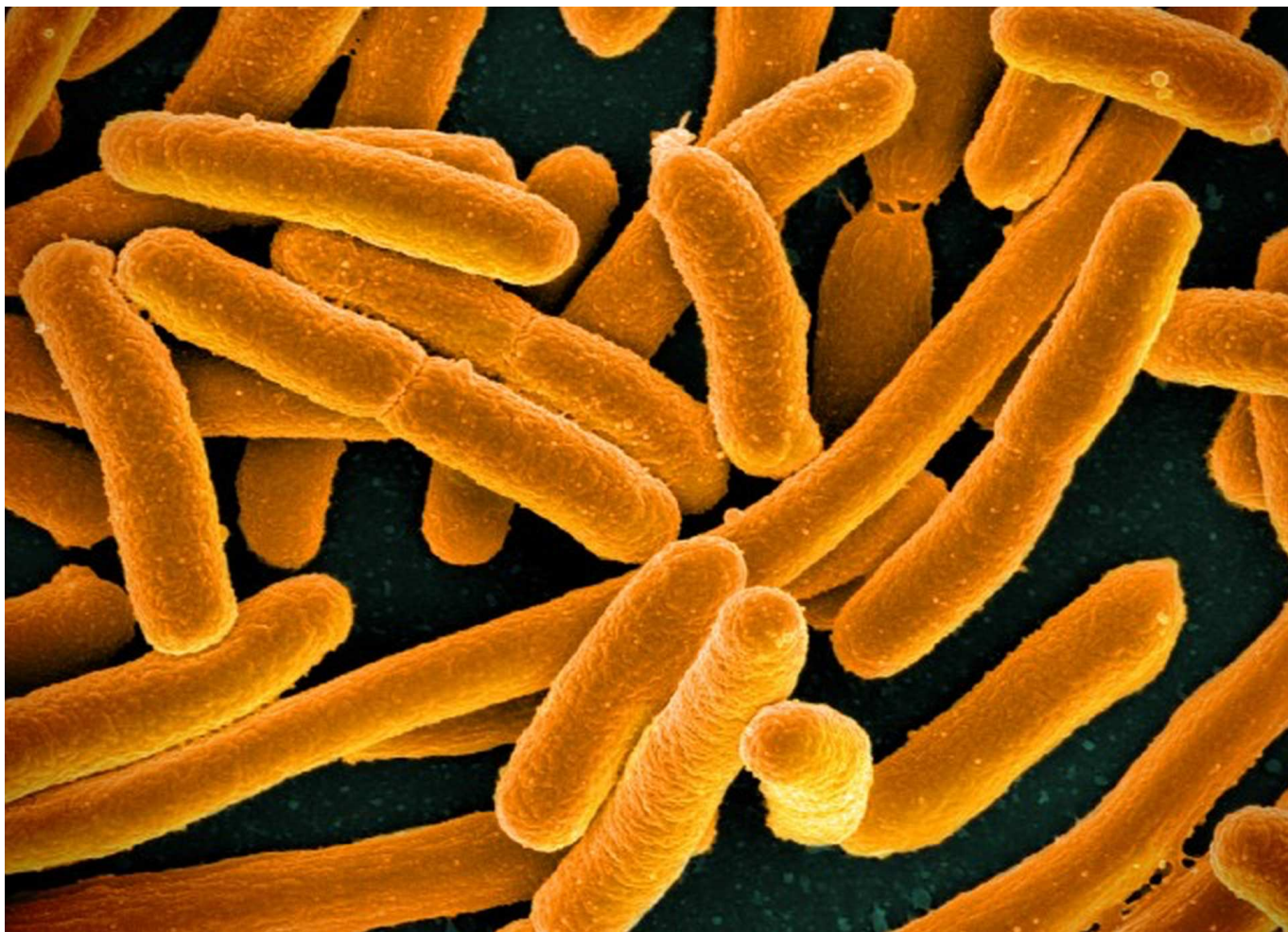




Operony indukowane – operon laktozowy

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Animacja](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Operony indukowane – operon laktozowy

Operony to miejsca, w których zgrupowane są geny ulegające ekspresji lub ją wyciszające. Fotografia wykonana mikroskopem elektronowym przedstawia bakterie *E. coli*.

Źródło: NIAID, Flickr, licencja: CC BY 2.0.

