

1

Składniki nieorganiczne organizmów

Wszystkie organizmy są zbudowane z pierwiastków. Tworzą one związki chemiczne, które zwyczajowo dzieli się na dwie grupy:

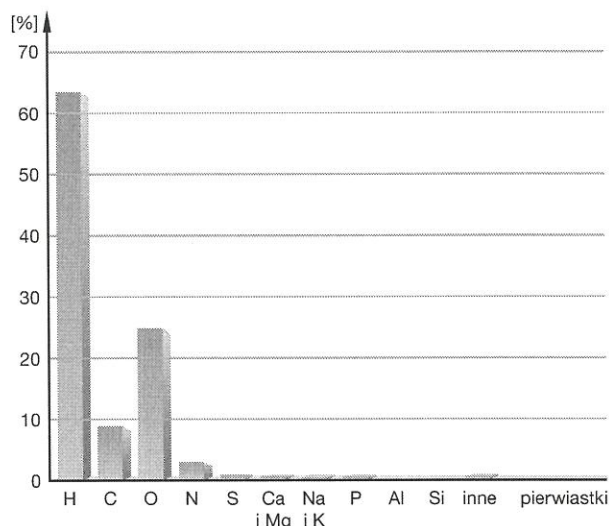
- **związki nieorganiczne** – substancje, które nie zawierają atomów węgla. Do wyjątków należą, m.in. dwutlenek węgla (CO_2), kwas węglowy (H_2CO_3) i jego sole. Najważniejsze związki nieorganiczne występujące w organizmach to woda i sole mineralne;
- **związki organiczne** – substancje (z wyjątkiem związków wymienionych powyżej), których głównym składnikiem jest węgiel. Ich cząsteczki na ogół mają duże rozmiary i złożoną budowę. Niektóre z nich (białka, cukry, lipidy i kwasy nukleinowe) budują organizmy i odgrywają istotną rolę w ich funkcjonowaniu.

Do składników nieorganicznych organizmów zalicza się pierwiastki oraz związki nieorganiczne.

Pierwiastki

Niemal w każdym organizmie występują 22 pierwiastki chemiczne. Ze względu na ich zawartość w suchej masie komórek dzieli się je na mikroelementy (poniżej 0,01%) i makroelementy (powyżej 0,01%). Sześć spośród makroelementów: węgiel (C), wodór (H), tlen (O), azot (N), siarkę (S) i fosfor (P), określa się mianem pierwiastków biogennych, ponieważ wchodzi one w skład związków organicznych budujących wszystkie organizmy.

Pierwiastkiem mającym kluczowe znaczenie dla istnienia życia na Ziemi jest **węgiel**. Jego atomy mogą tworzyć między sobą stabilne



Względna zawartość pierwiastków w organizmach.

wiązania, dzięki czemu powstają proste lub rozgałęzione łańcuchy o różnej długości, a także pierścienie.

Atomy węgla mogą również tworzyć stabilne wiązania z atomami **wodoru, tlenu i azotu**. Stanowią wówczas podstawę budowy związków organicznych występujących w każdej komórce. Łączenie się ze sobą tych pierwiastków w mniejsze ugrupowania powoduje powstawanie tzw. **grup funkcyjnych**, decydujących o właściwościach związków chemicznych. Są to na przykład grupy: hydroksylowa ($-\text{OH}$), karboksylowa ($-\text{COOH}$), aminowa (NH_2), aldehydowa ($-\text{CHO}$) czy ketonowa ($-\text{CO}$). Niedobór pierwiastków węgla, wodoru, tlenu i azotu występuje tylko w sytuacjach skrajnego głodu i odwodnienia.

SKŁADNIKI CHEMICZNE ORGANIZMÓW

pierwiastki		związki chemiczne	
makroelementy	mikroelementy	związki nieorganiczne	związki organiczne
• pierwiastki biogenne: C, H, O, N, S, P • pozostałe: Ca, Mg, K, Na, Cl	Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B, Se, Cr, I, F	• woda • sole mineralne	• węglowodany • lipidy • białka • kwasy nukleinowe

Siarka jest składnikiem aminokwasów siarkowych (cysteiny i metioniny) budujących białka. Umożliwia ona tworzenie dodatkowych wiązań (tzw. mostków dwusiarczkowych) odpowiedzialnych za utrzymanie odpowiedniej struktury przestrzennej białek. Dzięki temu białka mogą pełnić określone funkcje. Obecność siarki w białkach budujących u zwierząt wytwory naskórka wpływa na ich właściwości mechaniczne.

Fosfor występuje w kwasach nukleinowych oraz niektórych lipidach, głównie stanowiących budulec błon komórkowych (fosfolipidy). Ponadto, jako składnik wielu bogatoenergetycznych związków (m.in. uniwersalnego przenośnika energii – ATP), reguluje procesy przemiany materii i energii w organizmie. Wraz z innymi pierwiastkami buduje również kości oraz zęby.

Znaczenie wybranych makro- i mikroelementów

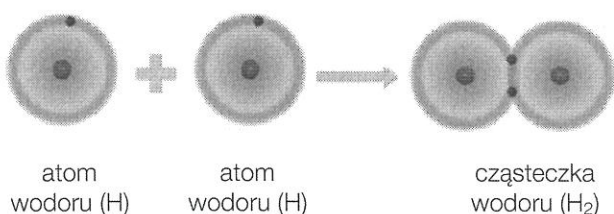
	Pierwiastek i forma jego występowania	Niektóre funkcje biologiczne	Przykładowe objawy niedoboru	
			u człowieka i innych zwierząt	u roślin
Makroelementy	wapń (Ca^{2+})	• jest składnikiem szkieletów kręgowców (kości, zęby) i bezkręgowców (muszle, pancerzyki) • reguluje funkcje błon komórkowych (niezbędny w funkcjonowaniu komórek nerwowych i skurczu mięśni) • bierze udział w procesie krzepnięcia krwi	• krzywica u dzieci • osteoporoza u dorosłych • próchnica zębów • zaburzenia krzepnięcia krwi • drgawki i silne skurcze mięśni szkieletowych	• nieprawidłowy wzrost i martwica organów roślinnych • zakłócenia gospodarki wodnej
	magnez (Mg^{2+})	• jest składnikiem kości • jest aktywatorem licznych enzymów • wpływa na przepuszczalność błon komórkowych (niezbędny w funkcjonowaniu komórek nerwowych i skurczu mięśni) • jest składnikiem chlorofilu	• zwiększenie pobudliwości komórek nerwowych i mięśni (kurcze i drżenie) • zaburzenia rytmu pracy serca	• zahamowanie fotosyntezy • chloroza, czyli żółknięcie, a następnie zamieranie liści spowodowane brakiem chlorofilu • więdnienie
	potas (K^+)	• bierze udział w przewodzeniu impulsów nerwowych • u zwierząt jest ważnym składnikiem płynów ustrojowych; reguluje gospodarkę wodną organizmu • wpływa na skurcze mięśni • u roślin jest aktywatorem wielu enzymów, m.in. biorących udział w fotosyntezie i oddychaniu komórkowym	• zaburzenia rytmu pracy serca • osłabienie pracy mięśni	• żółknięcie liści • więdnienie rośliny • zahamowanie wzrostu korzeni i pędów
	sód (Na^+)	• bierze udział w przewodzeniu impulsów nerwowych • u zwierząt jest ważnym składnikiem płynów ustrojowych; reguluje gospodarkę wodną organizmu	• utrata pobudliwości komórek nerwowych	• niedobór praktycznie nie występuje
Mikroelementy	żelazo (Fe^{2+})	• jest składnikiem białek złożonych, transportujących (hemoglobina) lub magazynujących (mioglobina) tlen • wchodzi w skład wielu enzymów uczestniczących w oddychaniu tlenowym i fotosyntezie	• osłabienie i anemia • zaburzenia rytmu pracy serca • zakłócenie procesu oddychania komórkowego	• zakłócenia przebiegu fotosyntezy i oddychania komórkowego • żółknięcie liści
	jod (I^-)	• jest składnikiem hormonów tarczycy regulujących m.in. pracę serca, przemianę materii i pobudliwość układu nerwowego	• powiększenie tarczycy (wole) • obrzęki skóry • niedorozwój umysłowy	• nieznane

Rodzaje wiązań i oddziaływań chemicznych

Atomy jednego lub kilku pierwiastków mogą łączyć się ze sobą za pomocą różnych wiązań chemicznych. Tworzą się one głównie dzięki **elektronom walencyjnym**. Elektrony te są naj słabiej przyciągane przez jądro, ponieważ znajdują się na najbardziej zewnętrznej powłoce elektronowej atomu. Każde wiązanie chemiczne ma pewną energię, której miarą jest ilość energii potrzebna do jego rozerwania. Zwykle wyraża się ją w kilodżulach przypadających na mol cząsteczki (kJ/mol). Wiązania silne odznaczają się energią wynoszącą od kilkudziesięciu do kilkuset kJ/mol, a słabe – od kilku do kilkunastu kJ/mol. W zależności od sposobu oddziaływania między atomami wyróżnia się wiązania: kowalencyjne, jonowe, wodorowe, siły van der Waalsa i oddziaływania hydrofobowe.

Wiązanie kowalencyjne (atomowe) to wiązanie silne, które powstaje przez uwspólnienie jednej lub kilku par elektronów należących do różnych atomów. Taki typ wiązania spotyka się np. w cząsteczkach wodoru (H_2), tlenu (O_2), chloru (Cl_2), azotu (N_2), a także między atomami węgla w związkach organicznych. Atomy tych pierwiastków mają wspólną parę lub pary elektronów, które tworzą wiązanie.

Powstawanie wiązania kowalencyjnego

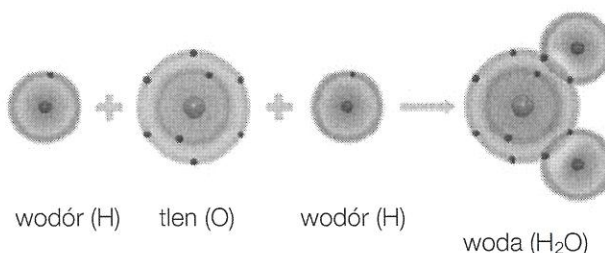


Wiązanie kowalencyjne utworzone przez jedną wspólną parę elektronów (np. w cząsteczce wodoru) to wiązanie pojedyncze, natomiast zbudowane z dwóch wspólnych par elektronów (np. w cząsteczce tlenu) – podwójne.

Wiązanie kowalencyjne, w którym – ze względu na podobną siłę przyciągania elektronów przez atomy budujące cząsteczkę – rozmieszczenie wspólnej pary elektronów jest równomierne,

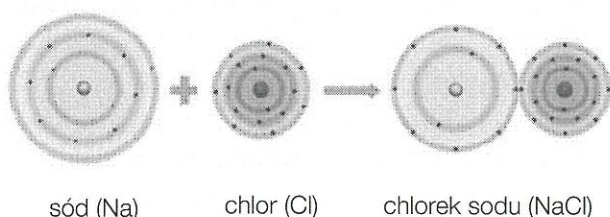
określa się jako **wiązanie kowalencyjne niepolarne**. Wiązanie chemiczne, w którym wspólna para elektronów jest przesunięta w kierunku jednego z atomów tworzących wiązanie, nazywa się **wiązaniem kowalencyjnym spolaryzowanym**. Cząsteczka związku chemicznego zyskuje w nim charakter **dwubiegunowy** (polarny) lub, inaczej mówiąc, staje się **dipolem**. Tego typu wiązanie znajduje się np. w cząsteczce wody. Atom, który silniej przyciąga wspólną parę elektronów, stanowi biegun ujemny cząsteczki (w cząsteczce wody jest to tlen), a atom przyciągający słabiej – biegun dodatni (atomy wodoru). Polarność lub brak polarności cząsteczki wpływa na jej właściwości biologiczne.

Powstawanie wiązania kowalencyjnego spolaryzowanego



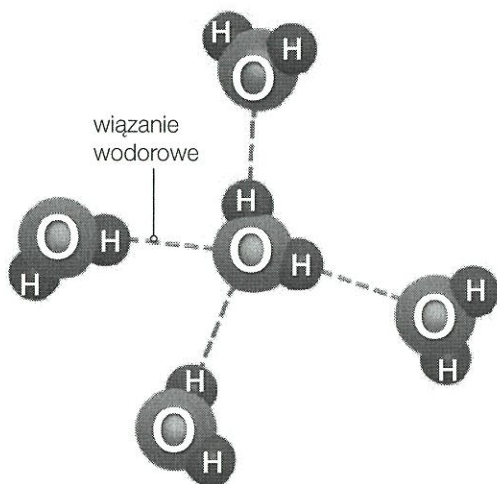
Wiązanie kowalencyjne spolaryzowane występuje w cząsteczce wody. Duża siła przyciągania atomu tlenu powoduje, że wspólne pary elektronów są wyraźnie przesunięte w jego kierunku.

Wiązanie jonowe powstaje w wyniku przyciągania się różnoimiennych jonów. Podobnie jak wiązanie atomowe należy do silnych wiązań chemicznych. Jonem staje się atom, który, dążąc do wypełnienia zewnętrznych powłok elektronowych, przyjął lub oddał elektrony. Atomy o ładunku dodatnim (kationy) powstają w wyniku utraty elektronów, natomiast atomy o ładunku ujemnym (aniony) tworzą się przez przyłączenie dodatkowych elektronów pochodzących z innych atomów. W cząsteczkach biologicznych wiązania jonowe występują bardzo często, są one jednak osłabione ze względu na środowisko wodne panujące w komórce. Dzieje się tak dlatego, że polarne cząsteczki wody otaczają jony tworzące związek i osłabiają ich wzajemne przyciąganie.

Powstawanie wiązania jonowego

W wiązaniu jonowym różnoimienne jony sodu (Na^+) i chloru (Cl^-) przyciągają się, tworząc cząsteczkę związku chemicznego – chlorku sodu (NaCl).

Wiązanie wodorowe powstaje między dodatnio naładowanym atomem wodoru jednej cząsteczki a innym atomem naładowanym ujemnie (najczęściej tlenem lub azotem), pochodzącym z innej cząsteczki. **Pojedyncze wiązania wodorowe** należą do słabych (są ok. 10–20 razy słabsze od typowych wiązań kowalencyjnych). Zwykle jednak występują w dużej liczbie, co sprawia, że decydują o właściwościach wielu związków (np. o wartości temperatury topnienia) oraz odgrywają istotną rolę w utrzymaniu odpowiedniej struktury substancji wielkocząsteczkowych (np. białek i kwasów nukleinowych). Wiązania wodorowe powstają również między atomami wodoru i tlenu należącymi

Powstawanie wiązania wodorowego

Wiązanie wodorowe między cząsteczkami wody powstaje wskutek przyciągania się atomu tlenu, który ma ładunek ujemny, z atomem wodoru, który ma ładunek dodatni.

do różnych cząsteczek wody. Są one odpowiedzialne za szczególne właściwości wody, takie jak wysoka temperatura topnienia i wrzenia, duże ciepło właściwe, duże napięcie powierzchniowe. W kryształach lodu każda cząsteczka wody jest połączona za pomocą wiązań wodorowych z czterema sąsiednimi cząsteczkami, tworząc przestrzenną sieć. Podczas topnienia lodu część tych wiązań zostaje rozerwana.

Siły van der Waalsa to oddziaływania międzycząsteczkowe kilkadziesiąt razy słabsze od wiązań wodorowych. Dlatego dopiero duża ich liczba ma istotny wpływ na kształtowanie się struktury dużych cząsteczek, np. białek. Występowanie sił van der Waalsa jest uwarunkowane dwubiegunową budową cząsteczek oraz przyciąganiem się dipoli położonych blisko siebie.

Oddziaływania hydrofobowe należą do słabych oddziaływań międzycząsteczkowych. Powstają wtedy, gdy w środowisku wodnym znajdą się cząsteczki, które nie są dipolami. Należą do nich m.in. cząsteczki tłuszczów, układające się w środowisku wodnym tak, aby ich kontakt z wodą był jak najmniejszy (tworzą krople lub warstwę). Oddziaływania hydrofobowe mają zasadnicze znaczenie podczas tworzenia się błon biologicznych.

