

Eugenia Janicka
Jolanta Turczynowicz

BIOLOGIA

Komórka, tkanki, botanika, zoologia

mały format



Piątek Trzynastego
Wydawnictwo

Łódź

Redakcja

Teresa Chwalińska

Rysunki

Marek Andrzejewski

Projekt okładki

Jacek Wilk

Skład

Marek Andrzejewski

ISBN 83-7415-030-0

PIĄTEK TRZYNASTEGO Wydawnictwo

Michał Koliński i Michał Wiercioch

90-009 Łódź, ul. Henryka Sienkiewicza 61

tel./fax (0-42) 632 78 61

tel. 630 71 17, 0-602 34 98 02(06)

<http://www.piatek13.com.pl>; e-mail: kot@piatek13.com.pl

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|-----------|------|------|------|---|----------|---|---|---|--|--------|
| Łódź | | rok: 2007 | 2006 | 2005 | 2004 | | ostatnia | | | | | |
| Wydanie I | | rzut: 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | liczba |

Druk i oprawa

PIĄTEK TRZYNASTEGO Drukarnia

93-345 Łódź, ul. Paradna 3

tel. 0-602 34 98 02(06)

Printed in Poland

Spis treści

| | |
|--|----|
| Składniki chemiczne organizmów | 9 |
| 1. Związki nieorganiczne..... | 11 |
| Woda..... | 13 |
| Fizykochemiczne właściwości wody..... | 15 |
| Biologiczne znaczenie wody..... | 17 |
| 2. Związki organiczne..... | 21 |
| A. Białka..... | 21 |
| Budowa białek..... | 21 |
| Struktura przestrzenna białek, tzw. konformacja..... | 24 |
| Właściwości białek..... | 28 |
| Klasyfikacja białek..... | 28 |
| Funkcje biologiczne białek..... | 31 |
| B. Węglowodany – cukrowce – sacharydy..... | 33 |
| Cukry proste – monosacharydy..... | 35 |
| Dwucukry – disacharydy..... | 37 |
| Wielocukry – polisacharydy..... | 39 |
| C. Lipidy – tłuszczoce..... | 40 |
| Występowanie i rola biologiczna lipidów..... | 47 |
| D. Kwasy nukleinowe..... | 49 |
| E. Witaminy..... | 63 |
| Wirusy – bezkomórkowe formy materii żywej | 68 |
| Charakterystyka wirusów..... | 68 |
| Przykłady chorób wirusowych u ludzi..... | 74 |
| Priony | 82 |
| Wiroidy..... | 85 |

| | |
|---|-----|
| Analiza budowy i funkcji składników komórki eukariotycznej i prokariotycznej | 86 |
| 1. Budowa komórki zwierzęcej..... | 89 |
| Cytoplazma..... | 90 |
| Błona komórkowa..... | 91 |
| Retikulum endoplazmatyczne..... | 98 |
| Aparat Golgiego..... | 100 |
| Jądro..... | 102 |
| Mitochondria..... | 110 |
| Lizosomy..... | 114 |
| Peroxysomy..... | 116 |
| Mikrotubule..... | 117 |
| Mikrofilamenty..... | 117 |
| Centriole..... | 117 |
| Pęcherzyki wydzielnicze..... | 119 |
| 2. Budowa komórki roślinnej..... | 120 |
| Plastydy..... | 121 |
| Ściana komórkowa..... | 125 |
| Wakuola..... | 130 |
| Organizmy prokariotyczne – bezjądrowe | 133 |
| Budowa komórki prokariotycznej..... | 133 |
| 1. Bakterie..... | 134 |
| Środowisko życia i czynności życiowe bakterii..... | 138 |
| Znaczenie bakterii w przyrodzie i w życiu człowieka..... | 143 |
| Przegląd bakterii chorobotwórczych..... | 146 |
| Bakterie chorobotwórcze i ich wpływ na człowieka..... | 147 |
| 2. Sinice..... | 152 |
| Protisty | 154 |
| 1. Protisty zwierzęce..... | 155 |
| Budowa komórkowa i ruch..... | 156 |

