

1923

# FIZJOLOGJA ZWIERZĄT

---

według wykładów prof. Dr. K. Białaszewicza

w roku akademickim 1923/4.

## część I.

---

WŁASNOŚCI FIZYCZNE I CHEMICZNE MATERJI ŻYWEJ.

Skrypta opracowane przez Z. Budkiewicza i B. Zawadzkiego,  
przejrzane przez prof. Dr. K. Białaszewicza.

Wydane staraniem Koła Przyrodników S.U.W.

## W S T Ę P .

Fizjologia jest nauką o zjawiskach zachodzących w ustrojach żywych. Zadaniem jej jest zbadanie przebiegu poszczególnych objawów życia w nich wzajemnej od siebie i od warunków otoczenia zależności. Celem ostatecznym badań fizjologicznych jest poznanie mechanizmu zjawisk życiowych, t.j. sprowadzenie zespołu zjawisk, które nazywamy "życiem", do znanych praw fizyki i chemii.

W przeciwstawieniu do morfologii, której przedmiotem badań jest w najszerszym pojęciu - tego znaczeniu kształt materji organizowanej /zewnętrzny, anatomiczny, histologiczny, cytologiczny, molekularny/, fizjologia bada czynności ustroju lub jego części składowych w stanie ustawicznych zmian podłoża. W stosunku do fizjologii - morfologia jest metodą pomocną w orientacji we własnościach przestrzennych materji żywej jako podłoża czynności.

Z punktu widzenia ujęcia rezultatów, osiągniętych w zakresie poszukiwań nad czynnościami ustroju zwierzęcego, rozróżniamy fizjologję szczegółową, która daje obraz czynności narządów lub ich zespołów w obrębie węższej lub obszerniejszej grupy zoologicznej /fizjologia człowieka, zwierząt użytecznych i t.p./; fizjologję porównawczą, której zadaniem jest poznanie różnorodności przejawów czynności fizjologicznych w całokształcie świata zwierzęcego, w zależności od stopnia organizacji i warunków ekolo-

gicznych istnienia: fizjologję ogólną zwierząt, której treść stanowią powszechne własności i zjawiska życia zwierzęcego.

Nauka o zjawiskach, zachodzących w ustroju zwierzęcym, opiera się z jednej strony na poznaniu własności morfologicznych składników elementarnych ustroju, z drugiej zaś - w większym jeszcze stopniu - na dokładnej i wyczerpującej znajomości własności fizycznych i chemicznych materji żywej, zasadniczym bowiem warunkiem zrozumienia mechanizmu procesów życiowych jest poznanie materiału budulcowego, z którego jest uformowane podłoże życia. Ponieważ następnie przebieg zjawisk w układzie żywym zależy bezpośrednio od działających czynników zewnętrznych, przeto analiza bliższa warunków otoczenia - granic, w których możliwe są zjawiska życiowe, i zachowanie się tych ostatnich pod wpływem zmiany warunków - jest dalszym ogniwem w poznaniu właściwości materji żywej i w ogólnej charakterystyce możliwości, przez świat zewnętrzny nakreślonych.

Poznanie elementarnej i najpowszechniejszej własności ciał żywych - pobudliwości, dzięki której substancja żywa reaguje na działanie czynników zewnętrznych, zmianą w przebiegu procesów życiowych, daje możność głębszego wniknięcia w splot zjawisk fizyko-chemicznych, których terenem jest organizm. Wyświetlenie stosunku organizmu do podniety, wyjaśnienie procesu metamorfozy podnie-  
t

swoistych w podrażnienie i zjawiska przenoszenia na odległość stanu czynnego przez podniecie wywołanego, daje pogląd na materję żywą, jako na układ zmienny, znajdujący się w stanie ruchomej równowagi dynamicznej.

Zmienność ta, uwarunkowana procesem 2-kierunkowym, czyli metabolizmem /przemianą/, stanowi podstawową właściwość materji żywej: "życie w powszechności jest ciągłą przemianą formy, w tej formie - ciągłą przemianą materji" /Jędrzej Śniadecki - 1804/. Procesy metaboliczne - morfologiczne, chemiczne, energetyczne - są wyrazem 2 sprzężonych ze sobą ogniw: zespołu procesów tworczych /anabolicznych/, którym towarzyszy wzrost wartości energetycznej materji żywej, zachodzący w związku z chemiczną i morfologiczną komplikacją jej budowy wewnętrznej, i kompleksu zjawisk wstecznych /katabolicznych/, które zachodzą jednocześnie z obniżeniem potencjału energetycznego, rozpadem związków złożonych na prostsze i uwstecznieniem struktury morfologicznej.

Realizacją tych zasadniczych - w odmiennych kierunkach biegnących - procesów, umożliwiającą zjawiska wymiany, jako bezustannie zachodzącej między organizmem a otoczeniem: wyjaśnienie istoty tych zjawisk jest związane ze sprawą swoistej przepuszczalności substancji żywej dla ciał pokarmowych i zbędnych produktów metabolizmu.

