnięć w badaniach nad komórkami został uhonorowany Nagrodą Nobla w 1986 r.

GMO

organizmy modyfikowane genetycznie za pomocą inżynierii genetycznej; mają zmieniony genom np. w wyniku zwielokrotnienia własnych genów lub wprowadzenia do genomu fragmentu DNA pochodzącego z innego organizmu

elektroforeza

jedno ze zjawisk elektrokinetycznych polegające na poruszaniu się naładowanych cząsteczek pod wpływem pola elektrycznego; cząsteczki mające na swojej powierzchni ładunek dodatni dążą do elektrody ujemnej, natomiast obdarzone ładunkiem ujemnym – do elektrody dodatniej; jest to także technika rozdzielania cząsteczek pod wpływem pola elektrycznego dzięki różnicom w masie i/lub ładunku

enzymy restrykcyjne

białka o aktywności enzymów; enzymy te przecinają cząsteczkę DNA w miejscach o określonej sekwencji nukleotydów

inżynieria genetyczna

zbiór technik dających możliwość zamierzonego i kontrolowanego wprowadzenia zmiany w genomie lub wprowadzenia genu pobranego z materiału genetycznego jednego organizmu do genomu innego organizmu

ligazy

grupa enzymów biorących udział w łączeniu fragmentów nici DNA

Kary Mullis



Kary Mullis

Źródło: Dona Mapston (<http://commons.wikimedia.org>), edycja: Aleksandra Ryczkowska, licencja: CC BY-SA 3.0.

Kary Mullis

28.12.1944 Lenoir, USA – 07.08.2019 Newport Beach, USA

Amerykański biochemik, laureat Nagrody Nobla, który wynalazł metodę PCR umożliwiającą kopiowanie fragmentów DNA.

plazmid

zamknięta kłosa cząsteczka DNA występująca u bakterii

wektor

niewielka cząsteczka DNA zdolna do replikacji w komórce biorcy; podstawowe narzędzie inżynierii genetycznej; może zostać zrekombinowany przez włączenie do niego fragmentu innej cząsteczki DNA, która po wprowadzeniu do komórek gospodarza będzie w nich powielana i poddawana ekspresji; do komórek ssaków wektory można wprowadzać za pośrednictwem wirusów

Zadania

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Połącz w pary terminy i odpowiadające im definicje.

Nośnik fragmentu DNA

Enzymy restrykcyjne

Komórka, do której zostanie wprowadzony obcy gen

Wektor

Technika pozwalająca na wprowadzanie zmian w genomie

Inżynieria genetyczna

Białka umożliwiające przecięcie nici DNA

Komórka biorcy

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2



Oceń prawdziwość poniższych twierdzeń.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Inżynieria genetyczna może sprawić, by bakterie produkowały ludzką insulinę.	☐	☐
GMO to nazwa odnosząca się jedynie do roślin.	☐	☐
Cohen i Boyer przenieśli gen bakterii do ludzkiej komórki.	☐	☐
Informacja genetyczna jest zapisana w ten sam sposób we wszystkich organizmach.	☐	☐
Rośliny modyfikowane genetycznie to głównie zboża i inne rośliny uprawne.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3



Oceń prawdziwość poniższych twierdzeń.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Łańcuchowa reakcja polimerazy umożliwia powielenie wybranego fragmentu DNA.	☐	☐
Metodę PCR wynalazł Stanley Cohen, za co został uhonorowany nagrodą Nobla.	☐	☐
Do syntezy nowej nici DNA potrzebne są nowe nukleotydy.	☐	☐
Polimeraza DNA rozcina łańcuch DNA.	☐	☐

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4



Wskaż poprawne zakończenia zdania. Enzymy restrykcyjne są potrzebne do...

- ☐ skopiowania genu, który ma otrzymać biorca.
- ☐ wyłączenia funkcji genu.
- ☐ rozcięcia DNA w celu włączenia przenoszonego genu.
- ☐ wycięcia genu, który ma zostać przeniesiony do organizmu biorcy.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5



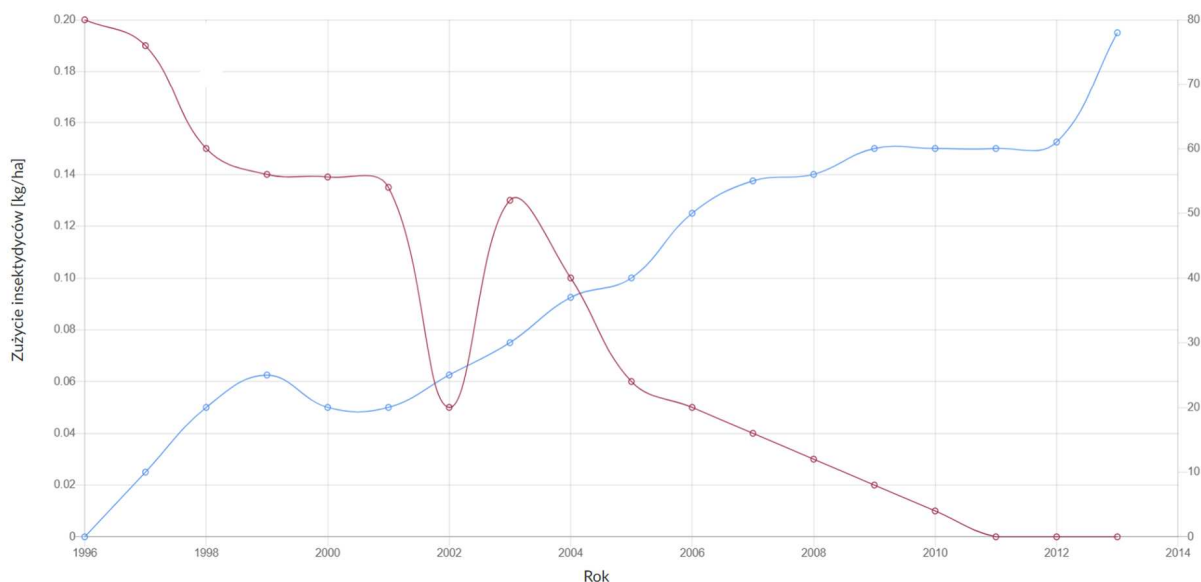
Uporządkuj długości fragmentów DNA zgodnie z tym, jak zostałyby rozdzielone podczas elektroforezy. Zaczynij od fragmentu będącego najbliższym miejscu nałożenia próbki na żel, a kończąc na fragmencie będącym najbliższym anody.

300 pz (par zasad), 1500 pz, 700 pz, 150 pz, 1000 pz, 1100 pz.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.



Kukurydza Bt to roślina genetycznie modyfikowana. Zawiera gen pochodzący z bakterii *Bacillus thuringiensis*, który jest odpowiedzialny za produkcję toksycznego dla szkodników białka.



Hodowla kukurydzy Bt a zużycie insektycydów na polach kukurydzy w latach 1996-2013.

— Zużycie insektycydów — Procent obszaru porośniętego przez kukurydzę Bt

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

1. Na podstawie wykresu wykaż wpływ uprawiania kukurydzy Bt na stosowanie insektycydów.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

2. Podaj przykład korzyści dla środowiska naturalnego wynikających z uprawy kukurydzy Bt.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 7



Określ, czy podane zdanie jest prawdziwe czy fałszywe: *Każdy GMO jest organizmem transgenicznym*. Odpowiedź uzasadnij.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Notatnik

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.