| | |
|--|------------|
| Odżywianie..... | 157 |
| Rozmnażanie..... | 160 |
| Protisty chorobotwórcze – choroby u ludzi i zwierząt..... | 165 |
| Znaczenie protistów zwierzopodobnych..... | 173 |
| 2. Protisty roślinne..... | 174 |
| Ogólna charakterystyka..... | 174 |
| Rozmnażanie..... | 176 |
| Znaczenie protistów roślinnych..... | 180 |
| 3. Protisty grzybopodobne..... | 182 |
| Grzyby – cudzożywne plechowce lądowe..... | 184 |
| Budowa i formy grzybów..... | 185 |
| Odżywianie się grzybów..... | 187 |
| Rozmnażanie i wybrane cykle rozwojowe grzybów..... | 188 |
| Cykl rozwojowy sprzężniowych (na przykładzie pleśniaka białego)..... | 193 |
| Cykl rozwojowy workowców (na przykładzie dzieżki pomarańczowej)..... | 195 |
| Cykl rozwojowy podstawczaków (na przykładzie pieczarki)..... | 198 |
| Znaczenie grzybów w przyrodzie i w gospodarce..... | 202 |
| Porosty..... | 206 |
| Tkanki roślinne..... | 210 |
| 1. Tkanki twórcze – merystematyczne..... | 210 |
| 2. Tkanka okrywająca..... | 214 |
| 3. Tkanka miękkiszowa – parenchyma..... | 219 |
| 4. Tkanka wzmacniająca..... | 223 |
| 5. Tkanka przewodząca..... | 226 |
| 6. Tkanka wydzielnicza..... | 232 |
| Budowa morfologiczna i anatomiczna organów wegetatywnych rośliny nasiennej..... | 234 |
| 1. Budowa pierwotna i wtórna łodygi..... | 234 |

| | |
|--|------------|
| 2. Modyfikacje łodygowe..... | 243 |
| 3. Budowa pierwotna i wtórna korzenia..... | 245 |
| 4. Modyfikacje korzeniowe..... | 252 |
| 5. Budowa i funkcje liścia..... | 254 |
| 6. Modyfikacje liści..... | 263 |
| 7. Formy ekologiczne roślin..... | 264 |
| Rośliny zielone – samożywne tkankowce..... | 270 |
| 1. Mszaki..... | 270 |
| Cechy mszaków świadczące o przystosowaniu się do życia w środowisku lądowym..... | 271 |
| Przemiana pokoleń u mszaków – przebieg..... | 276 |
| Ogólna charakterystyka i znaczenie mszaków..... | 279 |
| 2. Paprotniki – zbiorcza grupa życiowa roślin zarodnikowych... 283 | |
| Ogólna charakterystyka paprotników..... | 284 |
| Budowa morfologiczna i anatomiczna sporofitu paprotników – przystosowanie do środowiska..... | 286 |
| Przemiana pokoleń paprotników jednazarodnikowych (na przykładzie paprotki zwyczajnej)..... | 290 |
| Przemiana pokoleń paprotników różnazarodnikowych (na przykładzie widliczki)..... | 293 |
| Znaczenie paprotników..... | 297 |
| 3. Nasienne – dominująca współcześnie grupa roślin naczyniowych..... | 298 |
| Ogólna charakterystyka nasiennych..... | 298 |
| A. Rośliny nagonasienne..... | 302 |
| Budowa kwiatów nagonasiennych i rozwój gametofitu żeńskiego i męskiego (na przykładzie sosny)..... | 302 |
| Porównanie rozwoju generatywnego roślin nagozalążkowych z rozwojem paprotników różnazarodnikowych..... | 309 |
| Cykl rozwojowy sosny – przemiana pokoleń..... | 309 |

| | |
|--|------------|
| Charakterystyka wybranej klasy nagonasiennych – szpilkowe..... | 314 |
| B. Rośliny okrytonasienne..... | 318 |
| Budowa kwiatów i rozwój gametofitu męskiego i żeńskiego roślin okrytozalążkowych..... | 319 |
| Zapylenie | 326 |
| Zapłodnienie..... | 328 |
| Budowa zarodka..... | 330 |
| Przemiana pokoleń roślin okrytozalążkowych..... | 332 |
| C. Budowa i rodzaje nasion roślin nasiennych, sposoby ich rozprzestrzeniania..... | 336 |
| Powstawanie nasion i owoców bez podwójnego zapłodnienia – apomiksja..... | 340 |
| D. Owoce – budowa i rodzaje..... | 341 |
| Owoce pojedyncze..... | 344 |
| Owoce zbiorowe..... | 347 |
| Owocostany..... | 347 |
| Sposoby rozmnażania wegetatywnego roślin nasiennych..... | 350 |
| E. Porównanie roślin jednoliściennych i dwuliściennych..... | 355 |
| F. Ontogeneza roślin nasiennych..... | 359 |
| Wzrost i rozwój roślin..... | 359 |
| Czynniki wpływające na wzrost i rozwój roślin..... | 365 |
| Tkanki zwierzęce..... | 373 |
| 1. Tkanka nabłonkowa..... | 373 |
| 2. Tkanka mięśniowa..... | 379 |
| 3. Tkanka nerwowa..... | 382 |
| 4. Tkanka łączna..... | 387 |
| 5. Krew i limfa..... | 396 |
| Zwierzęta wielokomórkowe..... | 402 |
| Pochodzenie zwierząt wielokomórkowych..... | 402 |