Pogłębienie spraw powyższych nie wyczerpuje zagą -

nien ogólnych fizjologii. Z pośród nich problematem najważniejszym badań współczesnych jest poznanie mechanizmu regulacji fizjologicznych. Wyświetlenie tych niezmiernie złożonych zależności, których wyrazem jest harmonijnie uzgodniony zespół zjawisk elementarnych, stanowi cel ostateczny nauki o życiu.

## C Z Ę S C I

---

### Własności fizyczne i chemiczne materji żywej.

---

#### A. Stan skupienia materji żywej.

---

Materja żywa jest niezmiernie złożoną mieszaniną faz współistniejących, warunkujących jej niejednorodność fizykochemiczną. Pomimo to jednak, charakteryzując ją najogólniej z punktu widzenia fizycznego, możemy materji żywej przypisać ciekły, /śluzowato-lepki/ stan skupienia.

Wszystkie fazy, wchodzące w zespół materji żywej występują pod postacią dyspersji. Niejednorodność tych ostatnich zależy od stopnia rozdrobnienia materji, czyli od wielkości cząstek, od ich własności fizycznych, od rodzaju łączenia się i mieszania ich z sobą. Z punktu widzenia stopnia rozdrobnienia, czyli dyspersji, stanowisko pośrednie zajmują t.zw. dyspersje koloidalne, czyli koloidy, pod których postacią występują najważniejsze biochemiczne związki organiczne wchodzące w skład materji żywej.

Poniższa tabelka wyjaśnia podział układów dyspersyjnych według wielkości cząstek względnie stopnia rozdrobnienia:

Stopień dyspersji	Nazwa układu dyspersyjnego	Nazwa wielkości cząstek.	Wymiary średnicy cząstek	Nazwa wielkości optycznej.
I drobny	Dyspersydy lub proste roztwory.	Cząstki roztworu.	Poniżej 1 $\mu\mu$	Amikrony /do 1 $\mu\mu$ /
II średni	Dyspersoidy lub koloidy. 1-suspensoidy 2-emulsoidy	cząstki koloidalne.	1-100 $\mu\mu$	submikrony 1-140 $\mu\mu$
III	dyspersje 1 suspensje 2 emulsje 3 pianki	cząstki zawiesiny ziarenka kropelki pęcherzyki.	powyżej 100-u $\mu\mu$	mikrony 140-15000 $\mu\mu$ supermikrony powyżej 15000 $\mu\mu$

B. Skład chemiczny substancji żywej.

Związki wchodzące w skład materji żywej można podzielić na 3 kategorie:

1. Woda
2. Związki mineralne
3. Związki organiczne:

a/węglowodany /proste i sprzężone/

b/tłuszcze.

c/białka

d/witaminy.

Powyższe składniki plazmy występują pod postacią wszystkich poprzednio wymienionych stanów rozdrobnienia

materji, przyozem rolę ośrodku rozpraszającego /dispersjens/ pełni najwazniejszy pod wzgledem ilościowym składnik substancji zywej - woda.

### I Woda.

---

Woda stanowi ilościowo składnik główny organizmow: ilość jej wana się od 50 do 98%. Zwierzęta kręgowie mają średnio 75% wody. Zwierzęta bezkręgowie można podzielić na 2 kategorie: 1/zwierzęta zawierające dużo wody /85 do 98%/ np. jamochłony, szkarłupnie; 2/zwierzęta zawierające mało wody /50 do 35%/ , przewazna część pozostałych bezkręgowych.

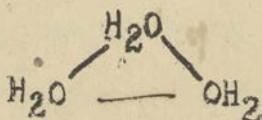
Zawartość wody w organizmach jest zależna od wielkości jamy ciała, natomiast w komórkach różnych tkanek jest dosyć stała i wynosi od 75 do 85%. w leukocytach wynosi 85% w śluzowcach 75%, w mózgu ludzkim 82%, w jajku niezapłodnionym około 70%.

Woda jest z punktu widzenia fizycznego ciałem pod wieloma względami wyjątkowem; dlatego własności jej winny być bliżej omówione. Posiada ona, poza energią, największe ciepło właściwe. Niemal najwyższe jest również jej ciepło utajone parowania i topnienia. Dla porównania przytoczymy parę danych, tyczących niektórych ciał ciekłych.



Rodzaj cieczy	Ciepło właściwe	Ciepło utajone parowania	Ciepło utajone topnienia	/w kaloriach gramowych/.
Woda	1,0	536 kal. g.	80 kal. g.	
Alkohol etylowy	0,6	264 "		
Benzol	0,03	109 "	30 "	
Rtęć	0,03	62,8 "	3 "	

Dzięki dużej wartości ciepła właściwego, woda w organizmach posiada znaczenie moderatera, tłumiącego wpływ nagłych zmian temperatury otoczenia: zabezpiecza organizm przed zbyt gwałtownym ochłodzeniem lub ogrzaniem. Wysokie ciepło parowania umożliwia utrzymanie stałej temperatury organizmom stało-ciepłym, które wraz z potem pozbywają się wielkich ilości ciepła. Wysokie ciepło topnienia chroni organizmy od zamrożenia. Dla organizmów żyjących w wodzie czynnikiem zabezpieczającym od zamrożenia jest ta własność wody, że posiada ona największą gęstość przy temperaturze 4° C., lód, jako lżejszy, utrzymuje się na powierzchni, tworząc warstwę izolacyjną, zabezpiecza głębsze warstwy wody od zamrożenia. Pozostaje to w związku z tem, że woda, jak wiadomo, stanowi mieszaninę cząsteczek o różnym stopniu asocjacji, oprócz monohydrolu H<sub>2</sub>O występuje bihydrol H<sub>2</sub> = O = O = H<sub>2</sub> i trihydrol



przyczem zawartość tych połączeń w wodzie zależy od temperatury.