Woda

Woda jest głównym związkiem nieorganicznym wchodzącym w skład organizmów. Jej średnia zawartość wynosi 60–70%, jednak u niektórych organizmów, np. chełbi modrej, dochodzi nawet do 98%. Zawartość wody zależy często od stanu aktywności organizmu i jego wieku. Może być różna także w poszczególnych elementach jednego organizmu, np. krew człowieka zawiera 90% wody, tkanka mięśniowa – 75%, a kości – tylko 20%.

Woda jest również substancją obojętną elektrycznie i chemicznie. Poza nielicznymi wyjątkami (np. **hydroliza**) nie bierze bezpośredniego udziału w reakcjach chemicznych, tworzy natomiast idealne środowisko do ich przebiegu.

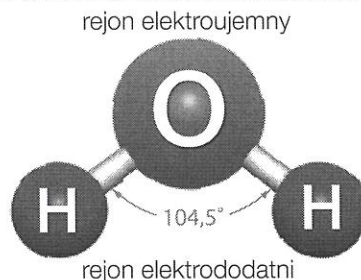
hydroliza – reakcja chemiczna zachodząca między wodą a rozpuszczoną w niej substancją. Jej rezultatem jest powstanie nowych związków chemicznych.

Budowa i właściwości fizykochemiczne wody

Łatwość tworzenia wiązań wodorowych ma duże znaczenie biologiczne, ponieważ decyduje o takich właściwościach wody, jak: zdolność do rozpuszczania innych substancji, wysoka temperatura topnienia i wrzenia, duże ciepło właściwe, duże napięcie powierzchniowe, a także tworzenie sztywnej struktury lodu.

Budowa cząsteczki wody

Cząsteczki wody składają się z dwóch atomów wodoru połączonych wiązaniem kowalencyjnym spolaryzowanym z jednym atomem tlenu. Polaryzacja wiązań powoduje, że cząsteczki wody są dipolami. Od strony atomu tlenu ładunek jest ujemny, a od strony atomów wodoru – dodatni. Większość właściwości wody wynika z polarności jej cząsteczek, dzięki której mogą się one łączyć ze sobą oraz z innymi cząsteczkami za pomocą wiązań wodorowych.



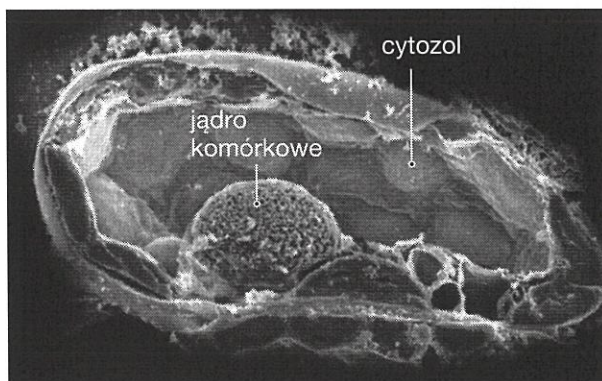
W cząsteczce wody kąt między atomami wodoru wynosi $104,5^\circ$. Dlatego ma ona trójkątny kształt i asymetrycznie rozmieszczone ładunki. Dzięki temu między cząsteczkami wody tworzą się wiązania wodorowe.

Uniwersalny rozpuszczalnik

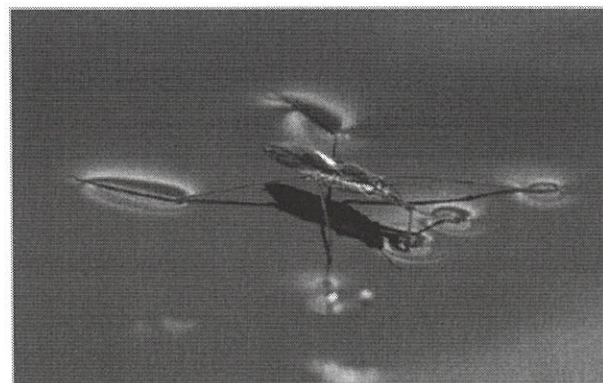
Woda jest rozpuszczalnikiem większości związków chemicznych (polarnych), budujących organizmy. Jej cząsteczki rozrywają wiązania wodorowe między cząsteczkami innej substancji polarnej i zastępują je wiązaniami wodorowymi, które same tworzą. W efekcie cząsteczki tej substancji rozpuszczają się w wodzie. Z tego względu woda stanowi środowisko, w którym przebiegają wszystkie reakcje chemiczne w organizmie.

Duże napięcie powierzchniowe

Liczne wiązania wodorowe między cząsteczkami wody powodują powstawanie **sił kohezji** (spójności), czyli przyciągania międzycząsteczkowego. Jednym z przejawów ich występowania jest duże napięcie powierzchniowe wody. Powstaje ono, ponieważ oddziaływania między cząsteczkami wody są silniejsze niż między cząsteczkami wody a cząsteczkami gazów znajdujących się w powietrzu. Warstwa powierzchniowa umożliwia drobnym organizmom utrzymywanie się na powierzchni wody. Cząsteczki wody charakteryzuje także zdolność do **adhezji**, czyli przylegania do substancji zawierających grupy naładowanych atomów lub cząsteczek i zwilżania ich. U roślin zjawiska kohezji i adhezji umożliwiają podnoszenie się wody w naczyniach – elementach odpowiedzialnych za jej transport – oraz zapobiegają przerwaniu w nich słupa wody.



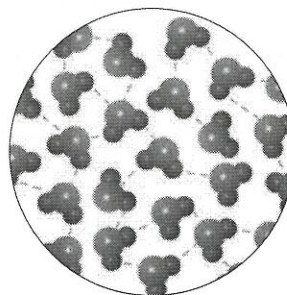
Woda, jako doskonały rozpuszczalnik, jest głównym składnikiem cytozolu w komórce. Obraz komórki spod mikroskopu skaningowego.



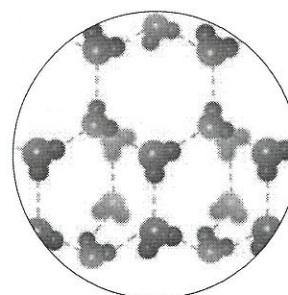
Dzięki dużemu napięciu powierzchniowemu wody niewielkie owady, takie jak nartnik (*Gerris lacustris*), potrafią przemieszczać się po jej powierzchni i osiągać prędkość nawet $1,5 \text{ m/s}$.

Gęstość mniejsza w stanie stałym niż w stanie ciekłym

Woda uzyskuje największą gęstość (1 g/cm^3) w temperaturze $+4^\circ\text{C}$. Wraz ze spadkiem temperatury jej gęstość maleje, a objętość wzrasta, co jest spowodowane zwiększaniem się odległości między cząsteczkami wody w wyniku powstawania regularnie rozmieszczonych wiązań wodorowych. W rezultacie lód jest nieco lżejszy od wody i utrzymuje się na jej powierzchni, tworząc warstwę izolacyjną, która chroni wodę przed dalszą utratą ciepła i zamarzaniem do dna głębszych zbiorników. Fakt, że zbiorniki wodne zamarzają od góry, pozwala przeżyć zamieszkującym pod lodem organizmom.



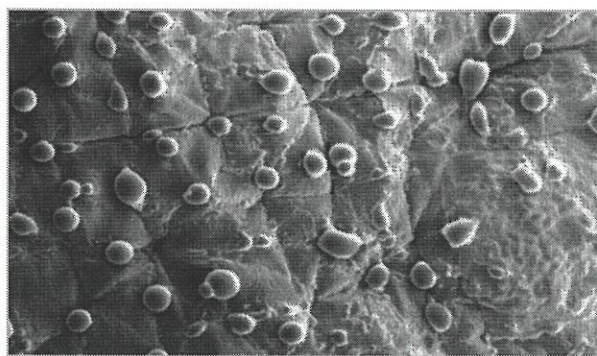
W stanie płynnym wiązania wodorowe między cząsteczkami wody tworzą się losowo.



W lodzie wiązania wodorowe między cząsteczkami wody są ułożone regularnie, dlatego ma on uporządkowaną strukturę krystaliczną.

Wysokie ciepło parowania

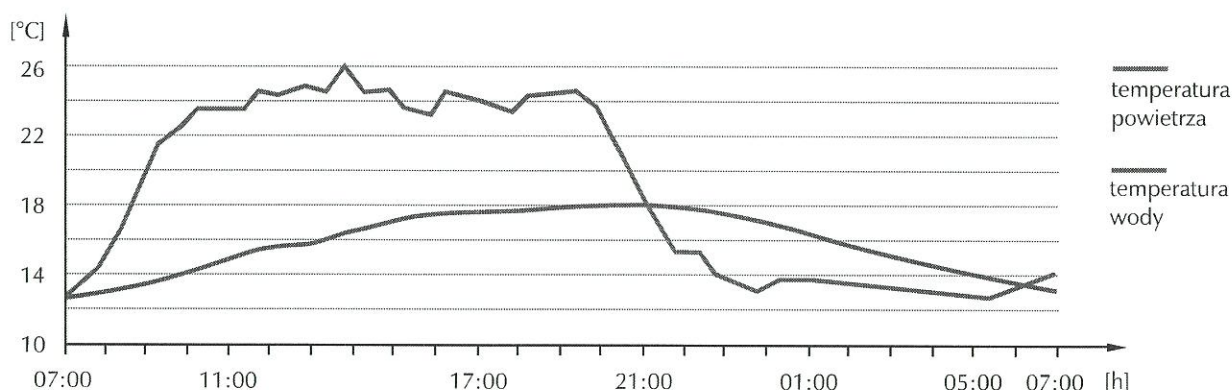
Wysokie ciepło parowania wody powoduje, że trzeba dostarczyć znaczną ilość energii, aby zerwać liczne wiązania wodorowe i zmienić jej stan skupienia z ciekłego na gazowy. Dzięki tej właściwości woda pełni istotną funkcję w termoregulacji, np. większość ssaków wydziela pot (zawartość wody ok. 99%), który, parując, chroni organizm przed przegrzaniem. U roślin podobną funkcję spełnia woda w procesie transpiracji. Jednocześnie woda jako **dobry przewodnik ciepła** łatwo je rozprawdza, dzięki czemu szybko wyrównuje temperaturę organizmu.



Krople potu na skórze człowieka (obraz spod SEM) powstają podczas intensywnego wysiłku fizycznego. Dzięki temu organizm zostaje ochłodzony.

Duże ciepło właściwe

Woda ma największe ciepło właściwe (ilość ciepła potrzebna do podniesienia temperatury 1 g substancji o 1°C) spośród wszystkich znanych substancji. Oznacza to, że aby podnieść temperaturę wody, należy dostarczyć jej znaczną ilość energii cieplnej, natomiast aby obniżyć temperaturę, trzeba dużą ilość energii odebrać. Dzięki temu woda zawarta w organizmie chroni go przed nagłymi zmianami temperatury otoczenia. Niewielkie wahania temperatury organizmu mają też istotny wpływ na przebieg reakcji biochemicznych, które zachodzą tylko w określonym przedziale wartości temperatury.



Dobowy cykl temperatury powietrza oraz temperatury wody w rzece Ropie, 18–19 lipca 2007 r. Duże ciepło właściwe wody zapewnia również względnie stałą temperaturę środowiska organizmom wodnym oraz sprzyja stabilizacji temperatury powietrza w pobliżu dużych zbiorników wodnych.

■ Sole mineralne

Większość soli mineralnych rozpuszcza się w wodzie i występuje w postaci jonów. Pozostałe mają postać stałą, np. kryształów. Organizmy pobierają sole mineralne z pokarmem. Związki te są dla nich źródłem pierwiastków potrzebnych do prawidłowego funkcjonowania. Sole mineralne:

- ▶ regulują stan uwodnienia komórek, np. jony wapnia i magnezu zmniejszają płynność cytoplazmy, podczas gdy jony sodu i potasu ją zwiększają,
- ▶ aktywują biokatalizatory komórki (enzymy),
- ▶ wpływają na procesy wymiany wody i innych substancji między komórką a jej otoczeniem,
- ▶ warunkują prawidłowy przebieg większości procesów biochemicznych, np. powstawania i przewodzenia impulsów nerwowych,
- ▶ stanowią fizjologiczne układy **buforowe** (głównie jony wodorowęglanowe i wodorofosforanowe(V)), zapewniając utrzymanie na stałym poziomie odczynu płynów ustrojowych.

Płyny ustrojowe zawierają równoważne liczby jonów dodatnich (kationów) i ujemnych (anionów). Szczególnie liczne są kationy wapnia

(Ca^{2+}), magnezu (Mg^{2+}), sodu (Na^+) i potasu (K^+). Wśród anionów istotne znaczenie mają: jony chlorkowe (Cl^-), wodorowe (H^+), wodorowęglanowe (HCO_3^-) i wodorofosforanowe(V) (H_2PO_4^-).

Część soli mineralnych, głównie fosforany(V) wapnia i magnezu, występuje w stanie stałym jako budulec pancerzy zwierząt oraz kości zwierząt i człowieka.

Czy wiesz, że...

Szkielety niektórych bezkręgowców – gąbek, koralowców, ślimaków i małży są zbudowane głównie z węglanu wapnia.



bufor – substancje lub mieszaniny substancji, które przyjmują lub oddają nadmiar jonów wodorowych, przeciwdziałając w ten sposób zmianom pH. We krwi jako bufor działa m.in. kwas węglowy.

Polecenia kontrolne

1. Podaj kryterium, według którego pierwiastki dzieli się na mikro- i makroelementy.
2. Wyjaśnij pojęcie *pierwiastki biogenne*.
3. Wyjaśnij różnice między wiązaniami kowalencyjnymi a wiązaniami jonowymi.
4. Scharakteryzuj wiązania wodorowe.
5. Przedstaw budowę cząsteczki wody.
6. Wyjaśnij, jakie znaczenie dla funkcjonowania organizmów ma fakt, że cząsteczki wody są dipolami.
7. Wymień właściwości wody wynikające z istnienia wiązań wodorowych pomiędzy jej cząsteczkami.
8. Woda ma największą gęstość w temperaturze $+4^\circ\text{C}$. Określ, jakie ma to znaczenie dla organizmów.
9. Wyjaśnij, z której właściwości wody korzysta maratończyk, polewając ciało wodą podczas biegu.
10. Określ znaczenie zjawisk adhezji i kohezji dla organizmów.
11. Podaj po jednym przykładzie roli soli mineralnych występujących w organizmie w postaci rozpuszczonej i nierozpuszczonej.
12. Na podstawie dostępnych źródeł informacji napisz, ile wynosi pH płynów ustrojowych w organizmie człowieka oraz wyjaśnij, dlaczego tak ważne dla organizmu jest utrzymanie pH na odpowiednim poziomie.

2

Budowa i znaczenie węglowodanów

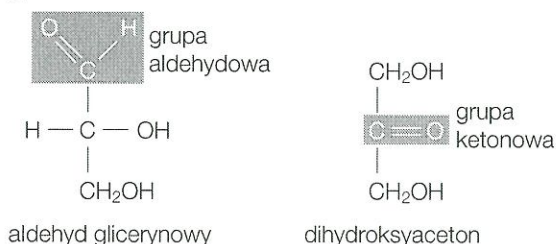
Sacharydy (cukry) są jedną z najliczniejszych i najbardziej zróżnicowanych grup związków organicznych występujących w żywych organizmach. W przyrodzie powstają głównie w wyniku fotosyntezy przeprowadzanej przez rośliny. Stanowią ok. 80% suchej masy roślin i jedynie ok. 1% suchej masy zwierząt. Potocznie nazywa się je **węglowodanami**, ponieważ w ich cząsteczkach zawsze oprócz węgla występują wodór i tlen w stosunku 2:1 (podobnie jak w cząsteczce wody).

Ze względu na budowę cząsteczek wyróżnia się trzy grupy sacharydów: monosacharydy, oligosacharydy i polisacharydy.