| | |
|--|-----|
| Główne etapy rozwoju zarodkowego i linie rozwojowe zwierząt tkankowych..... | 403 |
| 1. Gąbki – najprostsze zwierzęta wielokomórkowe..... | 409 |
| 2. Parzydełkowce – dwuwarstwowe tkankowce..... | 413 |
| 3. Płazińce – prymitywne trójwarstwowce..... | 419 |
| 4. Nicienie – zwierzęta schizoceliczne..... | 432 |
| 5. Pierścienice – pierwsze zwierzęta celomatyczne..... | 440 |
| 6. Mięczaki – wyspecjalizowane bezkręgowce..... | 446 |
| 7. Stawonogi – najliczniejszy typ zwierząt..... | 455 |
| 8. Szkarłupnie – pierwotne wtórouste..... | 469 |
| 9. Strunowce..... | 474 |
| Osłonice – pierwotne strunowce..... | 476 |
| Bezczaszkwowce – strunowce niższe..... | 477 |
| Podtyp – kręgowce..... | 481 |
| A. Bezzuchwowce – prymitywne kręgowce wodne..... | 483 |
| B. Ryby – kręgowce pierwotnie wodne..... | 486 |
| C. Płazy – kręgowce wodno-łądowe..... | 494 |
| D. Gady – pierwsze kręgowce lądowe..... | 504 |
| E. Ptaki – kręgowce latające..... | 516 |
| F. Ssaki – najwyżej uorganizowane kręgowce..... | 531 |

Składniki chemiczne organizmów

Wszystkie żywe komórki wykazują **jedność składu i funkcji**, co oznacza, że zbudowane są z tych samych makromolekuł, te zaś zawierają te same **monomery** budulcowe. Organizmy żywe składają się z ogromnej ilości związków chemicznych **organicznych i nieorganicznych**, w tym wody. Składniki nieorganiczne występują głównie w postaci jonowej: **kationów i anionów**. Spośród 106 naturalnych pierwiastków występujących w przyrodzie (w skorupie Ziemi, morzach, oceanach i powietrzu) 60 jest oznaczanych w materiale biologicznym, a z tej liczby 20 występuje w prawie każdym organizmie. Zawartość procentowa poszczególnych pierwiastków jest bardzo zróżnicowana, a ich brak lub niedobór powoduje groźne skutki dla organizmu (dotyczy również pierwiastków występujących w śladowych ilościach). Wszystkie pierwiastki niezbędne dla organizmów zaliczamy do dwóch grup: **makroelementów i mikroelementów**. **Makroelementy** to pierwiastki stanowiące łącznie około 99% masy organizmu (każdy stanowi **co najmniej 0,01% suchej masy**).

Zaliczamy do nich: **węgiel, wodór, tlen, azot, siarkę, fosfor, wapń, magnez, sód, potas i chlor**. Mikroelementy to pierwiastki, których udział w suchej masie waha się w granicach 0,01% – 0,00001%. Zaliczamy do nich: **żelazo, kobalt, miedź, mangan, cynk, molibden, bor, jod, fluor i krzem**. Wyróżnia się również ultraelementy: rad, złoto, srebro, platynę i selen.