Lepkość wody jest nieznaczna /minimum około 50° C./ Mała lepkość wody ułatwia krążenie soków w organizmie. Wysokie napięcie powierzchniowe wody przyczynia się do lepszego rozchodzenia się soków w naczyniach włoskowatych.

## 2. Związki mineralne.

---

W skład plazmy wchodzi przeważnie pierwiastki o małym ciężarze atomowym, nie przekraczającym 56. /z wyjątkiem miedzi Cu :- 63,57 i jodu - J :- 126,92./. Pierwiastki te można podzielić na następujące grupy: 1/potasowce i wapniowce: a/Na - 23, K - 39, b/Ca - 40, Mg - 24. Wymienione pierwiastki odgrywają wielką rolę w zjawiskach życiowych, to też zostaną one dokładniej omówione, 2/pierwiastki odgrywające rolę przy oddychaniu: Fe - 56, Mn - 55, Cu - 64, 3/pierwiastki wchodzące w skład anionów: P - 31, S - 32, Cl - 35, F - 19, J - 127, 4/cztery zasadnicze pierwiastki organiczne: C:- 12, H:- 1,008, O:- 16, N:- 14.

Pierwiastki posiadające wyższy ciężar atomowy, są związane ze specjalnymi funkcjami; Jod występuje w wydzielinie gruczołu tarczycowego. Żelazo w hemoglobinie; mangan i miedź występują podobnie jak żelazo jako przekaźniki w wymianie gazowej u pewnych zwierząt. Man-

gan występuje u mięczaków /Mollusca/ i stanowi 31 do 48% popiołu; miedź u skorupiaków /Crustacea/ i szkarłupni /Echinodermata/, oraz u niektórych mięczaków i owadów występuje pod postacią związku organicznego — hemocjaniny, którą te organizmy zawierają w ilości 3% /inne sole miedzi są dla organizmów trujące/

Popiół otrzymany z organizmów żywych zawiera głównie fosforany, chlorki i węglany. W materji żywej pierwiastki mineralne występują w innych bliżej niezbadanych połączeniach, niż w popiele, w którym są one produktami wtórnymi powstałymi przez spopielenie.

Przystępujemy obecnie do omówienia roli jonów:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  i  $\text{Mg}^{++}$  w organizmach. Pierwotnym środowiskiem organizmów żywych jest woda morska. Zestawienie stosunku zawartości wymienionych jonów w wodzie morskiej oraz sokach organizmu, pozwoli stwierdzić, jaki wpływ wywarła woda morska, jako środowisko pierwotne, na skład soków organizmu.

Rodzaj cieczy	Stosunek jonów $\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{++}$	$\text{Mg}^{++}$
Woda morska	100	4	4	12
Jamochrony /Aurelia aurita/	100	5	4	11,4

Widzimy, że stosunek tych jonów w soku otrzymanym z niższych zwierząt morskich jest odzwierciedleniem

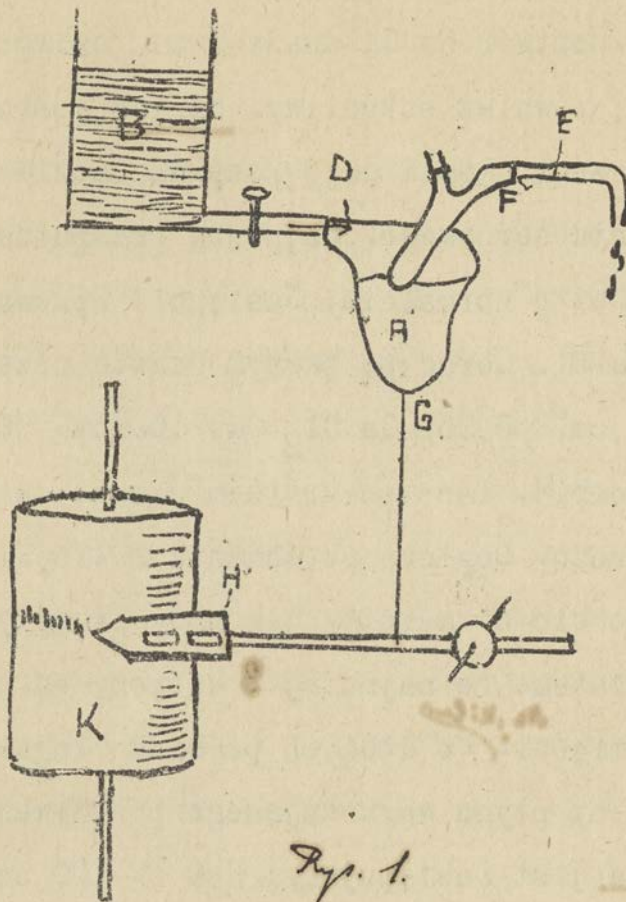
stosunku ich w wodzie morskiej. Należy tu jednak zaznaczyć, że jamochłony zawierają bardzo wiele wadnistej galarety, będącej substancją parakomórkową.