■ Monosacharydy

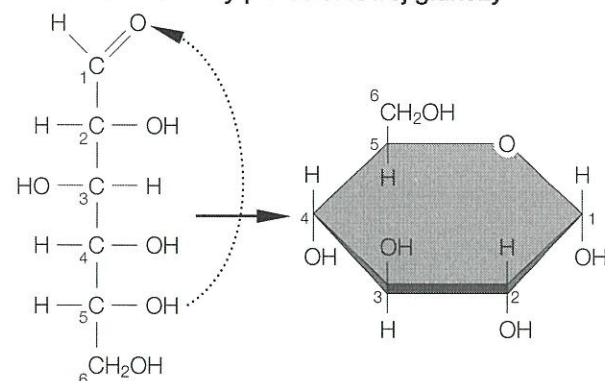
Monosacharydy (jednocukry, cukry proste) mają najprostszą budowę. Zawierają od trzech do siedmiu atomów węgla w cząsteczce, stąd ich nazwy, np. **triozy (C₃)**, **pentozy (C₅)**, **heksozy (C₆)**. Każdy z cukrów prostych ma kilka grup hydroksylowych (–OH) i jedną grupę karbonylową: aldehydową (–CHO) lub ketonową (–CO). Monosacharydy zawierające grupę aldehydową określa się jako aldozy, natomiast zawierające grupę ketonową jako ketozy.

Najprostsza aldoza i ketoza



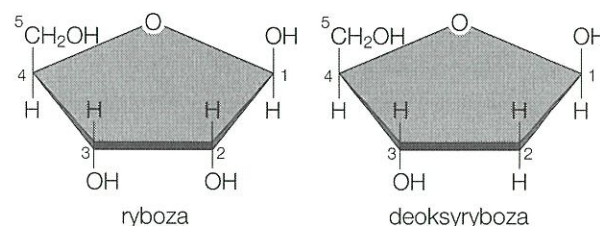
Monosacharydy są chemicznie obojętne, mają słodki smak, dobrze rozpuszczają się w wodzie i wykazują aktywność osmotyczną. W roztworach wodnych cząsteczki niektórych z nich tworzą pierścienie. Między grupą aldehydową lub ketonową a jedną z grup hydroksylowych tworzy się wtedy **mostek tlenowy**, powodujący zamknięcie cząsteczki. Powstawanie formy pierścieniowej jest reakcją odwracalną, jednak pierścienie pięcio- i sześciowęglowe są na tyle trwałe, że stanowią podstawową formę, w jakiej występują niektóre monosacharydy (np. ryboza, deoksyryboza czy glukoza).

Powstawanie formy pierścieniowej glukozy



forma łańcuchowa glukozy forma pierścieniowa glukozy

Forma pierścieniowa rybozy i deoksyrybozy



Ryboza różni się od deoksyrybozy obecnością tlenu przy drugim atomie węgla.

KLASYFIKACJA WYBRANYCH SACHARYDÓW

monosacharydy	oligosacharydy	polisacharydy
triozy: aldehyd glicerynowy, dihydroksyaceton	disacharydy: sacharoza laktoza maltoza	skrobia glikogen celuloza
pentozy: ryboza, deoksyryboza		
heksozy: glukoza, fruktoza, galaktoza		

■ Oligosacharydy

Oligosacharydy powstają przez połączenie od dwóch do pięciu cząsteczek cukrów prostych **wiązaniami O-glikozydowymi**. Oznacza to, że reszty cukrowe są połączone ze sobą mostkiem tlenowym. Najważniejszą biologicznie grupę oligosacharydów stanowią **disacharydy** (dwucukry), będące produktami **kondensacji** dwóch cząsteczek cukrów prostych. Ich właściwości fizykochemiczne są podobne do właściwości monosacharydów. Wśród dwucukrów największe znaczenie mają: sacharoza (cukier buraczany, cukier trzcinowy), laktoza (cukier mlekowy) i maltoza (cukier słodowy).

Oligosacharydy o dłuższych łańcuchach (zbudowane z więcej niż dwóch cukrów prostych) często łączą się z białkami lub lipidami, tworząc związki wchodzące w skład błon komórkowych. Determinują grupy krwi, odgrywają też kluczową rolę przy rozpoznawaniu się komórek.

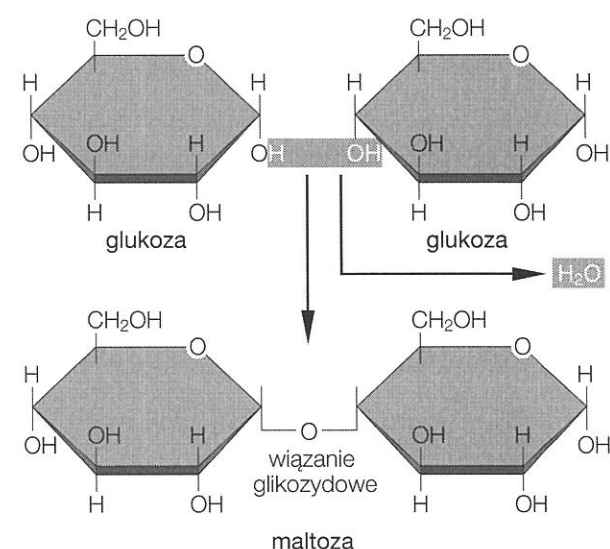
Czy wiesz, że...

Laktoza jest rozkładana przez laktazę – enzym wytwarzany w komórkach jelita cienkiego. Tworzy się on w ostatnim etapie rozwoju płodowego ssaków, a maksymalną aktywność uzyskuje w pierwszych miesiącach po ich narodzeniu. U człowieka aktywność enzymu zmniejsza się stopniowo od początku szóstego miesiąca do około trzeciego roku życia. Spotykane u niektórych ludzi problemy z trawieniem laktozy wynikają zatem z niedoboru lub braku laktazy.

■ Polisacharydy

Polisacharydy (wielocukry) to związki zbudowane z dużej liczby monosacharydów połączonych wiązaniami O-glikozydowymi. Utworzone w ten sposób łańcuchy mogą być proste lub rozgałęzione. Polisacharydy, w odróżnieniu od monosacharydów i disacharydów, są nierozpuszczalne w wodzie. Dzięki temu mogą pełnić w organizmie funkcję zapasową lub budulcową. Do polisacharydów zapasowych należą przede wszystkim skrobia i glikogen, natomiast do budulcowych – celuloza oraz chityna.

Powstanie wiązania O-glikozydowego



W czasie kondensacji dwóch cząsteczek cukrów prostych następuje wydzielenie jednej cząsteczki wody.

Obserwacja

Obserwacja mikroskopowa wybarwionych preparatów ziaren skrobi bulwy ziemniaka

Wytnij cienki skrawek z wewnętrznej części bulwy, dodaj kroplę płynu Lugola i przygotuj preparat mikroskopowy. Pod wpływem płynu Lugola ziarna skrobi wewnątrz komórek wybarwią się na kolor niebieskofioletowy. Obserwując je, zwróć uwagę na kształt i wielkość.

ściana
komórkowa

ziarno
skrobi

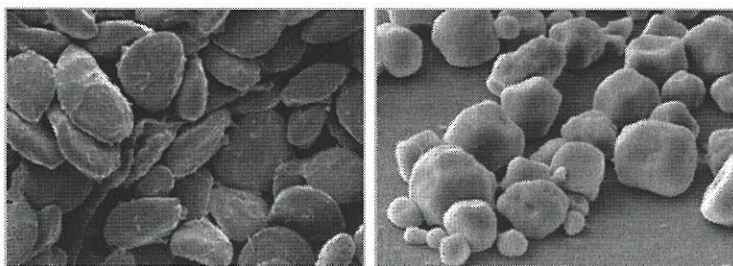
kondensacja – reakcja chemiczna między co najmniej dwiema cząsteczkami, w której wyniku oprócz nowej, większej cząsteczki powstaje cząsteczka prostego związku chemicznego, np. wody.

Budowa wybranych polisacharydów

Wielocukry są polimerami, ponieważ powstają na skutek połączenia się wielu elementów – monomerów. Monomerem najbardziej rozpowszechnionym w przyrodzie polisacharydów: skrobi, glikogenu i celulozy jest glukoza. Mimo to podobne właściwości fizykochemiczne mają tylko skrobia i glikogen. Wynika to z faktu, że w cukrach tych cząsteczki glukozy są połączone ze sobą w odmienny sposób niż w celulozie.

Skrobia

Skrobia jest mieszaniną dwóch wielocukrów: amylozy i amylopektyny. Amyloza jest zbudowana z reszt glukozy (od 250 do 1000), mających mostki tlenowe zwrócone w tę samą stronę. Dzięki temu tworzy spiralnie zwinięty łańcuch. Amylopektyna zawiera ponad 600 cząsteczek glukozy. Jej łańcuch ma liczne odgałęzienia boczne. Kształt i wielkość ziaren skrobi są charakterystyczne dla poszczególnych gatunków roślin.



Skrobia jęczmienna (obraz spod SEM). **Skrobia kukurydziana** (obraz spod SEM).

Glikogen

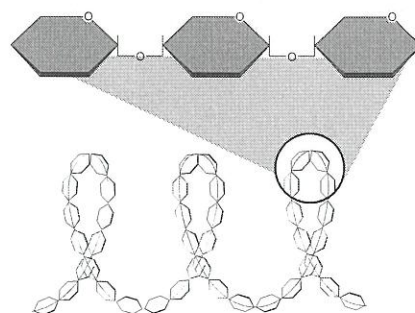
Budowa chemiczna glikogenu jest podobna do budowy amylopektyny. Jego łańcuch ma jednak więcej odgałęzień bocznych i może go tworzyć od 500 do 50 000 reszt glukozy, połączonych tak jak w skrobi.

Celuloza

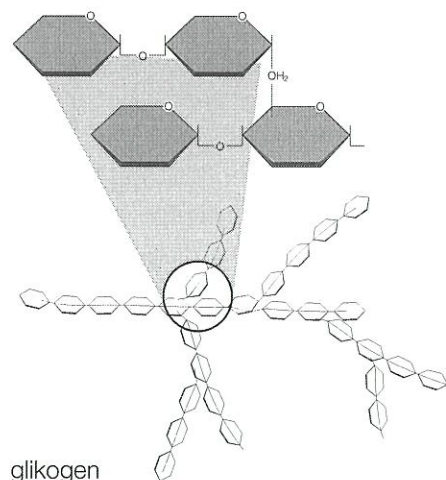
Cząsteczki celulozy są utworzone z kilkuset do kilkuset tysięcy reszt glukozy połączonych w długie, nierozgałęzione, równoległe do siebie łańcuchy. Budowa ta wynika z faktu, że sąsiadujące ze sobą cząsteczki glukozy są zwrócone mostkami tlenowymi raz w jedną, raz w drugą stronę. Dzięki temu celuloza tworzy proste łańcuchy, które mogą się spletać we włókna celulozowe odporne na rozciąganie.

Chityna

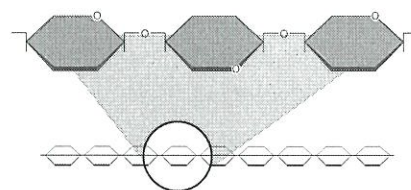
Monomerem chityny jest glukozamina, której cząsteczka tym różni się od glukozy, że przy drugim atomie węgla zamiast grupy hydroksylowej znajduje się grupa aminowa ($-NH_2$).



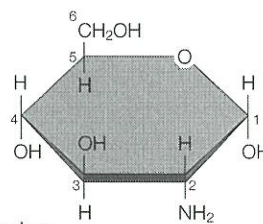
amyloza



glikogen



celuloza



glukozamina

Występowanie i znaczenie wybranych cukrów

	Cukier	Występowanie i znaczenie
Monosacharydy	aldehyd glicerynowy	Nie występuje w stanie wolnym. W organizmach jest produktem pośrednim ważnych szlaków metabolicznych, m.in. w reakcjach oddychania komórkowego
	ryboza	Jest składnikiem kwasu rybonukleinowego (RNA), niektórych witamin oraz związków bogatoenergetycznych, pełniących funkcje chemicznych akumulatorów i nośników energii, m.in. ATP
	deoksyryboza	Jest składnikiem kwasu deoksyrybonukleinowego (DNA)
	glukoza	W stanie wolnym występuje przede wszystkim w miodzie oraz sokach wielu warzyw i owoców (stanowi ok. 20% świeżej masy winogron, stąd nazwa – cukier gronowy). W odróżnieniu od innych cukrów jest wykorzystywana bezpośrednio przez organizmy jako substrat w procesie oddychania komórkowego. Łatwo przenika przez błony komórkowe, dlatego stanowi postać transportową cukrów u zwierząt. Wchodzi w skład licznych oligo- i polisacharydów
	fruktoza	Jest składnikiem miodu i soków owocowych (stąd nazwa: cukier owocowy) i najśłodszym z naturalnie występujących cukrów. To obok glukozy najważniejsza heksoza organizmów żywych (łatwo przekształcana w glukozę). Stanowi składnik oligosacharydów (np. sacharozy) i polisacharydów
	galaktoza	Najczęściej występuje w stanie związanym w oligosacharydach (np. w laktozie), jest także składnikiem niektórych polisacharydów
Disacharydy	sacharoza (glukoza i fruktoza)	W dużych ilościach (13%–20%) występuje w korzeniu buraka cukrowego i łodygach trzciny cukrowej. Jest główną formą transportową cukrów u wszystkich roślin, a u niektórych pełni też funkcję zapasową
	laktoza (glukoza i galaktoza)	Jest składnikiem mleka ssaków, pełni funkcję odżywczą
	maltoza (glukoza i glukoza)	Powstaje jako produkt trawienia skrobi oraz glikogenu, występuje w nektarze i pyłku niektórych gatunków roślin. Wabi zwierzęta zapylające kwiaty, pełni funkcję odżywczą
Polisacharydy	skrobia	Występuje m.in. w bulwach ziemniaków i nasionach zbóż. Jest głównym materiałem zapasowym u roślin
	glikogen	Występuje w komórkach grzybów oraz bakterii, u zwierząt głównie w komórkach wątroby i mięśniach szkieletowych. Jest materiałem zapasowym u grzybów i zwierząt
	celuloza	Jest głównym składnikiem ścian komórkowych roślin oraz wielu protistów grzybopodobnych. Pełni funkcję budulcową
	chityna	Jest głównym składnikiem ścian komórkowych grzybów i oskórka stawonogów. Pełni funkcję budulcową

Doświadczenie

Wykrywanie glukozy w soku z winogron

Problem badawczy: Czy w soku z winogron znajduje się glukoza?

Hipoteza: W soku z winogron znajduje się glukoza.

Przebieg Próba badawcza

doświadczenia: Probówka A – zawierająca sok z winogron i odczynniki Fehlinga (I i II).

Próba kontrolna

Probówka B – zawierająca roztwór glukozy o stężeniu 10% i odczynniki Fehlinga (I i II).

Do probówki A wlej ok. 2 ml soku z winogron, dodaj zbliżoną ilość odczynnika Fehlinga (I i II), a następnie silnie podgrzej nad palnikiem.

Do probówki B wlej ok. 2 ml roztworu glukozy, dodaj zbliżoną ilość odczynnika Fehlinga (I i II), a następnie silnie podgrzej nad palnikiem.

Zaobserwowany wynik doświadczenia: Zmiana zabarwienia w obu probówkach i wytrącenie się ceglastoczerwonego osadu.

Wniosek: W soku z winogron znajduje się glukoza. Hipoteza została potwierdzona.

Wyjaśnienie: Odczynnik Fehlinga I to wodny roztwór siarczanu(VI) miedzi(II), a odczynnik Fehlinga II – roztwór wodorotlenku sodu i winianu sodowopotasowego. Służą one do wykrywania obecności niektórych cukrów. Ich działanie jest oparte na redukujących właściwościach obecnych w węglowodanach grup: aldehydowej lub ketonowej. Podczas reakcji z odczynnikami Fehlinga glukoza ma formę łańcuchową, a jej grupa aldehydowa redukuje wchodzące w skład odczynników jony Cu^{2+} do Cu^+ , co powoduje wytrącenie się osadu Cu_2O i zmianę barwy roztworu. Niektóre disacharydy (np. sacharoza) oraz polisacharydy dają negatywny wynik w reakcji z odczynnikami Fehlinga, ponieważ ich pierścienie są połączone ze sobą tak, że nie ma wolnych grup redukujących jony miedzi.

Uwaga! Po zmieszaniu odczynników Fehlinga I i II powstaje barwny (niebieski) związek, który nie jest trwały. Dlatego mieszanie dwóch części odczynnika należy przeprowadzić tuż przed doświadczeniem.