| Pierwiastek (jon) | Wybrane funkcje biologiczne |
|-----------------------------|--|
| Wapń (Ca ⁺²) | <ul style="list-style-type: none"> – pierwiastek szkieletotwórczy (kości, zęby, muszle, pancerzyki) – obniża stopień uwodnienia koloidów komórkowych – reguluje funkcje błon komórkowych, reguluje skurcze mięśni – składnik płynów ustrojowych – czynnik krzepnięcia krwi, regulacja przewodnictwa nerwowego |
| Magnez (Mg ⁺²) | <ul style="list-style-type: none"> – składnik kości – obniża stopień uwodnienia koloidów komórkowych – składnik chlorofilu – utrzymuje właściwą strukturę rybosomów – aktywator wielu enzymów |

| | |
|-----------------------------|---|
| Sód (Na^+) | <ul style="list-style-type: none"> – bierze udział w przewodzeniu impulsów przez neuron – wpływa na ciśnienie osmotyczne płynów ustrojowych, utrzymuje równowagę płynów ciała |
| Potas (K^+) | <ul style="list-style-type: none"> – bierze udział w przewodzeniu impulsów nerwowych – podwyższa stopień uwodnienia koloidów komórkowych – aktywator wielu enzymów, odpowiada za skurcz mięśni |
| Żelazo (Fe^{+2}) | <ul style="list-style-type: none"> – składnik białek złożonych (np. hemoglobiny i mioglobiny) transportujących tlen – składnik wielu enzymów np. cytochromów – katalizator syntezy chlorofilu |
| Kobalt (Co^{+2}) | <ul style="list-style-type: none"> – składnik witaminy B_{12} – konieczny dla roślin motylkowych żyjących w symbiozie z bakteriami brodawkowymi |
| Miedź (Cu^{+2}) | <ul style="list-style-type: none"> – składnik enzymów oksydoredukcyjnych – czynnik syntezy hemoglobiny – czynnik syntezy chlorofilu |
| Jod (J^-) | <ul style="list-style-type: none"> – składnik hormonów tarczycy |
| Fluor (F^-) | <ul style="list-style-type: none"> – wchodzi w skład kości oraz szkliwa zębów |

| | |
|----------------------|---|
| Cynk (Zn^{+2}) | <ul style="list-style-type: none"> – składnik insuliny, hormonu obniżającego poziom cukru we krwi – składnik wielu enzymów uczestniczących w przemianach białek i węglowodanów – odpowiada za syntezę związków regulujących wzrost i rozwój roślin |
| Mangan (Mn^{+2}) | <ul style="list-style-type: none"> – aktywator enzymów cyklu kwasu cytrynowego – aktywator enzymów fazy świetlnej fotosyntezy |

1. Związki nieorganiczne

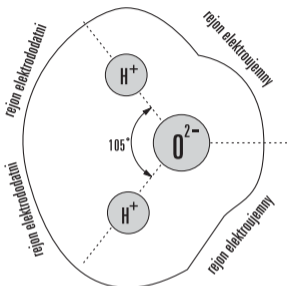
Składniki nieorganiczne cytoplazmy występują w postaci soli lub w połączeniu ze związkami organicznymi. Liczne pierwiastki występują w cytoplazmie i płynach tkankowych lub sokach komórkowych w postaci jonów prostych lub złożonych. Najczęściej są to: jony Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , CO_3^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_4^+ . Postać jonową przyjmują w cytoplazmie niektóre związki organiczne, np. aminokwasy, a część składników mineralnych występuje w postaci niezjonizowanej, np. żelazo obecne w **hemoglobinie**, **ferrytynie**, **cytochromach**. Stężenie niektórych jonów w cytoplazmie komórki odbiega zazwyczaj od ich

koncentracji w środowisku zewnątrzkomórkowym. Wnętrze komórki charakteryzuje się wysokim stężeniem jonów: K^+ , Mg^{2+} , PO_4^{3-} , natomiast w płynach tkankowych dużą koncentrację osiągają jony: Na^+ , Cl^- i HCO_3^- . Część związków nieorganicznych występuje w postaci wykrystalizowanych soli, wchodząc w skład **pancerzy, oskórków, kości, zębów** lub buduje **wtórnią ścianę komórkową**. Sole mineralne stanowią ok. 2 – 4% suchej masy organizmu i pełnią funkcje strukturalne oraz podporowe, np. fosforan wapnia – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, węglan wapnia – CaCO_3 , krzemionka – SiO_2 . Pełnią również funkcje osmotyczne i buforujące w roztworach komórkowych i płynach pozakomórkowych oraz biochemiczne jako składniki enzymów.

Woda

Zawartość wody w komórkach i w całym organizmie zmienia się z jego wiekiem i nasileniem metabolizmu, przeciętnie od 70% do 85%. Najwięcej wody zawierają komórki zarodków (90% – 95%), limfa, osocze krwi, liście sukulentów, owoce. Najuboższa w wodę jest tkanka kostna – 20% nasiona i zarodniki – 14%, szkliwo

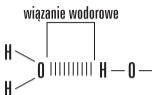
zębów – 10%, tkanka tłuszczowa – 10% oraz wtórna ściana komórkowa – 10%.