Stosunek jonów	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
Krew homara . . . . .	100	7,1	8,0	7,9
Mięśnie ssaków . . . . .	100	500	70	40

Z zestawienia tego wynika, że soki tkankowe wyemancypowały się z pod wpływ środowiska pierwotnego, t. j. wody morskiej. Tkanki zwierzęce są środowiskiem przede wszystkim potażowym, gdy woda morska sodowem.

Przez analogję mogłoby się wydawać, że najlepszym środowiskiem zewnętrznym dla tkanki żywej zwierzęcia wyższego, będzie środowisko posiadające to ustosunkowanie kationów, które jest charakterystyczne dla samej tkanki. Badania Ringera, Overtona, Löeba, Hoebera i wielu innych badaczy wykazały że wręcz przeciwnie tkanki trwają najdłużej w środowisku o odmiennym składzie. Badania tych autorów były przeprowadzone nad kurczliwością mięśni szkieletowych i serca żaby. Do serca wyjętego z ustroju żaby wprowadzamy przez „sinus venosus” i aortę po 1 kaniulce. Kaniulka wchodząca do „sinus venosus” doprowadza odpowiedni roztwór, przez inną kaniulkę płyn porzuca komorę sercową. Aby zbadać warunki w jakich serce działa najlepiej, wprowadzamy najpierw

roztwory pojedyncze: Na Cl, K Cl, i Ca Cl<sub>2</sub>. Wszystkie po-



Schematyczne przedstawienie notowania skurczów serca żaby przy pomocy kimografu.  
A - serce żaby. B - naczynie z płynem badanym, C - kaniulka doprowadzająca płyn do serca przez sinus venosus - D, E - kaniulka odprowadzająca płyn z aorty F, G - haczyk ~~z pomocą którego~~ przytwierdza się serce do wskazówki H, która kresli krzywą skurczu serca na obracającym się bębnie kimografu K.

wyższe sole pojedyncze są trujące, tak samo jak i woda destylowana. Roztwór Na Cl uważany za roztwór fizjologiczny okazał się również szkodliwy. Ringer postawił hipotezę że tylko mieszaniny soli dają roztwór umożliwiający przeżywanie mięśnia sercowego. Najpierw przepuszczano krew zabiłą. Serce biło normalnie. Następnie wprowadzono roztwór 0,75% Na Cl. Serce po pewnym czasie przestało bić. Po dodaniu 5 cm<sup>3</sup> 0,25% Ca Cl<sub>2</sub> do 100 cm<sup>3</sup> 0,75 Na Cl serce zaczęło bić, lecz po krótkim czasie zatrzymało się w stanie skurczu. Dopiero po dodaniu 2 kropli 1% K Cl serce zaczęło bić normalnie, jak przy przepływie krwi. Stwierdzono zatem, że najmniej 3 kationy są niezbędne dla przeżywania mięśni: <sup>Na, K, Ca</sup> Po długich próbach Ringer ustalił skład chemiczny płynu warunkującego przeżywanie. Skład płynu Ringera jest następujący: H<sub>2</sub>O - 100 części, K Cl: 0,014, Ca Cl<sub>2</sub>: - 0,012, Na Cl: - 0,65. Płyn o takim składzie wystarcza na przeżywanie w ciągu krótkiego czasu dodanie Na HCO<sub>3</sub>: - 0,02 części; Na<sub>2</sub> HPO<sub>3</sub> - 0,01; Glukozy - - 0,2 przedłuża znacznie okres życia.

Skład ten ulega pewnym zmianom zależnie od tego, do jakich zwierząt roztwór się stosuje.

Zestawmy skład roztworu Ringera, wody morskiej i surowicy krwi zwierząt kręgowych:

Rodzaj cieczy	Stosunek jonów	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
Woda morską	-----	100	4	4	12
Surowica krwi ssaków	-----	100	7	3	1
Roztwór Ringera	-----	100	5	6	0

Z zestawienia tego można wysnuć wniosek ogólny, że środowisko zewnętrzne tkanek żywych /zarówno woda morską jak i surowica/ jest pod względem stosunku katjonów niemal identyczne. Środowisko zwierząt kręgowych jest tylko bardziej rozcieńczone niż woda morską. Woda morską zawiera 3,6 do 3,7 % soli, surowica 0,7 do 0,9%. Jonem przeważającym jest sodowy. Natomiast środowisko wewnętrzne komórek sok komórkowy jest inne — przeważnie potasowe.