Polecenia kontrolne

1. Podaj kryterium podziału sacharydów na mono-, oligo- i polisacharydy.
2. Wyjaśnij, z czego wynika szczególna rola glukozy w organizmie człowieka.
3. Przedstaw znaczenie wybranych dwucukrów.
4. Wymień sacharydy, które składają się wyłącznie z cząsteczek glukozy.
5. Wytłumacz, dlaczego celuloza jest sacharydem nieprzyswajalnym przez układ pokarmowy człowieka.
6. Wyjaśnij, dlaczego materiałem zapasowym u roślin i zwierząt są głównie wielocukry, a nie cukry proste.
7. Porównaj budowę chemiczną skrobi, glikogenu i celulozy.
8. Podaj dwie różnice w budowie celulozy i skrobi, które powodują, że cukry te mają różne właściwości fizykochemiczne.

3

Lipidy – budowa i znaczenie

Lipidy (tłuszczowce) stanowią grupę związków organicznych o bardzo zróżnicowanej budowie. Ich cząsteczki są niepolarne, dlatego nie rozpuszczają się w wodzie będącej rozpuszczalnikiem polarnym. Dobrze natomiast rozpuszczają się w rozpuszczalnikach organicznych (niepolarnych), takich jak alkohol czy benzen. Gęstość lipidów jest mniejsza niż gęstość wody, dzięki czemu utrzymują się na jej powierzchni.

Istnieje wiele kryteriów podziału tłuszczowców. Ze względu na konsystencję w temperaturze pokojowej wyróżnia się tłuszcze stałe (np. masło, smalec) i ciekłe (np. olej, tran). W zależności od pochodzenia dzieli się lipidy na roślinne (oleje) i zwierzęce (smalec, tran), natomiast przyjmując za kryterium budowę cząsteczek, wyróżnia się lipidy proste, złożone oraz izoprenowe. Ostatnie z wymienionych, mimo że mają inną budowę, są zaliczane do tłuszczów ze względu na hydrofobowość cząsteczek i rozpuszczalność w rozpuszczalnikach niepolarnych.

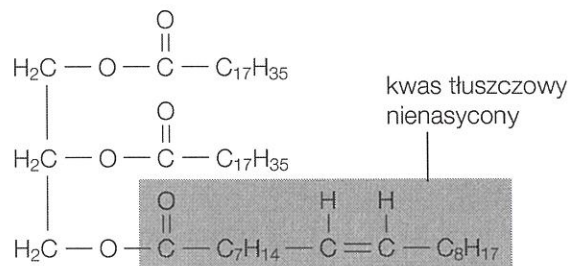
PODZIAŁ LIPIDÓW ZE WZGLĘDU NA BUDOWĘ CZĄSTECZKI

proste	złożone	izoprenowe
• tłuszcze właściwe • woski	• fosfolipidy • glikolipidy	• steroidy • karotenoidy

■ Lipidy proste

Pod względem chemicznym lipidy (z wyjątkiem lipidów izoprenowych) są **estrami**, czyli produktami kondensacji alkoholi i kwasów. Lipidy proste są estrami alkoholu i wyższych kwasów tłuszczowych. W tłuszczach właściwych alkoholem jest **glicerol**, który ma trzy grupy hydroksylowe. Oznacza to, że jedna cząsteczka glicerolu może utworzyć wiązania maksymalnie z trzema cząsteczkami kwasów tłuszczowych. Tego typu tłuszcze nazywa się **triglicerydami**.

Kwasy tłuszczowe są zbudowane z długich prostych łańcuchów węglowodorowych



W cząsteczce triglicerydu wiązania estrowe powstają w reakcji grup hydroksylowych (–OH) glicerolu z grupami karboksylowymi (–COOH) kwasów tłuszczowych.

o parzystej liczbie atomów węgla i mają jedną grupę karboksylową. Najczęściej spotyka się kwasy o 16 i 18 atomach węgla w cząsteczce. Kwasy tłuszczowe mogą być **nasycone**, jeśli pomiędzy atomami węgla nie ma wiązań podwójnych, lub **nienasycone**, jeżeli zawierają co najmniej jedno takie wiązanie. Długość łańcucha węglowego kwasów tłuszczowych i liczba wiązań podwójnych wpływają na właściwości fizykochemiczne tłuszczów. **Tłuszcze zwierzęce** mają konsystencję **stałą**, ponieważ zawierają głównie nasycone kwasy tłuszczowe. Przewaga kwasów nienasyconych w **tłuszczach roślinnych** powoduje natomiast, że są one **płynne**.

Lipidy są przede wszystkim **bogatoenergetycznym materiałem zapasowym**. Gromadzą się w nasionach roślin (rzepak, słonecznik, soja itd.) oraz tkankach zwierząt (m.in. pod skórą ptaków i ssaków oraz wokół ich narządów wewnętrznych). Dzięki temu pełnią również **funkcję termoizolacyjną** oraz zapobiegają urazom mechanicznym.

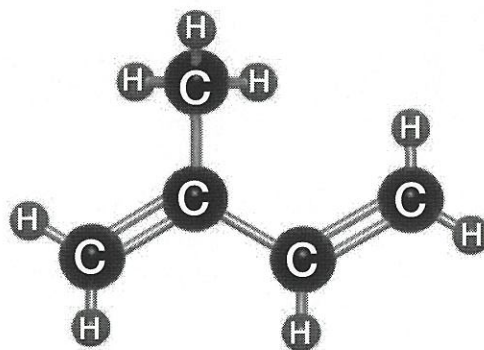
Woski to lipidy proste, w których cząsteczkach zamiast glicerolu znajduje się alkohol zbudowany z długiego łańcucha węglowego (16–36 atomów), zawierający tylko jedną grupę hydroksylową. Woski pokrywają powierzchnię liści i owoców wielu roślin, dzięki czemu chronią je przed nadmiernym parowaniem wody. Występują też na sierści i piórach zwierząt, tworząc nieprzemakalną warstwę. Do ważniejszych wosków należą **wosk pszczele** oraz **lanolina** – wosk wełny owczej.

■ Lipidy złożone

Lipidy złożone są niezwykle ważnym materiałem budulcowym komórek, przede wszystkim **błon biologicznych**. W ich skład, oprócz alkoholu (np. glicerolu) i kwasów tłuszczowych, wchodzi dodatkowo związki, np. kwas fosforowy(V) w **fosfolipidach**, czy cukry w **glikolipidach**. W fosfolipidach do reszty kwasu fosforowego(V) jest dołączony jeszcze inny związek o charakterze polarnym, charakterystyczny dla danego fosfolipidu. Taka budowa cząsteczki powoduje, że ma ona dwa końce o różnej zdolności do wchodzenia w reakcje z wodą. Niepolarne łańcuchy kwasów tłuszczowych, tzw. **ogony**, są **hydrofobowe** (unikają kontaktu z wodą), natomiast przeciwny koniec cząsteczki, tzw. **głowa**, jest **hydrofilowy** (dążący do kontaktu z wodą). Podobny charakter mają cząsteczki glikolipidów.

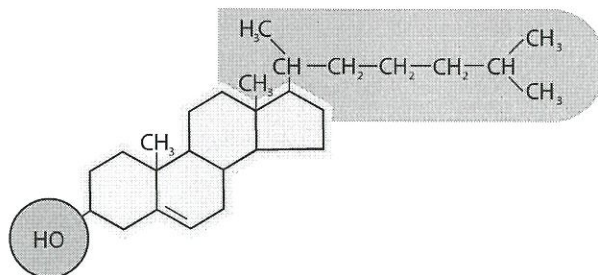
■ Lipidy izoprenowe

Lipidy izoprenowe to mniej lub bardziej skomplikowane produkty polimeryzacji cząsteczek izoprenu (węglowodoru). Stanowią grupę związków zróżnicowaną zarówno pod względem struktury, jak i pełnionych funkcji biologicznych. Najważniejszą grupą lipidów izoprenowych są **sterydy** – związki o złożonej budowie pierścieniowej.



Cząsteczka izoprenu zwana jest inaczej jednostką izoprenową. W wyniku łączenia się jednostek izoprenowych powstają lipidy izoprenowe.

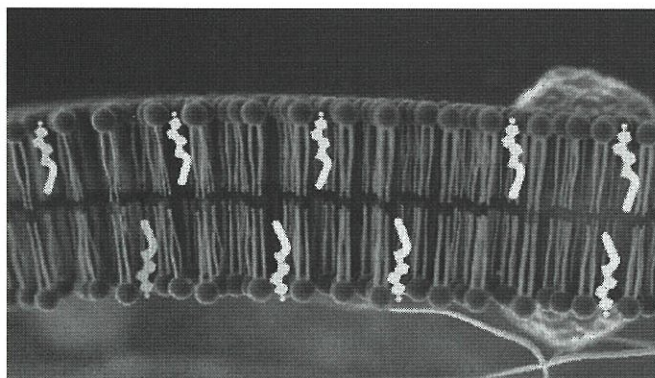
Jednym z głównych steroidów jest **cholesterol**. Występuje on u zwierząt, u których wchodzi w skład błon biologicznych i otaczających włókna nerwowe osłonek, które mają wpływ na sprawny przebieg impulsu nerwowego.



Cząsteczka cholesterolu składa się m.in. z czterech pierścieni, których ułożeniu związek ten zawdzięcza płaską strukturę. Taka budowa pozwala cholesterolowi wciskać się między lipidy w błonie komórkowej.

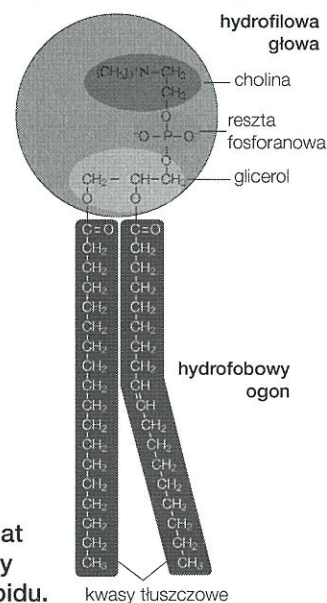
Charakter fosfolipidów

Hydrofilowo-hydrofobowy charakter cząsteczek fosfolipidów powoduje, że w roztworach wodnych tworzą one spontanicznie błonę zbudowaną z dwóch warstw lipidowych.



Lipidy tworzące dwuwarstwową błonę są skierowane hydrofilowymi głowami na zewnątrz, do roztworu wodnego, a hydrofobowymi ogonami do wnętrza dwuwarstwy.

Schemat budowy fosfolipidu.



Cholesterol jest również substancją wyjściową do syntezy wielu ważnych związków, m.in.:

- ▶ kwasów żółciowych – składników żółci wydzielanej przez wątrobę do dwunastnicy, ułatwiających trawienie tłuszczów,
- ▶ hormonów steroidowych wytwarzanych przez korę nadnerczy (regulują gospodarkę mineralną) oraz wyspecjalizowane komórki jąder i jajników (produkujących hormony płciowe),
- ▶ witaminy D wpływającej na wchłanianie wapnia z krwi do kości, co pozwala na utrzymanie ich prawidłowej struktury.

Do lipidów izoprenowych, oprócz steroidów, należą też **karotenoidy**. Są to żółte, pomarańczowe i czerwone barwniki występujące w komórkach roślin, które nadają barwę wielu

kwiatom i owocom. Podobnie jak chlorofile, uczestniczą one w fotosyntezie.

Beta-karoten (pomarańczowy barwnik) nadaje zabarwienie m.in. korzeniom marchwi oraz owocom pomarańczy i papryki. W organizmach wielu zwierząt, w tym człowieka, jest on przekształcany w witaminę A, która odgrywa ważną rolę w procesie widzenia. Karotenoidy są też naturalnymi antyoksydantami, czyli związkami opóźniającymi utlenianie różnych substancji. Spożywanie produktów zawierających karotenoidy chroni organizm przed powstającymi w procesach metabolicznych szkodliwymi dla organizmu wolnymi rodnikami. Są to atomy lub grupy atomów mające niesparowane elektrony, dzięki czemu są bardzo reaktywne i utleniają wiele substancji, z którymi się stykają.

Doświadczenie

Wykrywanie lipidów w nasionach słonecznika

Problem badawczy: Czy nasiona słonecznika zawierają tłuszcze?

Hipoteza: W nasionach słonecznika znajdują się tłuszcze.

Przebieg Próba badawcza

doświadczenia: Szkielko A – zawierające rozgniecione nasiona słonecznika i odczynnik Sudan III.

Próba kontrolna

Szkielko B – zawierające kroplę oleju i odczynnik Sudan III.

Na szkiełko podstawowe A nanieś skrawki nasion słonecznika i dodaj kroplę odczynnika Sudan III. Obejrzyj preparat pod mikroskopem.

Na szkiełko podstawowe B nanieś kroplę oliwy i dodaj kroplę odczynnika Sudan III. Obserwuj zmianę zabarwienia.

Zaobserwowany wynik doświadczenia: Zmiana zabarwienia w obu próbach na kolor czerwony.

Wniosek: Nasiona słonecznika zawierają tłuszcze.

Polecenia kontrolne

1. Wymień kryteria podziału lipidów.
2. Wyjaśnij, na czym polega różnica między tłuszczami nasyconymi a nienasyconymi. Podaj skutki tej różnicy.
3. Porównaj budowę tłuszczów właściwych i tłuszczów złożonych.
4. Podaj funkcje lipidów.
5. Wyjaśnij związek między budową fosfolipidów i glikolipidów a ich ułożeniem w błonach komórkowych.
6. Wyjaśnij, jaką funkcję pełni cholesterol w błonach biologicznych.

4

Białka — główny budulec organizmu

Białka są niezwykle ważną grupą związków chemicznych. Stanowią ok. 50% suchej masy komórek, budują struktury występujące w komórkach i biorą udział w regulowaniu wszystkich procesów życiowych zachodzących w komórkach. Ze względu na pełnione funkcje biologiczne wyróżnia się następujące grupy białek:

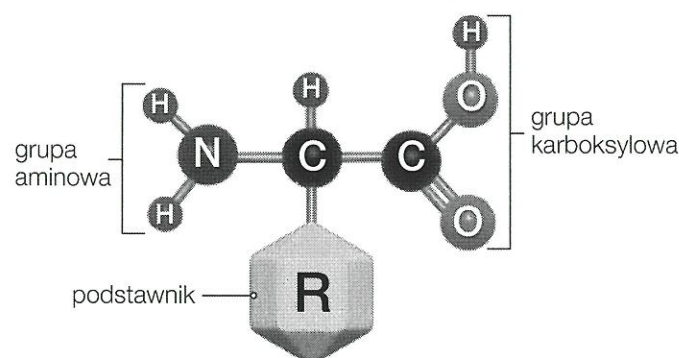
- ▶ **białka strukturalne**, współtworzące błony biologiczne, struktury tkanki łącznej (kolagen, elastyna) oraz włosów (keratyna);
- ▶ **białka regulujące** przebieg różnych procesów biochemicznych (enzymy, niektóre hormony);
- ▶ **białka odpowiedzialne za skurcze mięśni** (aktyna, miozyna);
- ▶ **białka odpornościowe**, uczestniczące w reakcjach obronnych organizmu (przeciwciała);
- ▶ **białka transportujące** np. substancje na zewnątrz komórki i do jej wnętrza (białka związane z błoną komórkową), hemoglobina przenosząca tlen i częściowo dwutlenek węgla (występuje w czerwonych krwinkach kręgowców);
- ▶ **białka zapasowe**, występujące głównie w nasionach (gromadzone w wakuolach komórek roślinnych jako tzw. ziarna aleuronowe), stanowią rezerwę substancji odżywczych dla rozwijającego się zarodka. W organizmach zwierząt, w tym człowieka, białka nie stanowią materiałów zapasowych (wyjątkiem są komórki jajowe).