W jaki sposób bakterie przystosowują się do zmian warunków zewnętrznych, np. braku substancji odżywczych? Odpowiedź na to pytanie pozostawała zagadką aż do roku 1965, kiedy odkryto operony u *Escherichia coli* i poznano zasady regulacji ekspresji genów u prokariotów. Badacze François Jacob i Jacques Monod otrzymali za to odkrycie Nagrodę Nobla.

Twoje cele

- Omówisz budowę operonu laktozowego.
- Wyjaśnisz działanie operonu laktozowego.
- Opisziesz funkcje operatora i promotora.
- Omówisz typy kontroli aktywności operonu.

Przeczytaj

Aby zrozumieć poruszane w tym materiale zagadnienia, przypomnij sobie:

Strukturę i sposoby regulacji operonów prokariotycznych.

Operony represorowe i indukowane

Jednostki transkrypcyjne, **operony**, kontrolują regulację genów bakteryjnych. Zawierają one kilka genów kodujących powiązane ze sobą funkcjonalnie białka. Ich aktywność zależy od warunków środowiska, w tym od obecnych w nim substancji odżywczych.

Ze względu na zaangażowanie operonów w procesy metaboliczne wyróżnia się **operony represorowe** oraz **indukowane**.

Więcej informacji o operonach represorowych znajdziesz w e-materiale: *Operony hamowane – operon tryptofanowy*.

Typy kontroli aktywności operonu

Model regulacji operonu laktozowego charakteryzuje te operony, których geny warunkują rozkład określonych związków. Substrat reakcji rozkładu, czyli laktoza, powoduje zwykle włączenie ekspresji genów operonu.

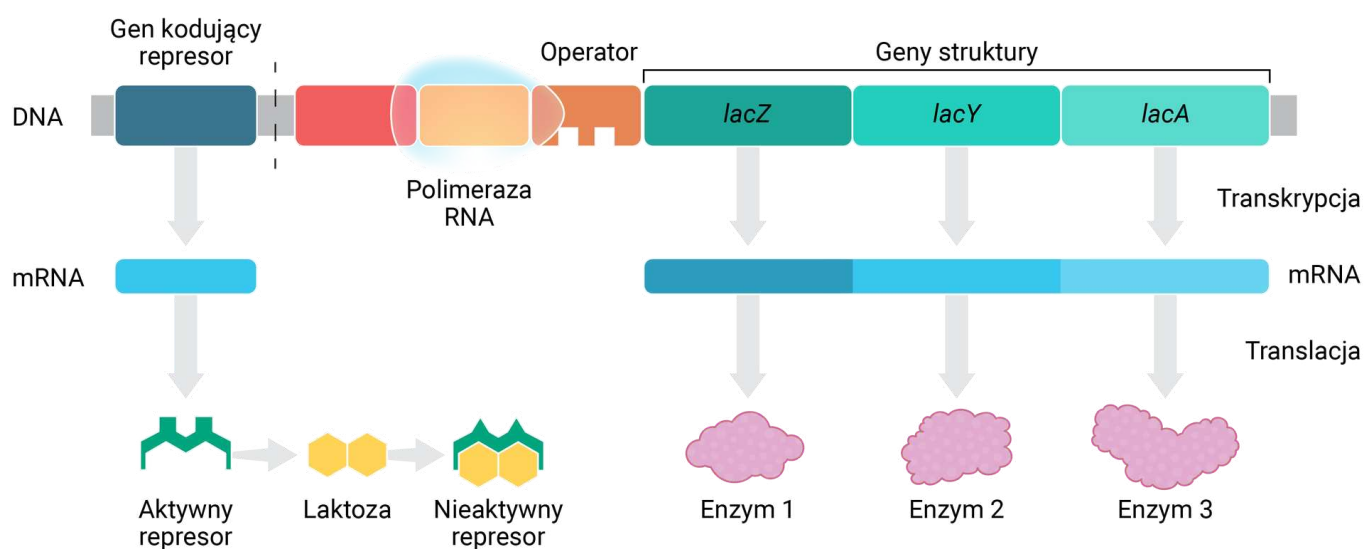
Operon laktozowy pozwala bakterii regulować ilość wytwarzanych enzymów w zależności od stężenia cukrów, glukozy i laktozy, w otoczeniu, w jakim się znajduje. Najlepszym źródłem energii dla bakterii jest monosacharyd – glukoza – łatwo przyswajalne źródło węgla. Zdarza się, że stężenie glukozy jest niskie lub obserwuje się jej całkowity brak, a jedynym dostępnym w otoczeniu cukrem jest laktoza. W mikroorganizmie uruchamiany jest wówczas operon laktozowy odpowiedzialny za aktywację enzymów transportujących i rozkładających ten cukier we wnętrzu komórki.