Takie ustosunkowanie jonów tych metali w środowisku zewnętrznym zwierząt lądowych może być wytłomaczone tem, że materja żywa przeniesiona z pierwotnego środowiska, wody morskiej, wytworzyła sobie środowisko podobne.

Ażebym stwierdzić, jakie znaczenie posiadają poszczególne jony, należy zbadać wpływ roztworów soli tych metali i mieszanin na organizmy żywe. Tego rodzaju badania oprócz wyżej wymienionych Ringera, przeprowadzał cały szereg autorów, między innymi Leebe, Ostwald (Wol<sup>2</sup>) Osterhout. Ten ostatni autor przeprowadzając badania nad wpływem chlorków poszczególnych metali na długość życia rośliny morskiej *Ruppia maritima*, przekonał się, że roztwory po-

szczególnej soli są zabójcze. Podajemy tabelę porównawczą długości życia tej rośliny w różnych roztworach. W wodzie morskiej, jako środowisku normalnym, przyjmujemy długość życia, jako nieograniczoną.

Rodzaj roztworu	Długość życia w dniach
Sole Na	23 dni
" K	56 "
" Ca	58 "

Dla kombinacji różnych soli mamy następujące wyniki:

Sole Na + K	25 dni
" Na + Ca	65 "
" Na + K + Ca	90 dni
" Na + K + Ca + Mg	150 dni

Z tabeli tej wynika, że jony Ca są najmniej trujące. Najlepsze wyniki daje mieszanina wszystkich 3 jonów oraz jonów Mg. Powodem tego, że sztuczne roztwory nie mogą zastąpić naturalnej wody morskiej, jest prawdopodobnie brak innych jonów w drobnych ilościach.

Z tego że dodanie soli wapnia wpływa wybitnie odtruwające na roztwory soli Na i K. wywnioskowano, że odgrywa tu rolę jego wartościowość. Jeżeli ten pogląd jest słuszny, to w takim razie wszystkie 2-wartościowe



jony metali powinny być w stanie zastąpić jony wapnia w roztworach. Badanie prowadzono z kobaltem, którego sole są normalnie trujące. Do doświadczenia użyto jaj ryby amerykańskiej *Fundulus heteroclitus*. Zapłodnione jaja tej ryby umieszczone początkowo w 100 cm.<sup>3</sup> 5/8 m NaCl, następnie dodawano do tego roztworu soli kobaltu w coraz większych ilościach. Wynik doświadczenia przedstawia następująca tabela

Zawartość Co Cl <sub>2</sub> w 100 cm. <sup>3</sup> 5/8 m Na Cl.	Ilość jaj rozwijających się.
0	0%
1 cm. <sup>3</sup> 1/64 m	6%
2 cm. <sup>3</sup> " "	2%
4 " " "	2%
8 " " "	50%
2 " 1/8 m	88%
5 " " "	62%
10 " " "	3%

normalny  
mieszanka  
3  
mieszanka

Wynik tego doświadczenia jest zupełnie wyraźny. Widzimy, że jony Co<sup>++</sup> działają odtruwająco na jony Na. gdyż po dodaniu Co Cl<sub>2</sub> liczba jaj rozwiniętych wzrasta, natomiast można zauważyć pewne optimum działania jonów Co<sup>++</sup>, po przekroczeniu którego ilość jaj rozwijających się zmniejsza się. Jeżeli zamiast soli wapnia dodać in-

nych 2-wartościowych jonów, to optimum działania otrzymamy dla różnych koncentracji, dodanych do 100 cm<sup>3</sup>.

5/8 m Na 60

Rodzaj jonów	Stężenie.
Mg <sup>++</sup>	2,0 cm <sup>3</sup> roztworu normaln.
Sr <sup>++</sup>	0,625 " " "
Ni <sup>++</sup>	0,5 " " "
Zn <sup>++</sup>	0,062 " " "
U <sup>++</sup>	0,006 " " "

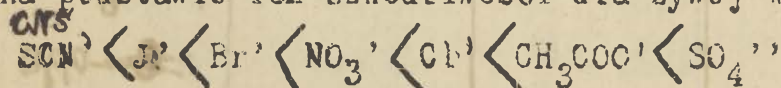
Z badań tych wynika, że jony 1-wartościowe i 2-wartościowe brane poszczególnie działają szkodliwie. Natomiast po zmieszaniu tych jonów ich działanie trujące wzajemnie się znosi. Dowodzi to zarazem, że znaczenie wapnia polega na jego dwuwartościowości.

Polę potasu wyjaśniono dopiero w ostatnich czasach. Okazało się, że potas jest promieniotwórczy, jakkolwiek promieniotwórczość jego jest bardzo słaba. W porównaniu do innych pierwiastków promieniotwórczych wynosi ona: w stosunku do uranu 0,001, zaś stosunek promieniotwórczości uranu do radu wynosi 0,00000001.