■ Aminokwasy

Podstawową jednostką budulcową białek jest aminokwas. Pojedynczy aminokwas składa się z centralnie usytuowanego atomu węgla, połączonego wiązaniami kowalencyjnymi z **grupą aminową** ($-\text{NH}_2$), **grupą karboksylową** ($-\text{COOH}$), **atomem wodoru** oraz **charakterystycznym dla danego aminokwasu podstawnikiem** (grupą boczną), oznaczanym literą R. Podstawniki mogą mieć charakter łańcucha lub pierścienia. Różnią się od siebie także wielkością, ładunkiem elektrycznym, zdolnością do

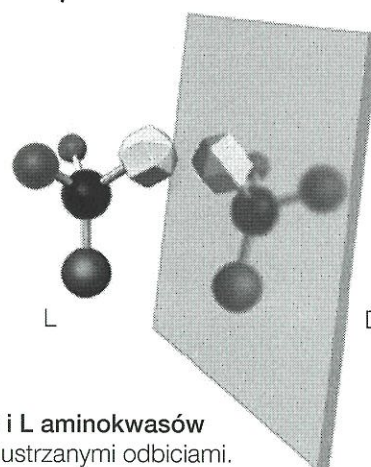
tworzenia wiązań wodorowych i powinowactwem do wody. Dlatego to one decydują o specyficznych właściwościach każdego aminokwasu.

Połączenie atomu węgla z czterema różnymi grupami powoduje, że jest on asymetryczny. W związku z tym cząsteczki aminokwasów (poza glicyną, której grupę boczną stanowi



W aminokwasie centralnie usytuowany węgiel jest połączony z grupą aminową, karboksylową, atomem wodoru i podstawnikiem.

atom wodoru) mogą występować w dwóch formach przestrzennych będących swoim lustrzanym odbiciem. Formy takie określa się mianem **izomerów optycznych** i oznacza literami **D** oraz **L**. Izomery optyczne nie różnią się właściwościami chemicznymi, są jednak rozróżniane przez enzymy i inne cząsteczki, co ma znaczenie dla przebiegu reakcji chemicznych w organizmach. W skład białek wchodzi wyłącznie **L-aminokwasy**.



Izomery D i L aminokwasów są swoimi lustrzanymi odbiciami.

Czy wiesz, że...

Mimo wysiłku wielu naukowców do tej pory nie udało się znaleźć odpowiedzi na pytanie, dlaczego w białkach występują tylko L-aminokwasy. Wydaje się, że „wybór” tej formy aminokwasów był przypadkowy i nastąpił na bardzo wczesnym etapie ewolucji życia na Ziemi.

Aminokwasy mogą występować w roztworach w jednej z trzech form:

- ▶ jonu obojnaczego (zjonizowane grupy karboksylowa i aminowa),
- ▶ anionu (zjonizowana grupa karboksylowa),
- ▶ kationu (zjonizowana grupa aminowa).

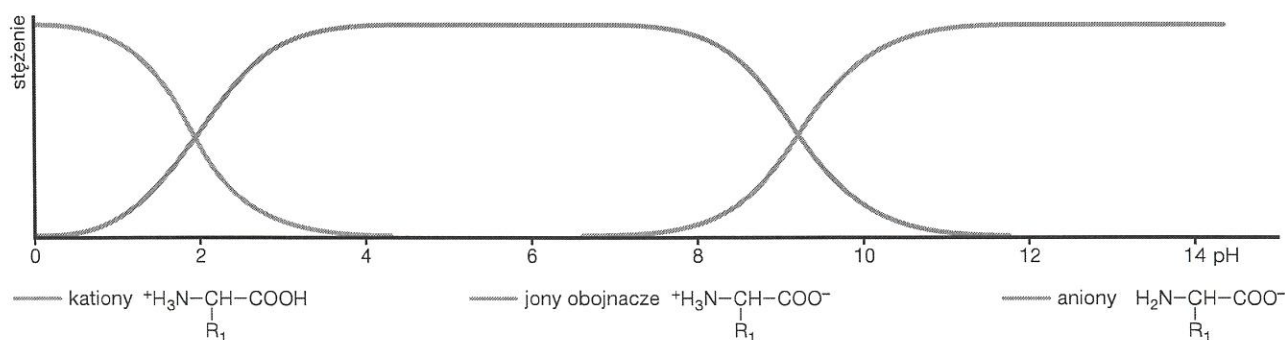
O tym, która z form dominuje, decyduje odczyn roztworu (pH). Niektóre aminokwasy mają w podstawniku dodatkowe grupy aminowe lub karboksylowe, które wpływają na właściwości całej cząsteczki. Ze względu na charakter podstawników aminokwasy można podzielić na **kwasowe, zasadowe i obojętne**.

Wszystkie białka są zbudowane z 20 rodzajów aminokwasów, które łączą się ze sobą

wiązaniem peptydowym. W powstawaniu tych wiązań uczestniczy grupa karboksylowa jednego aminokwasu oraz grupa aminowa drugiego aminokwasu. W zależności od liczby aminokwasów w łańcuchu wyróżnia się umownie:

- ▶ **oligopeptydy**, zawierające 2–10 aminokwasów,
- ▶ **polipeptydy**, zawierające 11–100 aminokwasów,
- ▶ **makropeptydy** (białka), zawierające więcej niż 100 aminokwasów w łańcuchu.

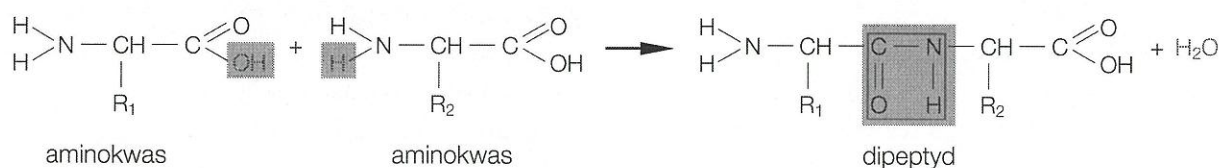
Oligopeptydami są np. **wazopresyna** i **oksytocyna**, hormony wytwarzane w tylnym płacie przysadki mózgowej. Do **polipeptydów** należą m.in. **insulina** (hormon wytwarzany przez komórki trzustki, wpływający na utrzymanie właściwego stężenia glukozy we krwi) i **penicylina** (związek o silnym działaniu bakteriobójczym, wytwarzany przez jeden z gatunków grzybów *Penicillium notatum*). Natomiast **makropeptydem** jest np. **albumina** (białko osocza krwi uczestniczące m.in. w regulacji ciśnienia osmotycznego krwi).

Wpływ pH roztworu na jonizację aminokwasu

W warunkach fizjologicznych większość aminokwasów występuje w formie jonów obojnaczych.

PODZIAŁ AMINOKWASÓW ZE WZGLĘDU NA CHARAKTER PODSTAWNIKÓW

kwasowe (przewaga grup karboksylowych)	zasadowe (przewaga grup aminowych)	obojętne (jednakowa liczba obu grup)	
• kwas asparaginowy • kwas glutaminowy	• lizyna • arginina • histydyna	polarne • asparagina • glutamina • seryna • treonina • tyrozyna	niepolarne • alanina • glicyna • walina • leucyna • izoleucyna • cysteina • prolina • fenyloalanina • metionina • tryptofan

Powstawanie wiązania peptydowego

Wiązanie peptydowe jest wiązaniem kowalencyjnym. Jego wytworzeniu towarzyszy wydzielenie cząsteczki wody.

Budowa i rodzaje białek

Znaczna część białek to **białka proste** (proteiny), zbudowane wyłącznie z aminokwasów. Dzieli się je na dwie duże grupy: białka fibrylarne (włókienkowe) i białka globularne. **Białka fibrylarne** mają strukturę włóknistą i nie rozpuszczają się w wodzie, dlatego przede wszystkim wchodzi w skład elementów strukturalnych organizmów. Na przykład keratyny są składnikami skóry, włosów, piór, rogów, pazurów i paznokci, a kolagen – tkanki łącznej (chrząstek, ścięgien oraz ścian naczyń krwionośnych). **Białka globularne** mają kształt kulisty, zazwyczaj rozpuszczają się w wodzie lub wodnych roztworach kwasów, zasad oraz soli. Pełnią różne funkcje, m.in. są enzymami, hormonami, uczestniczą w transporcie, stanowią materiał zapasowy. Do białek globularnych należą m.in.:

- ▶ **albuminy** – są to rozpuszczalne w wodzie składniki osocza krwi odpowiedzialne m.in. za transport kwasów tłuszczowych i niektórych hormonów oraz za regulację ciśnienia osmotycznego krwi. Mają działanie buforujące;
- ▶ **globuliny** – odpowiadają m.in. za odporność organizmu (przeciwciała) oraz transport hormonów sterydowych;
- ▶ **histony** – występują w jądrze komórkowym, gdzie wraz z DNA tworzą chromatynę.

Białka złożone są zbudowane z **części białkowej** (aminokwasowej) oraz części **niebiałkowej** (nieaminokwasowej). W zależności od rodzaju części niebiałkowej wyróżnia się: glikoproteiny, fosfoproteiny, lipoproteiny, metaloproteiny, chromoproteiny.

Właściwości białek

Większość białek rozpuszcza się w wodzie, tworząc koloid, czyli mieszaninę, w której jedna

Rodzaje białek złożonych

Rodzaje białek	Część niebiałkowa	Przykłady białek i ich funkcje
glikoproteiny	cukier	interferon wykazujący działanie przeciwwirusowe
fosfoproteiny	reszta fosforanowa	kazeina (zawarta w mleku) mająca zdolność wiązania jonów wapnia
lipoproteiny	tłuszcze	LDL i HDL transportujące cholesterol we krwi
metaloproteiny	atomy metalu	ferrytyna magazynująca żelazo w wątrobie
chromoproteiny	barwniki	hemoglobina transportująca tlen i dwutlenek węgla we krwi

substancja (w tym wypadku białko) jest rozpuszczona w drugiej (w tym wypadku woda). Wodny roztwór białka to zol. Po dodaniu do niego soli metali lekkich, np. NaCl, zachodzi **koagulacja białka**. Z zolu powstaje żel. Koagulacja jest procesem odwracalnym, gdyż nie narusza struktury przestrzennej białek. Żel rozpuszcza się i przechodzi ponownie w zol po dodaniu wody. Do nieodwracalnej zmiany struktury białek, czyli **denaturacji**, dochodzi pod wpływem czynników fizycznych (np. temperatury powyżej 40°C, promieniowania ultrafioletowego) lub chemicznych (np. stężonych kwasów i zasad, kationów metali ciężkich, fenolu, chloroformu). Skutkiem tego procesu jest zerwanie wiązań stabilizujących strukturę przestrzenną białek i tym samym – utrata przez białka właściwości biologicznych i fizykochemicznych.

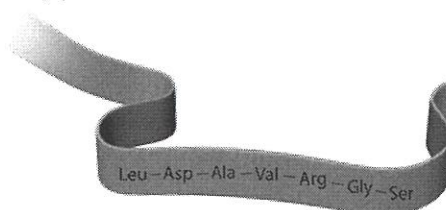
LDL i HDL – kompleksy białek i tłuszczów o małej gęstości (LDL – ang. *low density lipoproteins*) lub dużej gęstości (HDL – ang. *high density lipoproteins*).

Struktura białek

Wiązania peptydowe między kolejnymi aminokwasami w łańcuchach polipeptydowych są sztywne. Jednak wokół pozostałych wiązań łańcuch może się swobodnie obracać. Dzięki temu cząsteczki białek przyjmują różne formy przestrzenne.

Struktura pierwszorzędowa

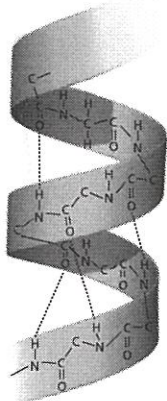
Strukturę pierwszorzędową wyznacza kolejność aminokwasów w łańcuchu peptydowym.



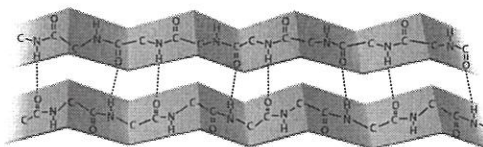
Struktura pierwszorzędowa istnieje dzięki wiązaniom peptydowym.

Struktura drugorzędowa

Strukturę drugorzędową stanowią łańcuchy polipeptydowe tworzące strukturę α -helisy i β -harmonijki. Powstaje ona na skutek wytworzenia wiązań wodorowych między grupą aminową wchodzącą w skład jednego wiązania peptydowego a grupą karboksylową innego wiązania peptydowego aminokwasów znajdujących się blisko siebie w łańcuchu polipeptydowym. Struktury α -helisy i β -harmonijki czasem nie obejmują całego łańcucha polipeptydowego.



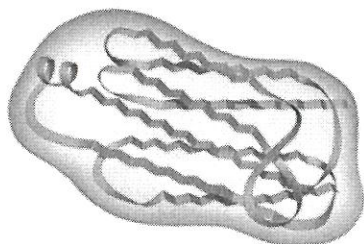
Struktura α -helisy powstaje przez prawoskrętne zwinienie łańcucha polipeptydowego wokół osi. Co cztery aminokwasy wiązania C=O i N-H układają się w odległości umożliwiającej powstanie wiązania wodorowego. Grupy boczne znajdują się na zewnątrz helisy. Przykładem białka, w którym przeważa struktura α -helisy, jest ferrytyna.



Struktura β -harmonijki powstaje przez ułożenie łańcucha polipeptydowego na płaszczyźnie. Wiązania wodorowe powstają między wiązaniami oddalonymi od siebie w łańcuchu. W tej samej płaszczyźnie leżą również grupy boczne. Struktura tego typu przeważa w białkach zbudowanych z aminokwasów o niewielkich grupach bocznych (glicyna, alanina, seryna), np. białkach jedwabiu czy pajęczyny.

Struktura trzeciorzędowa

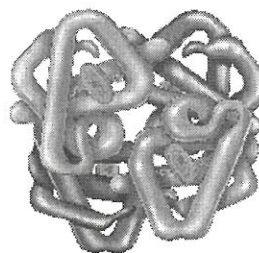
Struktura trzeciorzędowa powstaje w wyniku połałdowania łańcucha o strukturze drugorzędowej. Utrzymuje się dzięki oddziaływaniom powstającym między łańcuchami bocznymi aminokwasów.



Struktura trzeciorzędowa określa kształt białka. Jest stabilizowana przez różne rodzaje wiązań: wodorowe, jonowe, oddziaływania hydrofobowe, **mostki dwusiarczkowe** oraz siły van der Waalsa.

Struktura czwartorzędowa

Struktura czwartorzędowa to najwyższy poziom organizacji białek. Powstaje na skutek połączenia kilku podjednostek białka o strukturze trzeciorzędowej. Może też wynikać z połączenia białka z grupą niebiałkową.



Przykładem białka o budowie czwartorzędowej jest **hemoglobina**. Składa się ona z czterech łańcuchów polipeptydowych. Każdy z nich zawiera hem – związek niebiałkowy wielopierścieniowy z atomem żelaza w środku.

mostek dwusiarczkowy – wiązanie powstające między dwiema grupami SH cysteiny – aminokwasu zawierającego siarkę.

Doświadczenie

Wykrywanie wiązań peptydowych – reakcja biuretowa

Problem badawczy: Sformułuj problem badawczy.

Hipoteza: Postaw hipotezę.

Przebieg **Próba badawcza**

doświadczenia: Probówka A – zawierająca roztwór białka jaja kurzego, roztwór NaOH o stężeniu 10%, roztwór CuSO_4 o stężeniu 1%.

Próba kontrolna

Probówka B – zawierająca wodę destylowaną, roztwór NaOH o stężeniu 10%, roztwór CuSO_4 o stężeniu 1%.

Przygotuj roztwór białka jaja kurzego. W tym celu rozcieńcz białko wodą destylowaną w objętości 19-krotnie większej niż objętość użytego białka. Wytrącający się osad rozpuszcza się po dodaniu niewielkiej ilości NaCl. Roztwór otrzymany po przesączeniu zawiera około 5% substancji białkowych.

Do probówki A wlej ok. 2 ml roztworu białka jaja kurzego, dodaj taką samą objętość roztworu NaOH o stężeniu 10% i kilka kropeł roztworu CuSO_4 o stężeniu 1%. Do probówki B wlej ok. 2 ml wody destylowanej, dodaj taką samą objętość roztworu NaOH o stężeniu 10% i kilka kropeł roztworu CuSO_4 o stężeniu 1%.

Zaobserwowany Zmiana zabarwienia w probówce A.
wynik doświadczenia:

Wniosek: W probówce A znajdują się białka.