Ważne!

Operon laktozowy podlega kontroli negatywnej oraz pozytywnej, zależnie od obecności laktozy w otoczeniu.

Włączenie operonu laktozowego

Regulacja negatywna operonu laktozowego zachodzi, gdy w środowisku jest laktoza, ale nie ma glukozy. Polega ona na związaniu obecnych w środowisku bakterii cząsteczek cukru – laktozy – z aktywnym **represorem**. Powoduje to jego deaktywację, przez co nie może on łączyć się z **operatorem** i blokować wiązania polimerazy RNA. Polimeraza RNA z kolei łączy się z **promotorem** i może przeprowadzić **transkrypcję genów struktury** – w rezultacie powstają enzymy warunkujące transport i rozkład laktozy.



Włączenie operonu laktozowego – regulacja negatywna.

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. (Na podstawie „Biologia na czasie 3. Podręcznik. Zakres rozszerzony”), licencja: CC BY-SA 3.0.

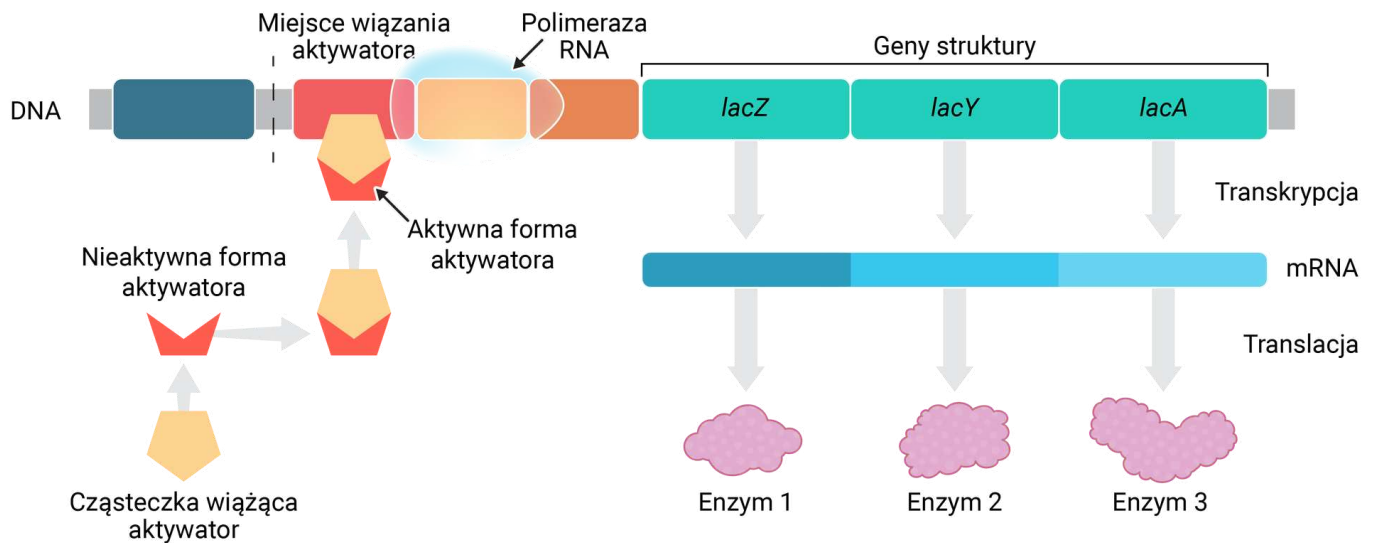
Laktoza jest **induktorem** operonu laktozowego. Induktor to cząsteczka, która wiążąc się do represora zmienia jego kształt tak, że nie może się połączyć z operatorem. Skutkuje to dezaktywacją represora i **włączeniem** operonu laktozowego.

Ciekawostka

Za inaktywację represora w operonie laktozowym odpowiada izomer laktozy – **allolaktoza**, która jest jednym z produktów pośrednich katabolizmu laktozy.