Według Zwaardemakera znaczenie potasu polega na jego promieniotwórczości, dzięki której działa on w sposób dotąd nieznan na plazmę względnie na koloidy. Jeżeli ten pogląd jest słuszny, to powinniśmy otrzymać

dobrze środowisko zewnętrzne, zastępując potas innymi pierwiastkami promieniotwórczymi; torem, uranem, radem lub rubidem. Doświadczenia robiono nad sercem żaby, wprowadzając roztwory w następującym porządku: 1/płyn Ringera, 2/roztwór soli  $\text{Na}^{\sqrt{2}}\text{Ca}$ , 3/roztwór soli Na i Ca, oraz dodawano kolejno: Th, U, Ra, i Rb. Okazało się, że wprowadzone zamiast potasu do roztworu Ringera inne pierwiastki promieniotwórcze dają ten sam efekt co potas. Dalej okazało się, że ilości wprowadzonych pierwiastków promieniotwórczych winne być ekwiradioaktywne, t.j. muszą być takie, aby ich działanie promieniotwórcze było równoważne. Przekonano się, że ilości te są następujące: na 1 litr roztworu zawierającego 7,5 gr. Na Cl oraz 0,2 gr.  $\text{Ca Cl}_2$  należy wziąć: albo 100 mg. K Cl, albo Rb Cl 150 mg., albo  $\text{U O}_2 / \text{N O}_3 / 2$  25 mgr., Th  $/\text{NO}_3 / 4$  50 mgr., Ra 0,000005 mgr.

Podobne badania jak nad kationami prowadzono nad anjonami, jednakże rezultaty tych badań nie są tak wyraźne. Hofmeister utworzył następujący szereg anjonów na podstawie ich szkodliwości dla żywej materji:



Reguła ta stosuje się ściśle do zjawisk strącania białka kurzego, natomiast w zastosowaniu do poszczególnych procesów fizjologicznych w szeregu tym występują zmiany

i przedstawienia.

C. O stężeniu cząstkowym płynów organicz-  
nych.

W dotychczasowych rozważaniach nad związkami mineralnymi, nie braliśmy pod uwagę stężenia soli, tylko stosunek wagowy poszczególnych pierwiastków. Obecnie zajmiemy się zbadaniem w jakich stężeniach występują sole mineralne w płynach organicznych.

Do wyznaczenia stężenia roztworów posługujemy się mierzaniem ciśnienia osmotycznego. Pierwszych pomiarów ciśnienia osmotycznego dokonał Pfeiffer z pomocą skonstruowanego przez siebie osmometru. Rezultatem badań przeprowadzonych przez niego nad roztworem cukru było stwierdzenie faktu, że ciśnienie jest wprost proporcjonalne do stężenia. Wyniki doświadczeń Pfeiffera przedstawia następująca tabela:

Stężenie roztworu /C/ cukru trzcinowego.	Ciśnienie		Stosunek ciśnienia do stężenia/p:c
	w mm Hg	w atmosf./p/	
1%	535 mm Hg	0,704 atm	0,704
2%	1016 "	1,337 "	0,668
3%	2082 "	2,740 "	<del>0,655</del> 0,913
i t.d.	średnio z wielu pomiarów		0,652 0,76

Ciśnienie osmotyczne zmienia się również zależnie od temperatury. Związek pomiędzy temi wielkościami

$$p = 0,652 \left( 1 + \frac{t}{273} \right) = \frac{0,652 \cdot T}{273}$$

! 2!

ujął Pfeffer w następującą formułę:

$$p = 0,652 \left( 1 + \frac{t}{273} \right) = \frac{0,652}{273} T \dots \dots \dots (1)$$

gdzie  $p$  oznacza ciśnienie osmotyczne, zaś  $T$  - temperaturę bezwzględną roztworu /  $T = 273^\circ + t/$ .

Na podstawie badań Pfeiffera van't Hoff wysnuł prawo zasadnicze dla roztworów rozcieńczonych: ciśnienie osmotyczne roztworu odpowiada ciśnieniu, jakie wywierała by substancja rozpuszczona, w jednakowej objętości i jednakowej temperaturze i posiadająca te same własności cząsteczkowe co gaz lub para.

Jeżeli wprowadzimy do równania /1/ objętość mola cukru /342 gr./, w roztworze 1%, czyli 34,2 litry, wówczas otrzymamy /wobec tego, że  $c = 1/v$ , gdzie  $c$  = stężenie,  $v$  = objętość roztworu/:

$$Pv = \frac{34,2 \times 0,652}{273} \times T = 0,0817 T \dots \dots (2)$$

Z powyższych rozważań wynika, że roztwory rozcieńczone podlegają tym samym prawom, co gazy. Cramo-cząsteczka związków nie ulegających dysocjacji rozpuszczona w litrze rozpuszczalnika wywiera ciśnienie osmotyczne 22,4 atm.

Stężenia soli w substancji żywej nie możemy określić na podstawie badania popiołu, gdyż związki organiczne przy spopieleniu rozkładają się i pierwiastki w skład ich wchodziące przechodzą częściowo do soli zawartych w popio-

7203  
21 -

Również mierzenie ciśnienia w ustrojach żywych za pomocą osmometru niezawsze daje się stosować, gdyż komórkę trzeba było rozetrzeć, czyli zabić, a to mogłoby wywołać zmiany ciśnienia osmotycznego. Wobec tego dla mierzenia stężenia cząstkowego materji żywej i cieczy organicznych ustrojów zwierzęcych posługujemy się innymi metodami, a mianowicie metodą plazmolityczną i metodą kryoskopową.