Rys. Model cząsteczki wody

Fizykochemiczne właściwości wody

– Różnica wielkości i ładunku pomiędzy atomami wodoru i tlenu (atom tlenu jest większy i znacznie silniej elektroujemny) powoduje, że cząsteczka wody jest **polarna** i ma budowę **nieliniową**. Jedna cząsteczka wody może utworzyć wiązania wodorowe z czterema innymi cząsteczkami wody.



Rys. Schemat wiązania wodorowego między cząsteczkami wody

- Polarność cząsteczki wody powoduje, że jest ona doskonałym rozpuszczalnikiem dla innych polarnych cząsteczek. Substancje polarne, które rozpuszczają się w wodzie, zaliczamy do **związków hydrofilowych**, wykazują one powinowactwo do wody, „**lubią wodę**”. Substancje niepolarne nie rozpuszczają się w wodzie i ich właściwości określa się jako **hydrofobowe, tzn. „niełubiące wody”**; w wodzie skupiają się tak, aby jak najmniejsza część ich powierzchni stykała się z nią.
- Woda ma **wysoką pojemność cieplną**. Określa się ją jako ilość ciepła potrzebną do podniesienia temperatury 1 kg wody o 1°C . Przyczyną tej właściwości jest obecność wiązań wodorowych, których rozerwanie pochłania znaczną ilość energii cieplnej.

- Woda ma **wysokie ciepło parowania**. Wiązania wodorowe utrzymują cząsteczki ciekłej wody razem, co utrudnia ich ucieczkę w postaci pary wodnej: dużego nakładu energetycznego wymaga parowanie wody, zatem woda w porównaniu z innymi cząsteczkami tej samej wielkości posiada wysoką temperaturę wrzenia.
- Dzięki obecności wiązań wodorowych cząsteczki wody przylegają do siebie, a także do niektórych innych cząsteczek. To zjawisko nosi nazwę **kohezji**. Wiązania wodorowe powodują powstawanie napięcia powierzchniowego, dzięki temu woda spełnia ważną rolę w tworzeniu błon biologicznych.
- W miarę, jak temperatura ochładzającej się wody zbliża się do punktu zamarzania, ruchy cząsteczek stają się coraz wolniejsze, tak że możliwe jest utworzenie przez nie maksymalnej liczby wiązań wodorowych. Cząsteczki wody muszą się rozsunąć i tylko wtedy mogą przyjąć ułożenie przestrzenne umożliwiające wytworzenie 4 wiązań wodorowych przez każdą cząsteczkę. W efekcie zamarzająca woda zwiększa swoją objętość, a zatem zmniejsza się jej gęstość. Z tego powodu **lód zawsze unosi się na powierzchni wody**.

- Woda ma zdolność do tworzenia **roztworów koloidowych**. Cząsteczki niektórych związków chemicznych tworzą silne wiązania międzycząsteczkowe, uniemożliwiające rozpuszczanie się tych cząsteczek w wodzie. Jeśli na powierzchni tych cząsteczek występują ładunki elektryczne, to na skutek przyciągania elektrostatycznego gromadzi się wokół nich warstewka wody. Otoczone wodą cząsteczki **ulegają rozproszeniu = dyspersji w środowisku wodnym**. Rozproszone w fazie wodnej cząsteczki w otoczce wodnej nazywa się **koloidem**.
- Największą gęstość woda osiąga w temperaturze +4°C.

Biologiczne znaczenie wody

- Jedynie w środowisku wodnym zachodzą wszelkie procesy biochemiczne.
- Jest **ośrodkiem dyspersyjnym** dla koloidów występujących w cytoplazmie komórkowej.
- Jest **rozpuszczalnikiem** jonów nieorganicznych oraz wszystkich związków polarnych i dzięki temu uczestniczy w ich transportowaniu (np. w wodzie transportowane są związki mineralne do jezior i mórz), rozprawdza substancje rozpuszczone we krwi

i w limfie u zwierząt, usuwa wraz z moczem substancje zbędne, takie jak mocznik, amoniak.