Regulacja pozytywna zachodzi, gdy stężenie glukozy w komórce jest niewielkie przy jednoczesnej obecności laktozy w środowisku. Zaczyna działać **aktywator** wiążący się z miejscem wiązania aktywatora, które stanowi część promotora. To ułatwia przyłączanie

polimerazy RNA. Dochodzi do transkrypcji genów operonu, w wyniku czego tworzą się enzymy warunkujące transport i rozkład laktozy.



Włączenie operonu laktozowego – regulacja pozytywna.

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. (Na podstawie „Biologia na czasie 3. Podręcznik. Zakres rozszerzony”), licencja: CC BY-SA 3.0.

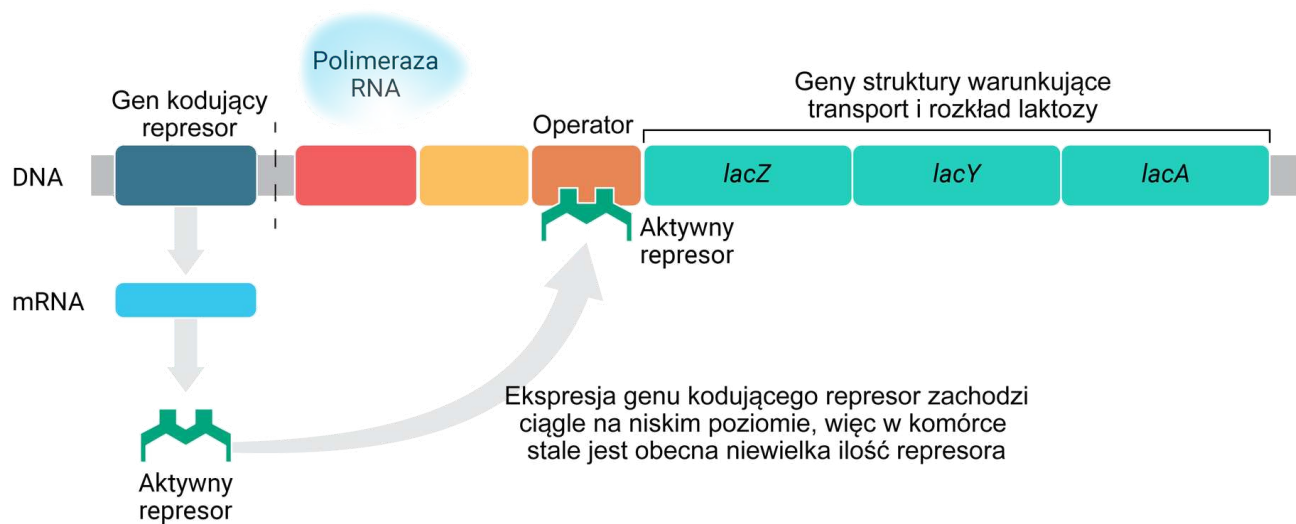
Ciekawostka

Aktywator w operonie laktozowym to białko CAP (ang. *catabolite activator protein*), które jest pewnego rodzaju „czujnikiem” poziomu glukozy. Poprzez wiązanie z cAMP (cyklicznym adenozyńmonofosforanem) dochodzi do jego aktywacji. Stężenie cAMP, „sygnału głodu”, rośnie w przypadku niedoborów glukozy.

Wyłączenie operonu laktozowego

W sytuacji, w której w otoczeniu bakterii znajdują się i glukoza, i laktoza, bakterie będą wykorzystywać tylko glukozę – operon laktozowy zostanie wyłączony na drogach regulacji negatywnej lub pozytywnej.