Plazmoliza pozwala nam znaleźć roztwór izotoniczny względem plazmy. Roztworem izotonicznym nazywamy taki, który wywiera ciśnienie osmotyczne równe ciśnieniu panującemu wewnątrz komórki. Roztwór o większym ciśnieniu osmotycznym nazywamy hipertonicznym, zaś o mniejszym - hipotonicznym. Za roztwór izotoniczny uważamy najslabszy z tych roztworów, które powodują widoczne odstawanie powierzchni zewnętrznej plazmy od sprężystej błony komórkowej - zjawisko spowodowane odciągnięciem wody z komórki.

Metoda oparta na plazmolizie rzadko stosuje się do komórek zwierzęcych, ponieważ przeważnie są one pozbawione błony komórkowej. W ostatnim przypadku, chcąc znaleźć roztwór izotoniczny, w stosunku do treści komórkowej, posługujemy się metodą objętościową, w której empirycznie odnajdujemy taki roztwór o znanem ciśnieniu osmotycznym, w którym komórka zachowuje swoją objętość bez zmiany.

Przy badaniu ciśnienia osmotycznego w komórkach zwierzęcych najpowszechniejsze zastosowanie ma, metoda

kryoskopowa, polegająca na mierzeniu obniżenia punktu  
krzepnięcia roztworu w stosunku do czystych rozpuszczal  
ników. Obniżenie punktu zamarzania jest proporcjonalne  
do ciśnienia osmotycznego. Mol substancji nie ulegającej  
dysocjacji, rozpuszczonej w litrze wody powoduje obniże-  
nie punktu krzepnięcia o  $1,89^{\circ}$  C. Jak wiadomo, związki  
rozpadające się w roztworach wodnych na jony wykazują  
w jednakowych stężeniach większe ciśnienie osmotyczne,  
a tem samym i większe obniżenie punktu zamarzania niż  
substancje niedysocjujące. Wobec tego, że obniżenie  
punktu zamarzania jest proporcjonalne do stężenia, posłu-  
gujemy się wielkością obniżenia  $\Delta$  jako miarą stęże-  
nia.

W badaniach nad ciśnieniem osmotycznym materji  
żywej ustrojów zwierzęcych uwzględniamy jego stosunek do  
właściwości osmotycznych zarówno środowiska zewnętrznego  
ustroju, jak i cieczy organicznych /krew, limfa/, w  
których elementy komórkowe są zanurzone. Środowiskiem  
wodnym dla organizmów zwierzęcych jest woda morska  
o znanem stężeniu soli lub woda słodka, zawierająca  
bardzo nieznaczne ilości składników mineralnych. Stęże-  
nie wody morskiem obliczone przy pomocy obniżenia  
punktu zamarzania  $\Delta = 2,3^{\circ}$  C., zaś wody słodkiej  
 $= 0,02^{\circ}$  C. W atmosferach ciśnienie osmotyczne wody mor-  
skiej wynosi około 27 atm., zaś wody słodkiej - uła-  
mek atmosfery. Tak znaczna różnica w stężeniu wody mor-





niezależnia się od ciśnienia osmotycznego środowiska zewnętrznego. Względem wody morskiej są te soki bipotencyjne. Ryby żyjące w morzu a odbywające wędrówki do wód słodkich, posiadają ciśnienie osmotyczne stałe niezależne od tego, w którym z tych 2 środowisk się znajdują, np. Accipenser  $\Delta = 0,76$ , Salmo  $\Delta = 0,62^\circ$  i Anguilla  $\Delta = 0,63^\circ$

U płazów, gadów, ptaków i ssaków ciśnienie osmotyczne posiada stałe mniejszą wartość: wynosząco  $0,4^\circ$  do  $0,9^\circ$  /w atmosferach od 5 do 9/. Emancypacja ciśnienia osmotycznego rozpoczynająca się od ryb morskich kostnoszkieletowych utrzymuje się na stałym poziomie u zwierząt wyższych niezależnie od ich środowiska naturalnego /woda słodka, moriska, powietrze/. U ssaków wysokość ciśnienia osmotycznego cieczy organicznych jest wartością gatunkowo dosyć stałą, wahającą się w zmiennych warunkach fizjologicznych ustroju w granicach bardzo wąskich. Dla niektórych ssaków wynosi ona:

Rodzaj zwierzęcia	Obniżenie punktu zamarzania $\Delta$
Lepus	$0,53^\circ$
Felis	$0,64^\circ$
Canis	$0,57^\circ$
Equus	$0,56^\circ$
Homo	$0,56^\circ$

Na podstawie powyższych danych Hoerber podzielił zwierzęta na 2 grupy: 1/ zwierzęta poikilosmotyczne, których ciśnienie wewnętrzne jest zależne od ciśnienia osmotycznego zewnętrznego, 2/ zwierzęta homiosmotyczne, których ciśnienie wewnętrzne jest w szerokich granicach niezależne od zmian ciśnienia osmotycznego w wodnym środowisku zewnętrznym.