Wyjaśnienie: Reakcja biuretowa jest charakterystyczna dla wiązań peptydowych występujących w cząsteczkach białek i peptydów zbudowanych z co najmniej trzech aminokwasów. W obecności białek roztwór zmienia barwę z jasnoniebieskiej, wynikającej z obecności jonów miedzi Cu^{2+} , na fioletową, wynikającą z powstawania związków kompleksowych białek z jonami miedzi(II) w środowisku zasadowym. Intensywność barwy w reakcji biuretowej jest proporcjonalna do liczby wiązań peptydowych.

Polecenia kontrolne

1. Wyjaśnij, jaki wpływ na właściwości aminokwasów mają grupy boczne.
2. Wymień funkcje białek w organizmie.
3. Określ różnice między strukturą α -helisy a strukturą β -harmonijki.
4. Podaj kryterium podziału białek na proste i złożone.
5. Porównaj białka fibrylarne z białkami globularnymi. Podaj po jednym przykładzie obu rodzajów białek.
6. Podaj trzy przykłady białek złożonych oraz pełnione przez nie funkcje.
7. Porównaj denaturację z koagulacją.

5

Budowa i rola kwasów nukleinowych

W komórkach występują dwa rodzaje kwasów nukleinowych: **kwas deoksyrybonukleinowy** (ang. **deoxyribonucleic acid** – DNA) i **kwas rybonukleinowy** (ang. **ribonucleic acid** – RNA). Są one zwykle długimi, nierozgałęzionymi polimerami, których podstawową jednostką budulcową jest **nukleotyd**. Każdy nukleotyd składa się z:

- ▶ jednej z organicznych **zasad azotowych**: adeniny (A), guaniny (G), cytozyny (C), występującej tylko w DNA tyminy (T) lub występującej tylko w RNA uracylu (U),
- ▶ cukru pięciowęglowego – **deoksyrybozy** (DNA) lub **rybozy** (RNA),
- ▶ **reszty kwasu fosforowego(V)**.

Poszczególne nukleotydy łączą się ze sobą za pomocą **wiązania fosfodiesterowego**. Powstaje ono między resztą fosforanową jednego nukleotydu a cząsteczką cukru kolejnego nukleotydu. Wiele połączonych ze sobą nukleotydów tworzy **łańcuch polinukleotydowy**.

■ Budowa przestrzenna DNA

Cząsteczka DNA składa się z dwóch łańcuchów polinukleotydowych skręconych śrubowo (heli-kalnie) wokół wspólnej osi. Struktura taka nosi nazwę **podwójnej helisy** i utrzymuje się dzięki licznym wiązaniom wodorowym między zasadami azotowymi wchodzącymi w skład obu łańcuchów. Cząsteczki deoksyrybozy oraz reszty fosforanowej(V) tworzą zewnętrzną stronę helisy, a zasady azotowe są skierowane do jej wnętrza. Budowa zasad i ich wzajemne ułożenie sprzyjają tworzeniu się **wiązań wodorowych** wyłącznie między określonymi, tzn. **komplementarnymi zasadami azotowymi**, przy czym:

- ▶ między adeniną a tyminą powstają dwa wiązania,
- ▶ między cytozyną a guaniną powstają trzy wiązania.

Z komplementarności zasad wynika, że stosunek molowy adeniny do tyminy oraz cytozyny do guaniny w DNA dowolnego pochodzenia wynosi

zawsze 1:1 (tzw. reguła Chargaffa – czyt. szargafa). Ponadto ten sposób łączenia się zasad azotowych sprawia, że oba łańcuchy polinukleotydowe DNA są wzajemnie komplementarne – sekwencja nukleotydów jednej nici jest wyznaczona przez sekwencję nukleotydów drugiej nici.

Czy wiesz, że...

Przestrzenny model budowy cząsteczki DNA opracowali w latach 1951–1953 James Watson oraz Francis Crick. Skonstruowany przez nich model był zgodny z danymi uzyskanymi z analizy zdjęć rentgenowskich DNA wykonanych przez Rosalind Franklin oraz Maurice Wilkinsa. W 1962 r. Watson, Crick oraz Wilkins otrzymali Nagrodę Nobla za odkrycie struktury DNA. Rosalind Franklin zmarła cztery lata wcześniej.

■ Znaczenie i występowanie DNA

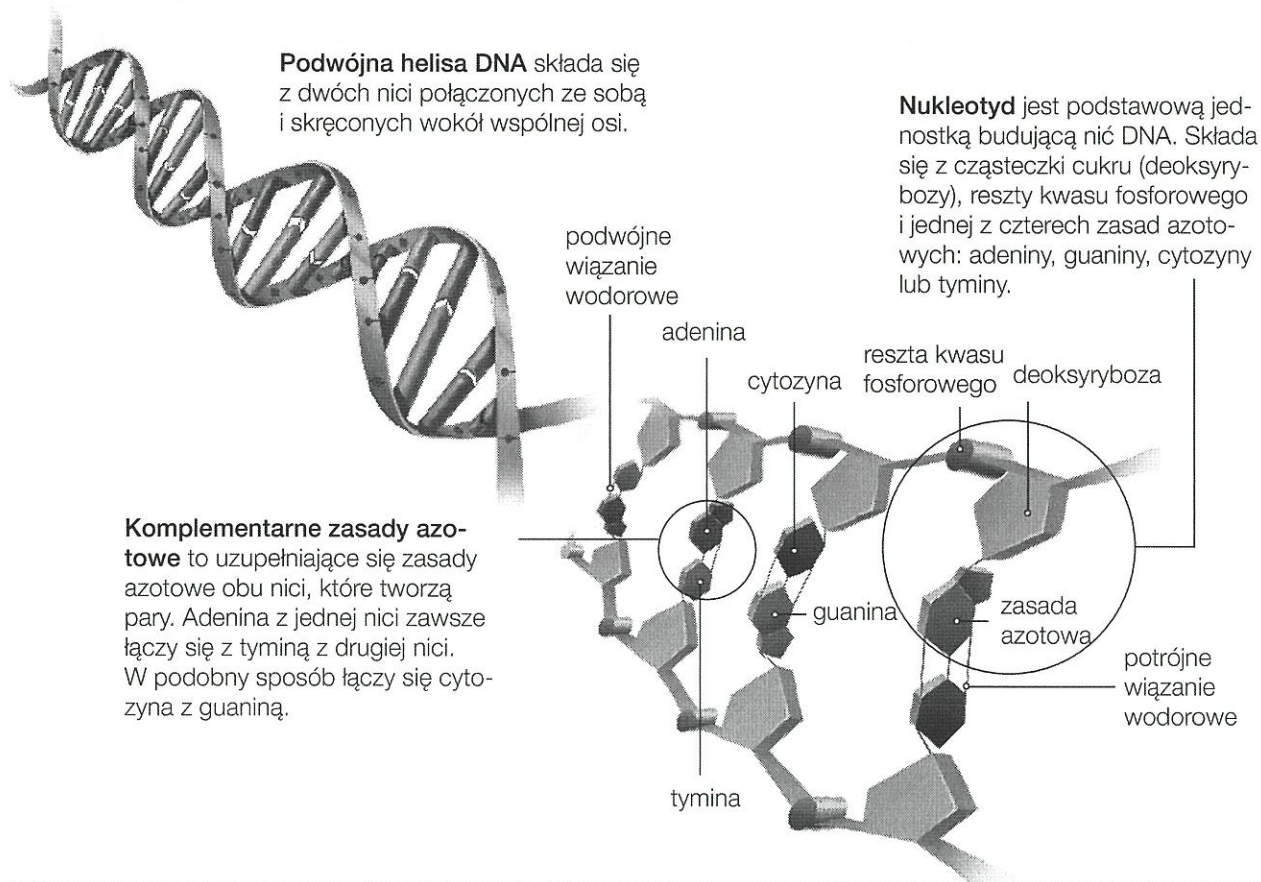
Kwas deoksyrybonukleinowy zawiera informację genetyczną o liczbie, rodzaju i kolejności aminokwasów wchodzących w skład poszczególnych białek. Z kolei od białek zależą cechy wszystkich organizmów (takie jak wygląd i funkcjonowanie); białka budują różne struktury komórki oraz regulują przebieg wszystkich zachodzących w niej procesów (np. przyspieszają przebieg reakcji, uczestniczą w trawieniu pokarmu). Przekazywanie informacji



Fotografia przedstawia DNA wyizolowany z komórki.

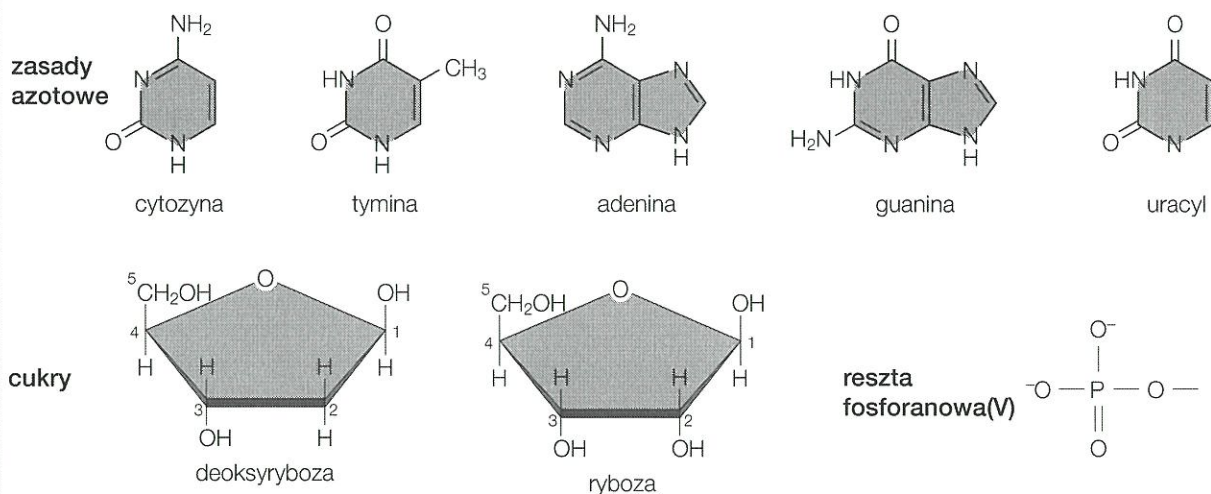
Budowa DNA

Nici DNA składają się z czterech rodzajów nukleotydów. Dwie nici łączą się ze sobą za pomocą wiązań wodorowych występujących między komplementarnymi zasadami azotowymi, tworząc podwójną helisę.



Składniki nukleotydu

Połączenie zasady azotowej z pentozą określa się mianem nukleozydu. Nukleozyd z przyłączoną resztą kwasu fosforowego(V) to nukleotyd.



genetycznej do organizmów potomnych umożliwia **replikacja**, czyli powielanie się DNA. Ta unikatowa właściwość wynika z zasady komplementarności nici DNA.

W komórkach prokariotycznych DNA ma zwykle postać kolistej cząsteczki – **genoforu** – zanurzonej w cytoplazmie. Niektóre bakterie zawierają ponadto niewielkie cząsteczki DNA nazywane **plazmidami**. Nie są one niezbędne do funkcjonowania komórki, często jednak zawierają geny, których produkty warunkują życie w specyficznych warunkach (np. geny oporności na antybiotyki).

W komórkach eukariotycznych DNA występuje głównie w **jądrze komórkowym**. Jego niewielkie ilości znajdują się też w **mitochondriach** i **chloroplastach**, gdzie kodują około 10% białek występujących w tych organellach. Cząsteczki DNA są zwykle bardzo długie. Na przykład w jądrze komórkowym człowieka ich długość wynosi ok. 2 m. Można je jednak zobaczyć tylko pod mikroskopem elektronowym, ponieważ średnica podwójnej helisy DNA ma jedynie 2 nm. Cząsteczki DNA mieszczą się w jądrze komórkowym mimo jego niewielkich rozmiarów dzięki oddziaływaniom z białkami, m.in. białkami histonowymi.

■ Budowa przestrzenna RNA

Znanych jest kilka rodzajów RNA, różniących się między sobą liczbą oraz sekwencją budujących je nukleotydów. Najczęściej wymienia się trzy z nich. Są to:

- ▶ **mRNA** – informacyjny RNA (ang. *messenger RNA*),
- ▶ **rRNA** – rybosomowy RNA (ang. *ribosomal RNA*),
- ▶ **tRNA** – transportujący RNA (ang. *transfer RNA*).

mRNA jest zazwyczaj jednoniciowy. W rRNA i tRNA mogą występować fragmenty dwuniciowe, powstałe na skutek łączenia się komplementarnych nukleotydów z jednej nici. Fragmenty te wpływają na strukturę przestrzenną całej cząsteczki RNA.

■ Znaczenie RNA

Wszystkie rodzaje RNA uczestniczą w procesie biosyntezy białek: mRNA przenosi informację genetyczną z jądra do miejsca syntezy białek, czyli do cytoplazmy, tRNA – transportuje aminokwasy na rybosomy, gdzie odbywa się synteza białek, rRNA – buduje rybosomy. Niektóre cząsteczki RNA, tzw. rybozomy, wykazują właściwości enzymatyczne i katalizują wybrane etapy wielu ważnych reakcji, takich jak wytworzenie wiązania peptydowego między aminokwasami w powstającym łańcuchu białka.

Czy wiesz, że...

Obecnie uważa się, że to RNA był pierwszym organicznym katalizatorem reakcji biochemicznych w okresie kształtowania się życia na Ziemi. Dopiero później pojawiły się białka, które z czasem prawie całkowicie zastąpiły RNA w tej roli.

Polecenia kontrolne

1. Opisz budowę DNA, uwzględniając:
 - a. skład i łączenie się elementów nukleotydu,
 - b. sposób łączenia nukleotydów w łańcuch polinukleotydowy,
 - c. przestrzenną strukturę podwójnej helisy.
2. Wskaż miejsca występowania DNA w komórce prokariotycznej i eukariotycznej.
3. Oblicz procentową zawartość adeniny w DNA organizmu, wiedząc, że cytozyna stanowi 18% wszystkich zasad azotowych tego DNA.
4. Uzupełnij schemat o komplementarny łańcuch DNA.
GCCATCATCCTTACC
5. Scharakteryzuj budowę chemiczną i przestrzenną RNA.
6. Podaj znaczenie DNA i RNA

Podsumowanie

Podstawowe pierwiastki wchodzące w skład organizmów i ich rola

Pierwiastek		Rola w organizmie
Makroelementy (zawartość w organizmach powyżej 0,001% suchej masy komórek)	pierwiastki biogenne	węgiel (C), wodór (H), tlen (O)
		azot (N)
		siarka (S)
		fosfor (P)
	inne makroelementy	wapń (Ca)
		magnez (Mg)
		potas (K)
		sód (Na)
Mikroelementy (zawartość w organizmach poniżej 0,001% suchej masy)	żelazo (Fe)	składnik białek złożonych transportujących (hemoglobina) lub magazynujących tlen (mioglobina) oraz wielu enzymów związanych z wykorzystaniem tlenu w komórce (np. w procesie oddychania tlenowego i fotosyntezy)
	jod (I)	składnik hormonów tarczycy regulujących m.in. pracę serca, przemianę materii oraz pobudliwość układu nerwowego

Rodzaje wiązań i oddziaływań chemicznych

RODZAJ WIĄZANIA					
kowalencyjne	kowalencyjne spolaryzowane	jonowe	wodorowe	siły van der Waalsa	oddziaływania hydrofobowe
H ₂ , O ₂ , atomy węgla w związkach organicznych	H ₂ O	NaCl	połączenia atomów wodoru i tlenu należących do różnych cząsteczek wody, wiązania między zasadami azotowymi w kwasach nukleinowych	występują niemal we wszystkich cząsteczkach niezależnie od ich rozmiaru czy kształtu	występują na przykład między cząsteczkami wody i tłuszczu oraz w białkach.