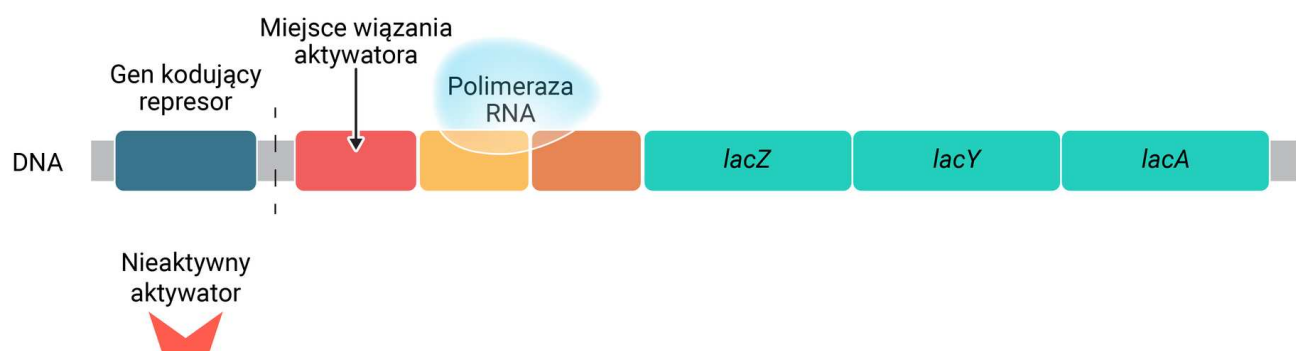
Regulacja negatywna bazuje na ciągłej ekspresji – na niskim poziomie – genu kodującego represor. W komórce znajduje się więc stale niewielka ilość aktywnego represora. Wiąże się on z **operatorem**, blokując wiązanie polimerazy RNA. W efekcie nie dochodzi do transkrypcji genów związanych z rozkładem laktozy.



Wyłączenie operonu laktozowego – regulacja negatywna.

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. (Na podstawie „Biologia na czasie 3. Podręcznik. Zakres rozszerzony”), licencja: CC BY-SA 3.0.

Regulacja pozytywna zachodzi, gdy w komórce jest duże stężenie glukozy. Operon laktozowy zostaje wyłączony: aktywator jest nieaktywny i nie ułatwia wiązania polimerazy RNA. Nie następuje zatem transkrypcja genów operonu laktozowego.



Wyłączenie operonu laktozowego – regulacja pozytywna.

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. (Na podstawie „Biologia na czasie 3. Podręcznik. Zakres rozszerzony”), licencja: CC BY-SA 3.0.

Podsumowanie aktywacji operonu laktozowego

Glukoza obecna, brak laktozy.

Brak transkrypcji genów struktury. Represor pozostaje złączony z operatorem (a stężenie cAMP jest niskie) – aktywator (CAP) nie ulega aktywacji.

Glukoza i laktoza obecne.

Bardzo niski poziom ekspresji genów kodujących represor, który wyłącza operon. Represor w niewielkim stopniu odłącza się od operatora przez obecność induktora - laktozy (poziom cAMP jest niski). Aktywator (CAP) nie zostaje aktywowany.

Brak glukozy, laktoza obecna.

Wysoki poziom transkrypcji genów struktury. Represor odłącza się od operatora przez obecność laktozy.

Niskie stężenie glukozy, laktoza obecna.

Wysoki poziom transkrypcji genów struktury. Aktywator wiąże się z promotorem.

Słownik

aktywator

białko przylaczające się do DNA, które wiąże się z odpowiednim miejscem operonu i indukuje lub zwiększa transkrypcję jego genów

geny struktury

geny zawierające informację o syntezie określonych białek enzymatycznych

mRNA

makrocząsteczki mRNA powstają (przy udziale polimerazy RNA) jako komplementarne kopie poszczególnych odcinków kwasu deoksyrybonukleinowego (DNA) odpowiadających określonym genom (transkrypcja) i zawierają tę samą, co DNA, informację genetyczną; w procesie translacji mRNA stanowi matrycę, na której przy udziale wielu innych czynników komórkowych aminokwasy są łączone w odpowiedniej kolejności w cząsteczkę białka (biosynteza białka) – w ten sposób informacja genetyczna zawarta w DNA zostaje „przetłumaczona” na sekwencję aminokwasów w białku

operator

sekwencja DNA w operonie regulująca aktywność genów struktury, do której wiąże się białko regulatorowe (aktywator lub represor)

operon

specyficzna i powszechna u bakterii strukturalna i funkcjonalna jednostka genomu, zawierająca od dwóch do kilku kolejno ułożonych genów strukturalnych kodujących enzymy jednego szlaku metabolicznego oraz, położone bezpośrednio przed genami, sekwencje operatora i promotora kontrolujące ich aktywność transkrypcyjną; termin *operon* wprowadzili do genetyki w 1961 r. François Jacob i Jacques Monod, odkrywcy mechanizmu jego regulacji

operony represorowe (hamowane)

biorą udział w biosyntezie; ich ekspresja zależy od obecności produktu końcowego szlaku anabolicznego

operony indukowane

uczestniczą w reakcjach katabolicznych; ich ekspresja zależy od stężenia substratu

promotor

odcinek DNA zawierający sekwencje rozpoznawane przez polimerazę RNA zależną od DNA