- Dzięki zdolności do tworzenia specjalnych wiązań chemicznych jest również rozpuszczalnikiem związków organicznych zawierających grupę karboksylową, aminową lub ketonową.
- Jako substancja niemal **bierna chemicznie** rzadko reaguje z rozpuszczonymi w niej substancjami.
- Dzięki wysokiemu ciepłu właściwemu, dobremu przewodnictwu cieplnemu oraz wysokiemu ciepłu parowania zmniejsza wahania temperatury wewnątrz komórek, a tym samym zapobiega skutecznie miejscowemu przegrzewaniu się cytoplazmy w następstwie zachodzących w niej procesów egzoergicznych. Uczestniczy więc w **termoregulacji** i zapewnia dużą **stabilność cieplną** organizmom.
- Uczestniczy w regulacji temperatury organizmu, ciśnienia osmotycznego, stężenia jonów wodorowych – pH.
- Jest **substratem i produktem wielu reakcji biochemicznych**. To substrat fotosyntezy, w której jest czynnikiem redukującym, oraz produkt trawienia w świetle przewodu pokarmowego (bierze udział

w hydrolizie), to także produkt oddychania komórkowego.

- Dzięki temu, że jej gęstość jest największa w temperaturze 4°C, zbiorniki wodne nie zamarzają do dna. Woda o tej temperaturze opada na dno zbiornika i wtedy organizmy wodne mają możliwość przeżyć.
- Dzięki działaniu **sił spójności cząsteczek wody i ich dużemu napięciu powierzchniowemu** możliwe jest poruszanie się na powierzchni wody wielu gatunków zwierząt: owadów, bakterii, glonów.
- **Transportuje** substancje chemiczne, związki odżywcze, witaminy, hormony, enzymy, produkty przemiany materii, ponieważ jest podstawowym składnikiem płynów ustrojowych: krwi, limfy, płynu mózgowo-rdzeniowego, moczu, soków trawiennych.
- Dzięki **kohezji i adhezji woda jest lepka**, co umożliwia zwilżanie powierzchni w układach biologicznych, np. maź stawowa, płyn w opłucnej, śluzówka w jelicie cienkim i grubym umożliwiające przemieszczanie się pokarmu i kału; w pochwie umożliwia stosunek płciowy. Dzięki **adhezji** między cząsteczkami wody a ścianą naczyń tworzących

ksylen możliwy jest transport wody w górę rośliny, uwarunkowany **siłą ssącą transpiracji**.

- Uczestniczy w wielu procesach fizjologicznych, takich jak: rozmnażanie, rozwój, odżywianie, trawienie, transport międzykomórkowy.
- Warunkuje jędrność (turgor) komórek.
- Dzięki dużej **ruchliwości cząsteczek** wody możliwa jest **osmoza** – zjawisko ważne dla pobierania wody i jej przemieszczania w układach biologicznych.
- Funkcja **podporowa** – występowanie sił kohezji między cząsteczkami wody sprawia, że jest ona odporna na ściskanie, co czyni z niej doskonałe środowisko podtrzymujące, np. szkielet hydrostatyczny dżdżownicy, obleńców, turgor w komórkach roślin zielnych, płyn owodniowy chroniący płód; woda jako środowisko wodne, w którym unoszą się rośliny i zwierzęta wodne.
- Przezroczystość wody sprawia, że przedostają się przez nią promienie słoneczne, co umożliwia fotosyntezę roślinom żyjącym na różnych głębokościach.

2. Związki organiczne

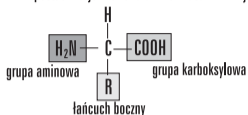
A. Białka

Budowa białek

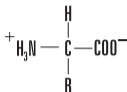
- Są to makrocząsteczkowe biopolimery, które składają się z 20 rodzajów aminokwasów podstawowych, czyli powszechnie występujących w przyrodzie: **glicyny, alaniny, waliny, leucyny, izoleucyny, fenyloalaniny, proliny, seryny, treoniny, cysteiny, metioniny, tryptofanu, tyrozyny, asparaginy, glutaminy, kwasu asparaginowego, kwasu glutaminowego, lizyny, argininy, histydyny.**
- Nazwy zwyczajowe aminokwasów skraca się najczęściej do trzech pierwszych liter, np. **Glu, Wal, Cys.**
- **Izoleucyna, leucyna, lizyna, metionina, fenyloalanina, treonina, tryptofan, histydyna oraz walina** to aminokwasy **egzogenne (niezbędne)**, czyli takie, których człowiek nie potrafi sam wytwarzać i musi przyjmować je z pożywieniem, pozostałe to aminokwasy **endogenne (nie niezbędne)**, które potrafimy wytwarzać sami. Procesy syntezy aminokwasów odbywają się w wątrobie.