Cechy wody i ich znaczenie biologiczne

Cechy wody	Znaczenie biologiczne
W temperaturze pokojowej jest cieczą	Zapewnia płynne środowisko wewnątrz komórek; stanowi środowisko życia organizmów wodnych
Jest uniwersalnym rozpuszczalnikiem	Stanowi środowisko reakcji chemicznych zachodzących w komórkach; jest główną substancją transportującą w organizmach
Ma duże napięcie powierzchniowe	Tworzy na granicy z powietrzem warstwę, dzięki czemu na powierzchni wody mogą utrzymywać się małe organizmy, np. nartniki
W stanie stałym (lód) ma mniejszą gęstość i jest lżejsza niż w stanie ciekłym	Lód tworzący się na powierzchni chroni wodę przed dalszym ochładzaniem i zamarzaniem, co umożliwia organizmom wodnym przetrwanie zimy
Ma zdolność do adhezji	Siły adhezji powodują, że cząsteczki wody przylegają do powierzchni polarnych; dzięki temu poziom wody w kapilarach (np. komórkach drewna) może się podnosić wbrew sile grawitacji
Ma wysokie ciepło parowania	Odgrywa ogromną rolę w termoregulacji organizmu, m.in. jego ochładzaniu (np. u niektórych ssaków odbywa się ono podczas pocenia się, a u roślin – w procesie transpiracji)
Ma duże ciepło właściwe	Ogranicza wahania temperatury w dużych zbiornikach wodnych, co zapewnia w miarę stabilne warunki życia organizmom
Jest bezbarwna i przezroczysta	Zapewnia przenikanie światła słonecznego, przez co umożliwia fotosyntezę u roślin wodnych
Ma większą gęstość niż powietrze	Umożliwia utrzymywanie się w niej bardzo dużych organizmów, np. wielorybów
Trudno się spręży (mała ściśliwość)	Utrzymuje turgor w komórce
Bierze udział w nielicznych, ale biologicznie ważnych, reakcjach chemicznych	Jest głównym substratem fotosyntezy i reakcji rozkładu wielu związków organicznych podczas trawienia (hydroliza) oraz produktem procesu oddychania komórkowego tlenowego
Łączy się z wieloma związkami organicznymi, powodując ich uwodnienie	Większość cząsteczek związków organicznych występuje w komórce w formie uwodnionej
Ma niewielką lepkość	Cząsteczki wody łatwo się przemieszczają, dlatego przepływa ona nawet przez bardzo wąskie naczynia drewna
Ma dużą wytrzymałość na rozciąganie	Podczas transpiracji słup wody w naczyniach drewna jest ciągły od korzenia aż do czubka rośliny (przerwanie słupa wody nie jest łatwe)

Budowa i znaczenie wybranych sacharydów

SACHARYDY

monosacharydy
(od trzech do siedmiu atomów węgla połączonych ze sobą w formie łańcucha lub pierścienia)

- ryboza i deoksyryboza – składniki kwasów nukleinowych
- glukoza – substrat w procesie oddychania komórkowego, forma transportowa cukrów u zwierząt

oligosacharydy
(od dwóch do pięciu cząsteczek cukrów prostych połączonych wiązaniem O-glikozydowym)

- sacharoza (glukoza i fruktoza) – forma transportowa cukrów u roślin
- laktoza (glukoza i galaktoza) – składnik mleka ssaków
- maltoza (glukoza i glukoza) – produkt trawienia skrobi i glikogenu

polisacharydy
(polimery zbudowane z jednego lub kilku rodzajów monosacharydów)

- skrobia (polimer glukozy) – materiał zapasowy u roślin
- glikogen (polimer glukozy) – materiał zapasowy u grzybów i zwierząt
- celuloza (polimer glukozy) – główny składnik ścian komórkowych u roślin

Budowa i znaczenie wybranych lipidów

LIPIDY		
lipidy proste (alkohol + wyższe kwasy tłuszczowe)	lipidy złożone (alkohol + wyższe kwasy tłuszczowe + inne związki chemiczne)	lipidy izoprenowe (produkty polimeryzacji izoprenu)
• tłuszcze właściwe (glicerol + kwasy tłuszczowe) – materiał zapasowy i termoizolacyjny • woski (alkohol z jedną grupą hydroksylową + kwas tłuszczowy) – ochrona przed parowaniem (rośliny) i przemakaniem (zwierzęta)	• fosfolipidy (alkohol + kwasy tłuszczowe + reszta kwasu fosforowego) – składniki budulcowe błon biologicznych • glikolipidy (alkohol + kwasy tłuszczowe + cukry) – składniki budulcowe błon biologicznych	• steroidy – m.in. cholesterol – składnik błon komórek zwierzęcych, substrat do syntezy hormonów sterydowych i kwasów żółciowych • karotenoidy – m.in. barwniki nadające barwę kwiatom i owocom oraz biorące udział w fotosyntezie (np. pomarańczowy – karoten)

Podział białek ze względu na budowę cząsteczki

BIAŁKA		
proste (zbudowane wyłącznie z aminokwasów)		złożone (aminokwas + część niebiałkowa)
• fibrylarne długie, włókniste cząsteczki nierozpuszczalne w wodzie, pełnią funkcję strukturalną, np. keratyna, kolagen	• globularne cząsteczki kuliste, najczęściej rozpuszczalne w wodzie, np. albuminy (składniki osocza), globuliny (białka odpornościowe), histony (składniki chromatyny)	• glikoproteiny, np. antygeny grup krwi • fosfoproteiny, np. kazeina – białko występujące w mleku • lipoproteiny, np. LDL i HDL transportujące cholesterol we krwi • metaloproteiny, np. ferrytyna, magazynująca żelazo w wątrobie • chromoproteiny, np. hemoglobina, transportująca tlen i dwutlenek węgla we krwi

Porównanie budowy DNA z budową RNA

Elementy porównywane	DNA	RNA
Podstawowa jednostka budulcowa	nukleotyd	nukleotyd
Rodzaj cukru	deoksyryboza	ryboza
Zasady azotowe	adenina, guanina, cytozyna, tymina	adenina, guanina, cytozyna, uracyl
Reszta kwasu nieorganicznego	reszta kwasu fosforowego(V)	reszta kwasu fosforowego(V)
Funkcje	zawiera informację genetyczną dotyczącą budowy białek	uczestniczy w biosyntezie białek: • mRNA – przenosi informację genetyczną z jądra do cytoplazmy (miejsca syntezy białek), • tRNA – transportuje aminokwasy, • rRNA – buduje rybosomy

2

Budowa, właściwości i funkcje błon biologicznych

Błony biologiczne są podstawowymi elementami budulcowymi wszystkich komórek. Komórka prokariotyczna ma tylko **błonę komórkową**, która oddziela jej wnętrze od środowiska zewnętrznego i jest jednocześnie odpowiedzialna za kontakt z nim. W komórce eukariotycznej oprócz błony komórkowej znajduje się wiele **błon śródplazmatycznych**, dzielących jej wnętrze na przedziały o różnych właściwościach i funkcjach.

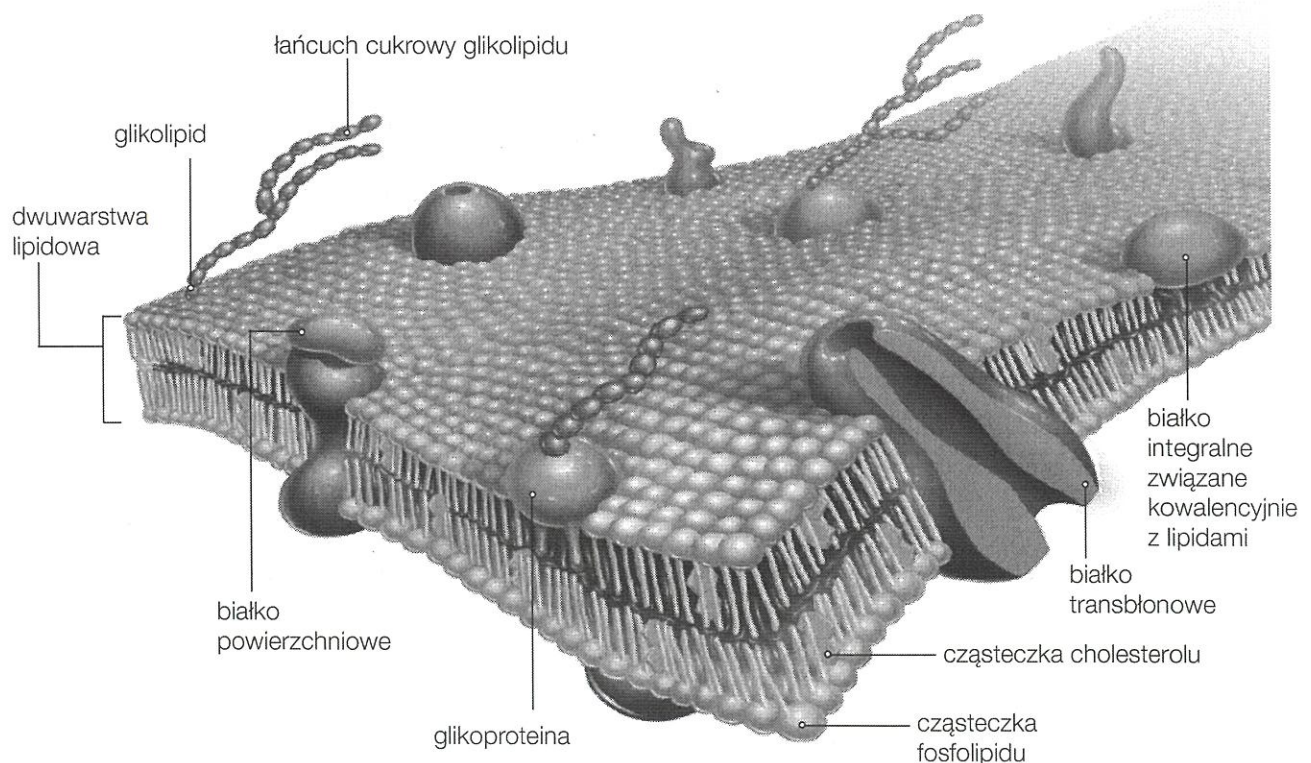
■ Budowa błon biologicznych

Wszystkie błony biologiczne mają podobną budowę. Składają się głównie z lipidów i białek. Lipidami są przede wszystkim **fosfolipidy** i **glikolipidy**. Ich cząsteczki mają jednocześnie właściwości hydrofilowe i hydrofobowe, dlatego w środowisku wodnym panującym zarówno

wewnątrz komórki, jak i w jej wnętrzu tworzą podwójną warstwę (dwuwarstwę). Hydrofilowe głowy są zwrócone na zewnątrz, a hydrofobowe ogony – do wnętrza dwuwarstwy. Ma to bardzo istotne znaczenie dla funkcjonowania komórek, ponieważ powoduje m.in. samoistne zasklepianie się uszkodzonej błony.

Białka występujące w błonach, głównie **lipoproteiny** i **glikoproteiny**, są związane z dwuwarstwą, przy czym ze względu na stopień związania dzieli się je na:

► **integralne**, które są mocno połączone z dwuwarstwą lipidów. Zazwyczaj wnikają w nią, przy czym jedne, nazywane transbłonowymi, przenikają ją całkowicie i wystają z obu stron, a inne, poprzez wiązania kowalencyjne z lipidami, zakotwiczą się przy jej powierzchni;



Model budowy błony komórkowej. Rozmieszczenie składników w błonie komórkowej opisuje model płynnej mozaiki, w którym dwuwarstwę lipidów porównuje się do morza, a cząsteczki białek – do pływających w nim gór lodowych.

► **powierzchniowe** (peryferyczne), które nie wnikają do warstwy lipidowej, ale są z nią związane najczęściej poprzez inne białka błonowe, z którymi łączą się za pomocą słabych wiązań niekowalencyjnych.

■ Właściwości błon biologicznych

O właściwościach błon biologicznych decyduje ich budowa. **Płynność błony** jest spowodowana nieustannym przemieszczaniem się fosfolipidów (najczęściej w obrębie jednej z warstw), przy czym stopień płynności zależy od rodzaju fosfolipidów. Im krótsze są ich łańcuchy węglowodorowe (ogony), tym bardziej płynna jest błona. Taka sama zależność dotyczy liczby podwójnych wiązań w łańcuchach węglowodorowych. Płynność lipidów umożliwia poruszanie się części białek błonowych. Wykonują one ruchy, ale nie przemieszczają się z jednej warstwy do drugiej. Płynność błony jest regulowana, np. w komórkach zwierzęcych przez **cholesterol**. Jego cząsteczki wnikają pomiędzy fosfolipidy, co usztywnia dwuwarstwę. Najwięcej cholesterolu znajduje się w błonie komórkowej.

Asymetria błony przejawia się tym, że każda jej warstwa ma swoisty skład lipidowy oraz własny zestaw osadzonych w niej białek. Na przykład składnikami wyłącznie zewnętrznej warstwy błony otaczającej większość komórek zwierzęcych są glikolipidy oraz glikoproteiny. Ich łańcuchy cukrowe tworzą na powierzchni

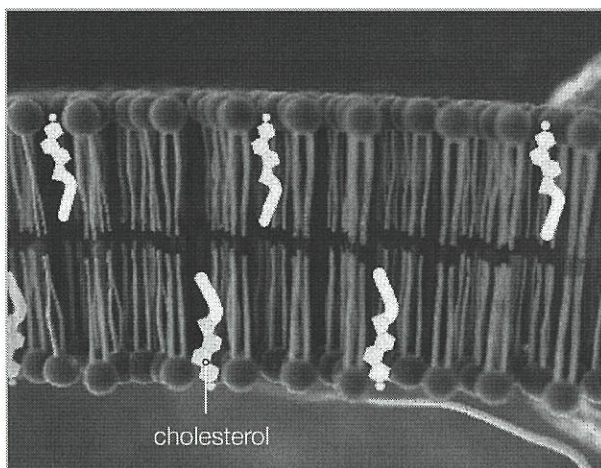
komórki warstwę nazywaną **glikokaliksem**. Chroni ona komórkę przed uszkodzeniami chemicznymi i mechanicznymi oraz odgrywa ważną rolę w rozpoznawaniu się komórek.

Selektywna przepuszczalność (półprzepuszczalność) błony oznacza, że mogą przez nią swobodnie przenikać tylko niektóre rodzaje cząsteczek: małe niepolarne (np. O_2 , CO_2 , N_2) lub małe polarne bez ładunku (np. woda, glicerol, etanol). Transport wszystkich jonów oraz dużych cząsteczek polarnych bez ładunku (np. aminokwasów, nukleotydów i glukozy), dla których dwuwarstwa lipidów jest nieprzepuszczalna, wymaga udziału odpowiednich białek błonowych.

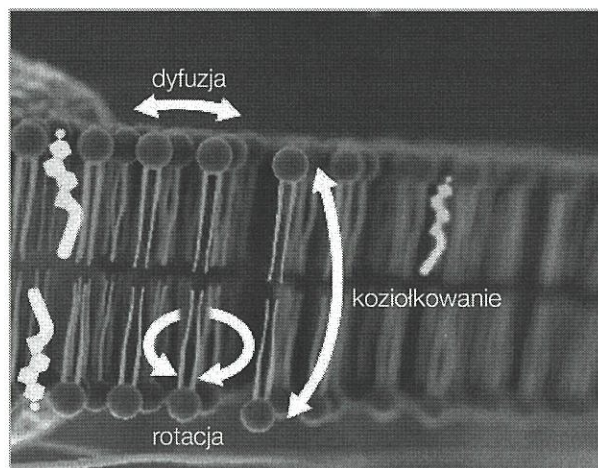
■ Funkcje błon biologicznych

Błony biologiczne pełnią następujące funkcje:

- tworzą fizyczną przegrodę między komórką a jej otoczeniem – dzielą wnętrze komórki na przedziały,
- kontrolują transport określonych cząsteczek i jonów między przedziałami lub wnętrzem komórki a jej otoczeniem (co warunkuje zachowanie ich optymalnego składu chemicznego),
- odbierają sygnały (m.in. chemiczne, elektryczne i mechaniczne) ze środowiska zewnętrznego, co umożliwia odpowiednie dostosowanie reakcji metabolicznych zachodzących w obrębie danego przedziału i całej komórki.



Płynność błony w komórkach zwierzęcych ograniczają krótkie i sztywne cząsteczki cholesterolu, które wypełniają przestrzenie między sąsiadującymi cząsteczkami fosfolipidów.