represor

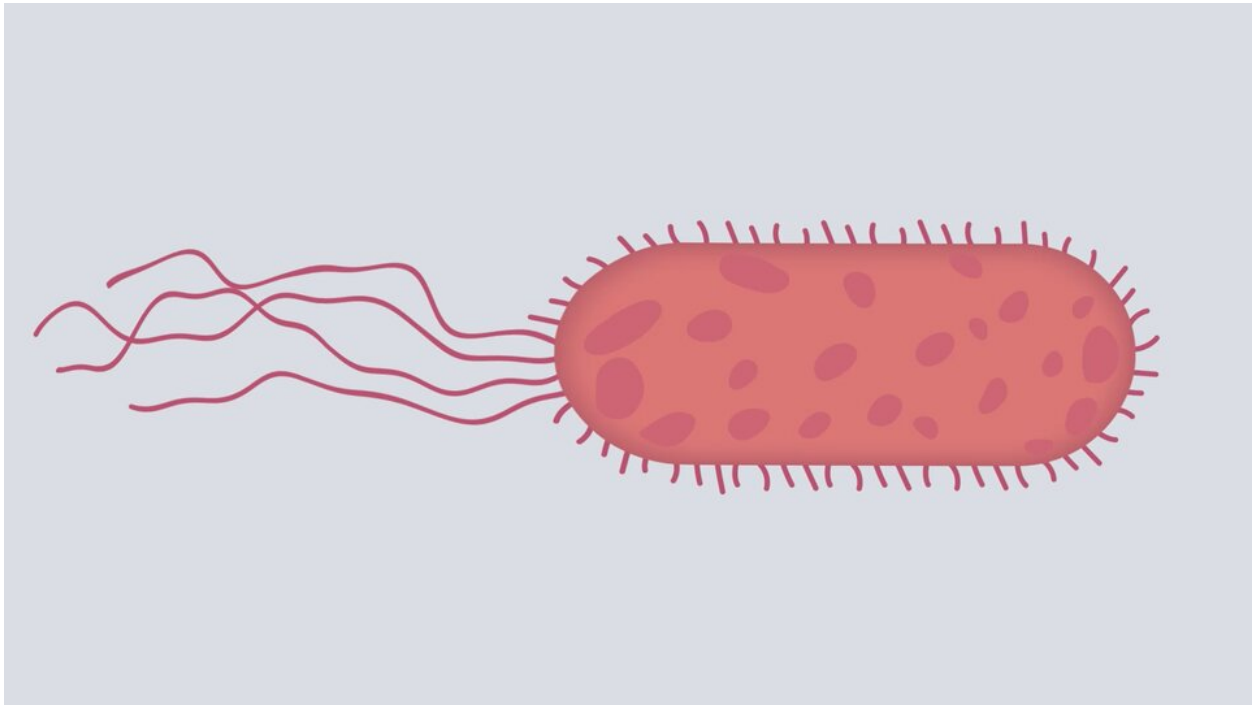
białko regulacyjne wiążące się z określoną sekwencją DNA w operatorze i hamujące proces transkrypcji genów; represor uniemożliwia przyłączenie się polimerazy RNA do promotora

transkrypcja

proces syntezy RNA, podczas którego na matrycy DNA syntetyzowana jest komplementarna nić RNA

Animacja

Działanie operonu laktozowego



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RbfqKe151sxE1>

Operony indukowane – operon laktozowy.

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

Nagranie filmowe pod tytułem *Operon laktozowy*.

Polecenie 1

Na podstawie animacji określ rolę laktozy w działaniu operonu laktozowego.

Polecenie 2

Wyjaśnij, jaką rolę pełni białko represorowe w działaniu operonu laktozowego.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wskaż prawdziwą definicję operonu.

☐

Operon jest specyficzną, powszechną u eukariotów, rzadko występującą u prokariotów strukturalną i funkcjonalną jednostką genomu.

☐

Operon jest specyficzną, powszechną u bakterii strukturalną i funkcjonalną jednostką genomu.

☐

Operon jest specyficzną, powszechną u bakterii i eukariotów strukturalną i funkcjonalną jednostką genomu.

☐

Operon jest specyficzną, powszechną u eukariotów strukturalną i funkcjonalną jednostką genomu.

Ćwiczenie 2



Uzupełnij tabelę, umieszczając w odpowiednie miejsca prawidłowe informacje.