- Każdy aminokwas zawiera dwie charakterystyczne grupy funkcyjne: aminową – NH_2 i karboksylową – COOH połączone z węglem – α . W większości aminokwasów z atomem węgla α związany jest także alifatyczny lub aromatyczny rodnik węglowy R, który może być nośnikiem dalszych grup funkcyjnych. Aminokwasy różnią się między sobą rodzajem rodnika. W zależności od rodzaju rodnika dzielimy je na: **alifatyczne** (łańcuchowe), **aromatyczne** (z pierścieniem typu benzenowego) i z **układem heterocyklicznym** (pierścieniowe).
- Oprócz wymienionych, powszechnie występujących w przyrodzie 20 aminokwasów budujących białka, występują aminokwasy w wolnej postaci w tkankach zwierzęcych lub roślinnych, np. metabolity aminokwasów proteinogennych lub antybiotyki.
- Aminokwasy mogą łączyć się ze sobą w dowolnych układach i w związku z tym istnieje w przyrodzie niewyobrażalna liczba możliwych kombinacji białek, np. dla białka liczącego 154 aminokwasy (mioglobina) liczba kombinacji wynosi 20^{154} .

postać niezjonizowana aminokwasu

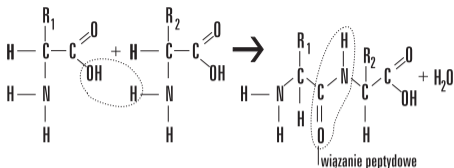


jon obojnaczy – forma przeważająca w pH 7



Rys. *Struktura aminokwasu*

- Sekwencja aminokwasów w białku jest **określona przez sekwencję nukleotydów w DNA, tzw. kod genetyczny.**
- Aminokwasy w białkach łączą się **wiązaniem peptydowym**, tworząc **peptydy**. Grupa karboksylowa jednego aminokwasu tworzy wiązanie peptydowe z grupą aminową następnego.
- W przyrodzie występują liczne **oligopeptydy** (do 10 aminokwasów), **polipeptydy** (od 10 do 100 aminokwasów). Nie ma wyraźnej granicy między polipeptydami a białkami (więcej niż 100 aminokwasów), zwanymi również **makropeptydami**.



Rys. Wiązanie peptydowe

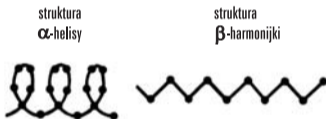
Struktura przestrzenna białek, tzw. konformacja

Wszystkie białka w formie natywnej (w naturalnym niezmiennym stanie, niepołączone z innymi związkami, niezdenaturowane) mają charakterystyczną dla danej cząsteczki strukturę przestrzenną, która determinuje ich właściwości i funkcję biologiczną:

Struktura I-rzędowa to sekwencja (kolejność ułożenia) aminokwasów w łańcuchu peptydowym, stabilizowana wiązaniami peptydowymi i uwarunkowana sekwencją nukleotydów w DNA. Konsekwencją tej struktury są następne: II-, III-, IV-rzędowa.

Struktura II-rzędowa opisuje przestrzenne ułożenie aminokwasów tworzących rdzeń łańcucha peptydowego, bez uwzględnienia reszt bocznych – R aminokwasów. Konformacja ta jest stabilizowana głównie wiązaniami wodorowymi powstającymi między atomami węgla grupy karboksylowej – COOH i azotu grupy aminowej – NH₂.

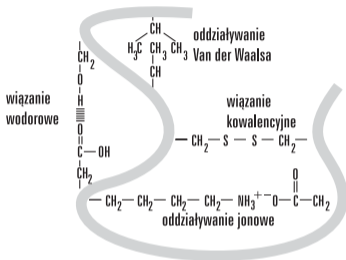
W przyrodzie powszechnie występują struktury: α -helisy i β -harmonijki.



Rys. Struktura II-rzędowa

Struktura III-rzędowa to przestrzenne położenie wszystkich atomów, także atomów łańcuchów bocznych łańcucha polipeptydowego. Łańcuchy polipeptydowe przyjmują na pewnych odcinkach regularne konformacje α -helisy (kształt cylindra lub wstążki)

i β -harmonijki, na innych zaś tworzy się struktura nieuporządkowana.