Ruchy lipidów błonowych – w płaszczyźnie błony lipidy wykonują ruchy na boki i obroty wokół własnej osi. Między warstwami błony przemieszczają się, koziolkując.

Białka błonowe i ich funkcje

Przykłady białek błonowych	Funkcje
Receptory, np. receptory hormonów peptydowych	umożliwiają komunikowanie się komórki z otoczeniem
Enzymy, np. cyklaza adenylowa	przyspieszają przebieg reakcji zachodzących w komórce
Białka kotwiczące, np. spektryna	zwiększają odporność mechaniczną błony
Antygeny, np. antygeny zgodności tkankowej	umożliwiają wzajemne rozpoznawanie się komórek
Białka transportujące, np. pompa sodowo-potasowa	transportują określone substancje

spektryna – białko peryferyczne wewnętrznej powierzchni błon większości komórek, np. erytrocytów, odpowiadające za utrzymanie ich kształtu.

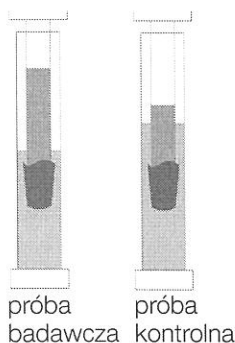
Doświadczenie

Badanie selektywnej przepuszczalności błony

Problem badawczy: Czy błona jest półprzepuszczalna?

Hipoteza: Błona jest selektywnie przepuszczalna.

Przebieg doświadczenia: **Próba badawcza** – wąski cylinder z roztworem glukozy zamknięty błoną i wstawiony do szerokiego cylindra z wodą.



Próba kontrolna – wąski cylinder z wodą zamknięty błoną i wstawiony do szerokiego cylindra z wodą.

Za pomocą glukometru sprawdź stężenie glukozy w obu naczyniach próby badawczej. Następnie zamknij szczelnie wylot wąskiego cylindra badaną błoną i odwróć naczynie do góry dnem. Zaznacz poziom roztworu w wąskim cylindrze, po czym zanurz go w wodzie znajdującej się w szerokim cylindrze. Zaznacz poziom wody w szerokim cylindrze. Po upływie kilkunastu godzin sprawdź poziom cieczy oraz stężenie glukozy w obu naczyniach. Próbkę kontrolną przygotuj podobnie jak próbę badawczą, jednak wąski cylinder napełnij tylko wodą.

Uwaga! Jako błony półprzepuszczalnej możesz użyć worka dializacyjnego, który jest dostępny w sklepach ze sprzętem laboratoryjnym.

Zaobserwowany wynik doświadczenia: W próbie badawczej badanie za pomocą glukometru nie wykazało obecności glukozy w szerokim cylindrze i wykazało niższe stężenie glukozy w wąskim cylindrze. Poziom cieczy w szerokim cylindrze obniżył się, a w wąskim wzrósł. W próbie kontrolnej poziomy cieczy pozostały bez zmian.

Wniosek: Błona jest selektywnie przepuszczalna.

Wyjaśnienie: Zastosowana błona jest selektywnie przepuszczalna – cząsteczki wody przenikają przez nią swobodnie, natomiast cząsteczki glukozy przez nią nie przechodzą. Transport wody nastąpił ze środowiska o niższym stężeniu do środowiska o wyższym stężeniu substancji, w tym wypadku glukozy. Świadczy o tym podniesienie się poziomu cieczy w małym cylindrze.

Transport przez błony biologiczne

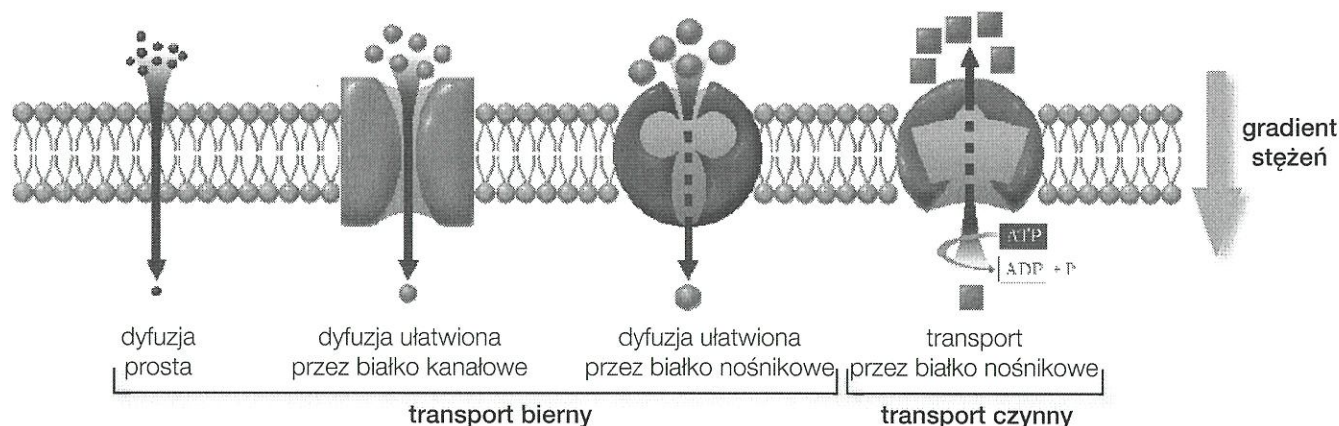
Przenikanie substancji przez błonę biologiczną odbywa się w wyniku:

- ▶ procesów zachodzących bez zmian w strukturze błony (transport bierny i transport czynny);
- ▶ procesów, w których struktura błony ulega zmianom (endocytoza i egzocytoza).

Transport bierny i transport czynny

O kierunku transportu cząsteczek substancji przez błonę biologiczną decyduje przede wszystkim różnica stężeń tej substancji po obu stronach błony. Transport cząsteczek przez błonę z miejsca o ich dużym stężeniu do miejsca o małym stężeniu, czyli **zgodnie z gradientem**, zachodzi spontanicznie i nie wymaga nakładu energii. Z tego powodu nosi nazwę **transportu biernego**. Woda, tlen cząsteczkowy, azot czy dwutlenek węgla przechodzą przez błonę bezpośrednio (dyfuzja prosta). Natomiast cukry i aminokwasy wymagają nośnika w postaci transportujących białek błonowych (**dyfuzja ułatwiona**).

Cząsteczki mogą również przenikać przez błonę w kierunku niezgodnym z gradientem stężeń – z miejsca o małym stężeniu do miejsca, w którym stężenie jest duże. Ruch ten wymaga nakładu energii, dlatego określa się go jako **transport czynny (aktywny)**. Odbywa się on wyłącznie **za pośrednictwem białek nośnikowych**, zdolnych do wykorzystania określonych źródeł energii, np. **ATP**.

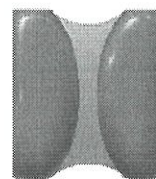


Białka transportujące

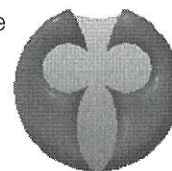
Wśród białek transportujących wyróżnia się dwie główne klasy:

Białka kanałowe tworzą w dwuwarstwie lipidowej hydrofilowe kanały, przez które mogą być transportowane określone jony nieorganiczne oraz prawie wszystkie dostatecznie małe i niosące odpowiedni ładunek cząsteczki substancji organicznych. Kanały te otwierają się i zamykają w reakcji na bodźce pochodzące z wnętrza komórki lub z jej środowiska zewnętrznego.

Białka nośnikowe wiążą cząsteczki substancji znajdujących się po jednej stronie błony, po czym zmieniają strukturę przestrzenną na taką, która umożliwi przemieszczenie cząsteczek przez błonę. Następnie uwalniają je po drugiej stronie i powracają do wyjściowej struktury przestrzennej. Białka nośnikowe często transportują tylko jeden typ cząsteczek (np. wyłącznie D-glukozę).



białko kanałowe

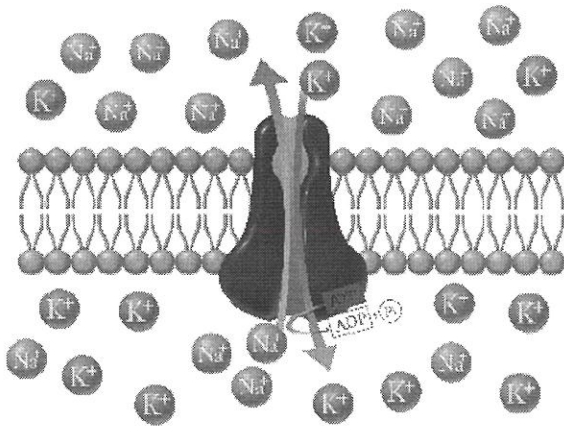


białko nośnikowe

ATP – adenosynotryfosforan, związek, który dzięki wiązaniom wysokoenergetycznym uwalniającym dużą ilość energii podczas swego rozpadu, pełni funkcję akumulatora i przekaźnika energii w komórce.

Transport czynny – pompa sodowo-potasowa

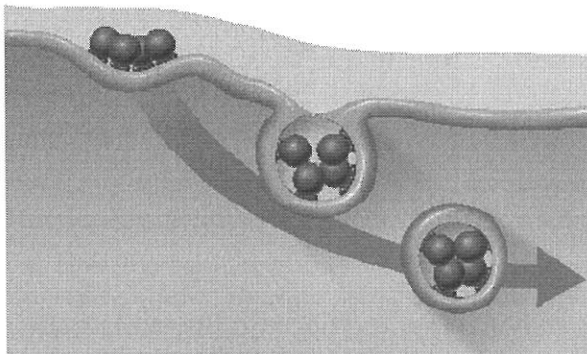
Przykładem nośnika uczestniczącego w **transporcie aktywnym** w komórkach zwierzęcych jest pompa sodowo-potasowa. Działa ona bez przerwy, utrzymując wewnątrz komórki mniejsze stężenie jonów sodu (ok. 10–30 razy) i większe stężenie jonów potasu (ok. 10–30 razy) niż na zewnątrz. Takie nierównomierne rozmieszczenie jonów warunkuje stan polaryzacji błony, co ma istotne znaczenie m.in. dla **przewodnictwa nerwowego**. Białko transportujące (pompujące) jony zmienia swój kształt, a także otwiera się i zamyka, wiążąc lub uwalniając jony raz po jednej, raz po drugiej stronie. **Energii** potrzebnej do zmiany kształtu białka dostarcza **ATP**.



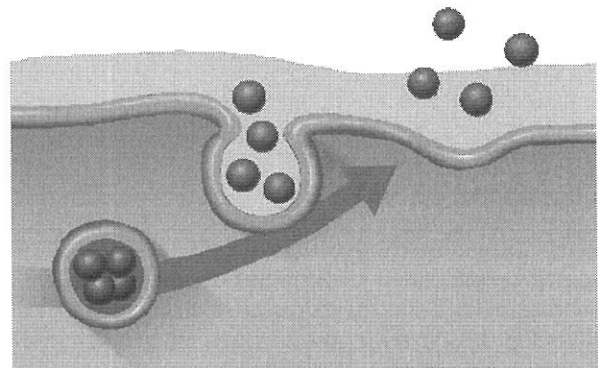
Mechanizm działania pompy sodowo-potasowej. Jony wykazują naturalną tendencję do przemieszczania się przez błonę zgodnie z gradientem stężeń. W przedstawionej sytuacji Na^+ ustawicznie wnikają do komórki, natomiast K^+ ją opuszczają. Pompa, korzystając z energii ATP, przeciwdziała skutkom tego procesu. Zapewnia transport Na^+ oraz K^+ wbrew ich gradientom, czyli usuwa Na^+ na zewnątrz komórki, a K^+ wprowadza do jej wnętrza.

Endocytoza i egzocytoza

Endocytoza obejmuje procesy pobierania różnych substancji do wnętrza komórki. Natomiast egzocytoza polega na usuwaniu z komórki zbędnych produktów lub na wydzielaniu wytworzonych w jej wnętrzu specyficznych wydzielin, m.in. hormonów.



Podczas endocytozy materiał pobrany z otoczenia jest zamykany w pęcherzyku endocytotycznym powstałym przez wpuklenie błony komórkowej. Jego zawartość jest rozkładana przez enzymy hydrolityczne pochodzące z lizosomów. Wyróżnia się dwa główne rodzaje endocytozy: **fagocytozę** (wchłanianie względnie dużych cząstek, np. mikroorganizmów czy szczątków komórek) oraz **pinocytozę** (wchłanianie płynów i małych cząsteczek). W przypadku pinocytozy pęcherzyk ulega strawieniu przez enzymy, co wiąże się z ubytkiem błony komórkowej.



W procesie egzocytozy błony pęcherzyków transportujących lipidy i białka (u roślin również wielocukry) z aparatu Golgiego zlewają się z błoną komórkową i uwalniają swoją zawartość na zewnątrz. Przepływ pęcherzyków odbywa się stale we wszystkich komórkach eukariotycznych. Łączenie się błony pęcherzyków z błoną komórkową jest podstawowym procesem umożliwiającym rozbudowywanie błon w czasie wzrostu komórki.

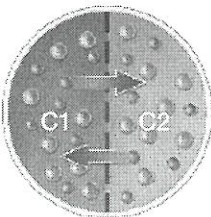
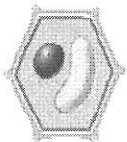
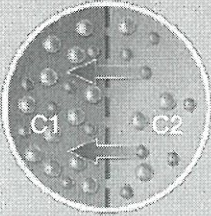
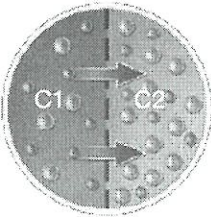
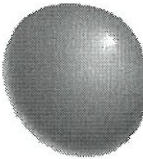
■ Osmoza

Osmoza to **odmiana dyfuzji prostej**. Polega ona na przenikaniu **rozpuszczalnika – wody** – przez błonę biologiczną w kierunku **zgodnym z gradientem stężeń**, czyli z roztworu o niższym stężeniu substancji do roztworu, w którym stężenie jest wyższe. W wyniku tego następuje wyrównanie stężeń substancji po obu stronach błony. Zjawisko osmozy leży

u podstaw zdolności pobierania i oddawania wody przez komórkę – w zależności od stężenia otaczającego roztworu osmotycznie traci ona lub pobiera wodę.

Skutki umieszczenia komórek w roztworach o różnym stężeniu są uzależnione od tego, czy komórki te mają ścianę komórkową (komórki roślin, grzybów i niektórych protistów), czy są jej pozbawione (komórki zwierzęce).

Osmoza w komórkach zwierzęcych i roślinnych

Charakter roztworu (C – stężenie roztworu)	Opis roztworu	Kierunek przepływu wody zgodny z gradientem stężeń	Zmiany w komórce zwierzęcej	Zmiany w komórce roślinnej
roztwór izotoniczny $C_1 = C_2$ 	stężenie substancji rozpuszczonej jest takie jak we wnętrzu komórki	z komórki do roztworu przepływa tyle samo wody, co w przeciwnym kierunku	erytrocyty nie zmieniają kształtu 	komórki nie osiągają pełnego turgoru, dlatego są nieco zwiotczone 
roztwór hipertoniczny $C_1 > C_2$ 	stężenie substancji rozpuszczonej jest większe na zewnątrz niż we wnętrzu komórki	na zewnątrz komórki	komórki tracą wodę i zmieniają kształt, a ostatecznie rozpadają się 	komórki szybko tracą wodę i turgor; występuje w nich zjawisko plazmolizy (zawartość komórek kurczy się, a cytoplazma wraz z błoną komórkową zaczynają odstawać od ściany komórkowej) 
roztwór hipotoniczny $C_1 < C_2$ 	stężenie substancji rozpuszczonej na zewnątrz jest mniejsze niż we wnętrzu komórki	ze środowiska do wnętrza komórki	komórki chłoną wodę, pęcznieją, a wreszcie pękają 	w wyniku pobierania wody zwiększa się turgor komórek; ściana komórkowa nieznacznie się rozciąga, jednak chroni komórki przed nadmiarem wody, i – ostatecznie – przed pęknięciem 

turgor – stan jedności żywej komórki roślinnej spowodowany wypełnieniem jej wakuoli wodą. Jest wynikiem działania ciśnienia, jakie wywiera woda na błonę i ścianę komórkową.