Glukoza	Laktoza	Poziom transkrypcji genów
Obecna		
Obecna		Bardzo niski poziom transkrypcji genów struktury
Brak	Obecna	
	Obecna	

Brak

Wysoki poziom transkrypcji genów struktury

Wysoki poziom transkrypcji genów struktury

Obecna

Niskie stężenie

Brak transkrypcji genów struktury

Ćwiczenie 3



Represor pozostaje złączony z operatorem, a stężenie cAMP jest niskie, więc CAP nie jest aktywowane.

Które warunki skutkują takim rodzajem regulacji operonu laktozowego?

☐ Brak glukozy w środowisku, laktoza obecna.

☐ Brak laktozy w środowisku, glukoza obecna.

☐ Glukoza i laktoza obecne w środowisku.

☐ Brak glukozy i laktozy w środowisku.

Ćwiczenie 4



Wskaż zdania prawdziwe i fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Represor jest białkiem kodowanym przez gen regulatorowy.	☐	☐
Synteza enzymów, które odpowiadają za rozkład laktozy, następuje w odpowiedzi na jej pojawienie się w pożywce.	☐	☐
Działanie represora polega na łączeniu się ze swoistym miejscem DNA i zapobieganiu transkrypcji określonych genów.	☐	☐

Ćwiczenie 5



Połącz w pary pojęcia z ich definicjami.

Miejsce, w którym wiąże się polimeraza RNA

operator

Po osadzeniu w błonie komórki jest zaangażowana w transport laktozy ze środowiska do jej wnętrza

promotor

Pod nieobecność laktozy łączy się z nim represor

permeaza

Rozkłada laktozę na dwa cukry proste – glukozę i galaktozę

β -galaktozydaza

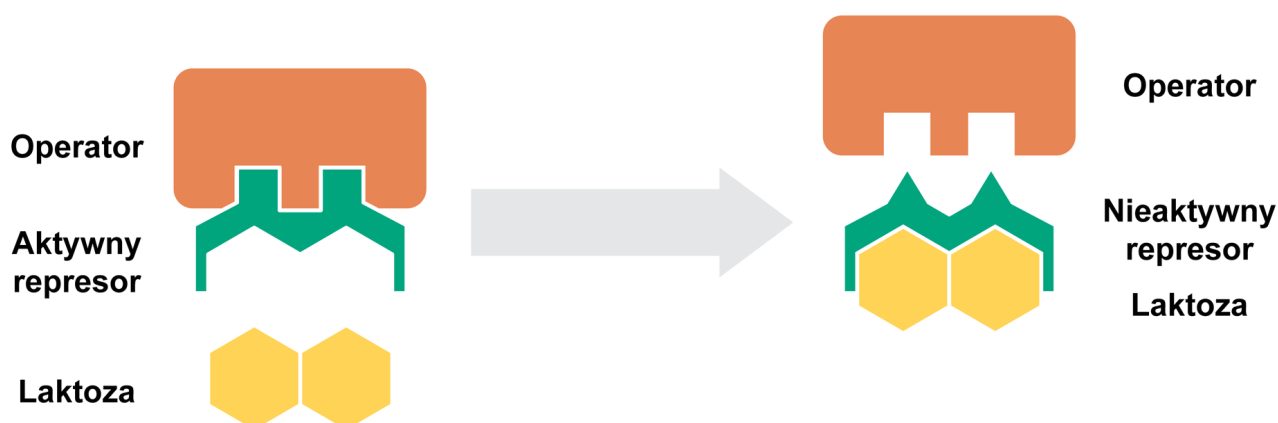
Ćwiczenie 6



Wskaż w tekście właściwe określenia.

Włączenie operonu laktozowego odbywa się, gdy w środowisku nie występuje laktoza glukoza , a obecna jest laktoza glukoza . Regulacja negatywna operonu laktozowego zachodzi, gdy w komórce jest małe duże stężenie laktozy. Powoduje to aktywację deaktywację represora, dlatego nie może on już hamować aktywować wiązania polimerazy RNA. Regulacja pozytywna zachodzi, gdy w komórce jest małe duże stężenie glukozy, a laktoza obecna jest w środowisku. Aktywator, wiążąc się z miejscem wiązania aktywatora w operatorze promotorze , staje się aktywny i ułatwia przyłączanie odłączanie polimerazy RNA.

Ćwiczenie 7



Działanie represora.