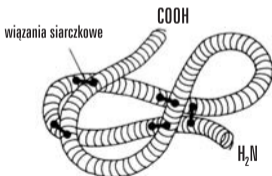
Rys. Struktura przestrzenna (III-rzędowa) utrzymywana przez różne wiązania i oddziaływania chemiczne

Najczęściej powtarzające się w tej konformacji przestrzennej motywy strukturalne to struktura „spinki do włosów”, „dywanowa” lub „klucza greckiego”. Strukturę tę stabilizują wiązania wodorowe, oddziaływania elektrostatyczne typu jon–jon (mostki solne), oddziaływania apolarnych reszt aminokwasowych (siły Van der

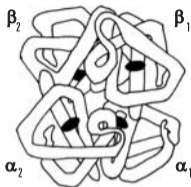
Vaalsa) oraz wiązania kowalencyjne, tzw. mostki dwusiarczkowe.

W zależności od przestrzennego zwinięcia łańcucha peptydowego tworzy się struktura kolistą (białka globularne) lub wydłużoną (białka fibrylarne).

Struktura IV-rzędowa: wchodzące w skład białka łańcuchy polipeptydowe łączą się często w jeszcze większe agregaty (poszczególne łańcuchy nazywamy podjednostkami). Dotyczy ona białek złożonych, składających się z łańcuchów polipeptydowych i związków niebiałkowych. Wiązania stabilizujące tę strukturę to wiązania występujące w strukturze III-rzędowej oraz słabe oddziaływania międzycząsteczkowe.



Rys. Struktura III-rzędowa



Rys. Struktura IV-rzędowa

Właściwości białek

Zależą one od sekwencji aminokwasów, rozmiarów i budowy przestrzennej cząsteczek białek oraz ich ładunku elektrycznego.

- Mają bardzo wysoką masę cząsteczkową (od 1400 Da do 10 000 000 Da), najczęściej od kilkunastu do kilkudziesięciu tysięcy Da.
- Mają **charakter amfoteryczny**, co wynika bezpośrednio ze zdolności aminokwasów do tworzenia jonów obojnaczych (w roztworach wodnych przy

pH 7 występują w formie zjonizowanych cząsteczek dwubiegunowych). Oznacza to, że ich cząsteczki zawierają zarówno grupy naładowane ujemnie, jak i dodatnio. Umieszczone w polu elektrycznym wędrują do jednego z biegunów. Aminokwasy i białka są więc jonami obojnaczymi. Ładunek cząsteczki białka jest sumą ładunków dodatnich i ujemnych wszystkich jej odgałęzień bocznych. Przy określonej wartości pH otaczającego płynu, zwanej punktem izoelektrycznym, charakterystycznym dla każdego rodzaju białka, suma ładunków dodatnich i ujemnych w cząsteczce osiąga wartość zerową. Tak więc **każde białko ma swój punkt izoelektryczny.**

- Białka globularne (kuliste) tworzą w wodzie koloidy, np. cytoplazma.
- Białka są **labilne** (delikatne). Czynnikiami wpływającymi na zmianę ich właściwości chemicznych są: temperatura, kwasy, alkalia, rozpuszczalniki organiczne, detergenty, utleniacze, mocznik. Najczęściej czynniki te **denaturują** białka.
- Niektóre rozpuszczają się w wodzie bądź słabych roztworach soli, np. białka globularne.

- Ulegają **hydrolizie** pod wpływem enzymów hydrolitycznych wewnątrz komórki lub na zewnątrz.
- Kształt przestrzenny białek decyduje bezpośrednio o ich właściwościach i funkcjach.
- Do badania składu ilościowego i jakościowego białek oraz rozdzielania na aminokwasy służą metody elektroforezy, chromatografii i ultrawiwowania.

Klasyfikacja białek

Na podstawie właściwości chemicznych oraz udziału różnych komponentów wyróżniamy:

- **Skleroproteiny** – białka fibrylarne (włókienkowe) są nierozpuszczalne w wodzie, mają budowę włókienkową, służą jako substancje podporowe w organizmie, np. **keratyna, fibroina, miozyna, aktyna, elastyna, kolagen**.
- **Sferoproteiny** – białka globularne (kuliste) są rozpuszczalne w wodzie i rozcieńczonych roztworach soli, ich cząsteczki są sferyczne, nawet gdy mają kształt nieregularny, np. **albuminy, globuliny, histony, prolaminy, gluteliny**.