Na podstawie: Podstawy genetyki dla studentów i lekarzy, red. G. Drewa, T. Ferenc, Wrocław 2005, s. 94.

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

Na podstawie schematu i własnej wiedzy wyjaśnij, w jaki sposób laktoza, którą pobiera komórka z podłoża, wpływa na represor. W odpowiedzi uwzględnij konsekwencje dla działania całego operonu.

Ćwiczenie 8



Wyjaśnij, jak będzie działał operon laktozowy, gdy w genie kodującym białko represorowe wystąpi mutacja, która powoduje, że represor jest nieaktywny nawet wtedy, gdy w środowisku nie ma laktozy.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Operony indukowane – operon laktozowy

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XIII. Ekspresja informacji genetycznej. Uczeń:

8) przedstawia na przykładzie operonu laktozowego i tryptofanowego regulację ekspresji informacji genetycznej u organizmów prokariotycznych;

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Omówisz budowę operonu laktozowego.
- Wyjaśnisz działanie operonu laktozowego.
- Opiszysz funkcje operatora i promotora.
- Omówisz typy kontroli aktywności operonu.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- mapa myśli;
- śniegowa kula;

- analiza tekstu źródłowego.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- telefony z dostępem do internetu;
- tekturowe pudełko z otworem („urna”);
- komputery z dostępem do internetu dla uczniów.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu – praca z multimedium („Animacja”).** Nauczyciel prosi uczniów o przypomnienie z poprzedniej lekcji, czym są operony, jakie są ich rodzaje i czym się charakteryzują. Uczniowie zapoznają się z animacją udostępnioną przez nauczyciela, a następnie tworzą mapę myśli porządkującą informacje na temat operonów indukowanych.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z tekstem.** Uczniowie indywidualnie zapoznają się z treścią w sekcji „Przeczytaj” i zapisują na kartkach minimum pięć pytań do tekstu. Wybrana osoba zbiera pytania do urny.
2. **Kula śniegowa.** Nauczyciel informuje uczniów, że będą pracować metodą kuli śniegowej, poszukując w udostępnionym e-materiale odpowiedzi na następujące pytania:
 - Na czym polega aktywność transkrypcyjna operatora i promotora?
 - Czym cechują się typy kontroli aktywności operonu?
 - Jaką rolę odgrywa laktoza w działaniu operonu laktozowego?
 - Jaką rolę odgrywa białko represorowe w działaniu operonu laktozowego?
 Nauczyciel objaśnia wspomnianą wyżej metodę i wynikające z niej kolejne etapy pracy:
 - 1) najpierw uczniowie będą indywidualnie opracowywać odpowiedzi na zadane pytania;
 - 2) potem połączą się w pary i porównają swoje propozycje, a na osobnej kartce zapiszą

wspólne odpowiedzi;

3) kolejnym krokiem będzie połączenie się par w czwórki, które – jak poprzednio – skonfrontują swoje odpowiedzi;

4) uczniowie utworzą 8-osobowe zespoły i znów porównają swoje propozycje;

5) przedstawiciele poszczególnych zespołów 8-osobowych zaprezentują na forum klasy uzgodnione w grupie odpowiedzi.

3. Utrwalenie wiedzy i umiejętności. Uczniowie dobierają się w pary i wykonują ćwiczenia nr 7 i 8 (dotyczące działania operonu pod wpływem różnych czynników) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie konsultują swoje rozwiązania z inną parą uczniów i formułują wspólne uzasadnienia. Nauczyciel w razie potrzeby naprowadza ich na prawidłowy tok rozumowania. Chętni prezentują odpowiedzi na forum klasy. Nauczyciel udziela informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie dzielą się na 5-osobowe grupy, losują z urny pytania sformułowane na początku lekcji i przygotowują odpowiedzi. Zespół, który jest gotowy, zgłasza się i przedstawia rezultaty swojej pracy. Pozostali uczniowie wraz z nauczycielem weryfikują poprawność odpowiedzi.
2. Nauczyciel prosi uczniów o rozwinięcie zdań: „Dziś nauczyłem/nauczyłam się...”, „Zrozumiałem/zrozumiałam, że...”, „Zaskoczyło mnie...”, „Dowiedziałem/dowiedziałam się...”.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 6 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Treści w sekcji „Animacja” można wykorzystać jako materiał służący powtórzeniu i utrwaleniu wiedzy uczniów.