Jak wynika z licznych badań w tym kierunku przeprowadzonych, do zwierząt poikilosmotycznych zaliczamy wszystkie zwierzęta bezkręgowo morelkie i niższe grupy zwierząt kręgowych włącznie z niektórymi przedstawicielami ryb kostno-szkieletowych. Występujące w tej grupie uniezależnienie się od ciśnienia zewnętrznego czyli homiosmoza rozpościera się na wszystkie wyższe grupy zwierząt kręgowych. Homiosmozę niedoskonałą zwłaszcza w środowiskach hipotonicznych /Przyłęcki/ ujawniają płazy i zwierzęta bezkręgowo, żyjące w wodzie słodkiej lub na lądzie. Widzimy zatem, że uniezależnienie pod względem ciśnienia osmotycznego jest związane zarówno ze stanowiskiem systematycznym zwierzęcia jak też z warunkami ekologicznymi, pod wpływem których drogą przystosowania rozwijają się mechanizmy specjalne, regulujące wartość ciśnienia wewnętrznego w ustroju.

Można mówić jedynie o własnościach homiosmotycznych organizmu wielkomórkowego jako całości. Komórki

składające organizm są względem cieczy organicznych są układami przeważnie poikilosmotycznymi, o nieznacznej hipertonji, która waha się od  $\Delta = 0,06$  do  $0,39$  / $0,07$  do  $4,7$  atmosf./.. Jako przykład podamy następujące dane:

Rodzaj zwierzęcia	Obniżenie punktu zamarzania $\Delta$	Różnica
Scyllum		
a/mięśnie	2,64°	+ 0,39°
b/surowica	2,25°	
Torpedo		
a/mięśnie	2,36°	+ 0,10°
b/surowica	2,26°	
Lophius (?)		
a/mięśnie	0,86°	+ 0,06°
b/surowica	0,80°	
Canis		
a/mięśnie	0,84°	+ 0,24°
b/surowica	0,60°	

W rozwoju ontogenetycznym następuje podobnie jak w rozwoju filogenetycznym uniezależnienie ciśnienia osmotycznego wewnętrznego. Zależność od ciśnienia osmotycznego środowiska zmienia się w różnych stadiach rozwoju embrjonalnego. Jajko żaby znajdujące się w łączności z jajnikiem, posiada przed zapłodnieniem

$\Delta = 0,46^\circ$ , czyli jest izotoniczne z krwią organizmu macierzystego, która stanowi jej naturalne środowisko. Z chwilą oderwania od ustroju macierzystego i związanego z tem przeniesienia do środowiska hipotonicznego /wody słodkiej,  $\Delta = 0,02^\circ /$ , ciśnienie osmotyczne w jajach spada gwałtownie. Wynosi ono: po 2 godzinach  $0,04^\circ$ , po 3 dniach  $0,29^\circ$ , po 8 dniach  $0,35^\circ$ , po 12 dniach  $0,4^\circ$ . W czasie metamorfozy kijanki  $0,46^\circ$ .

Widzimy zatem, że ciśnienie osmotyczne wewnętrzne po zrównaniu się początkowo w chwili zapłodnienia z ciśnieniem osmotycznym nowego środowiska w miarę rozwoju uniezależnia się od środowiska i dochodzi w końcu do tej wartości jaka panuje w sokach organizmu macierzystego.

#### D. Odczyn materji żywej.

Odczyn roztworu zależy od ustosunkowania jonów wodorowych  $H^+$  i wodorotlenowych  $OH^-$ . Bierzemy za punkt wyjścia wodę, która dysocjuje w następujący sposób:  $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ . Prawo Culdberga i Waunge'go, które głosi: w układzie znajdującym się w stanie równowagi chemicznej iloczyn stężeń cząsteczkowych produktów dysocjacji jest w stosunku stałym do stężenia cząsteczkowego ciała niezdysocyjowanego, - pozwala zdefiniować kwasowość i zasadowość. Zgodnie z powyższem prawem,

równanie dysocjacji wody jest następujące:

$$\frac{[\text{OH}'\cdot]/[\text{H}'\cdot]}{[\text{H}_2\text{O}]} = K \dots \dots \dots (1)$$

Ilość wolnych jonów wodorowych w temperaturze 18° wynosi 0,0000001 moli w litrze wody, który odpowiada około 55 jej gramocząsteczkom. Możemy wobec tak dużej różnicy uznać ilość wody niezdysocyjowanej za stałą.

Wówczas równanie /1/ przekształci się w następujący sposób:  $[\text{OH}'\cdot]/[\text{H}'\cdot] = [\text{H}_2\text{O}]/K = K_w$  (2) Woda w zwykłych warunkach posiada jednakowe ilości jonów wodorowych i wodorotlenowych. Ponieważ stała dysocjacji  $K_w$  w temperaturze 22° wynosi  $1 \cdot 10^{-14}$  więc ilość jonów wodorowych i wodorotlenowych w tej temperaturze wynosi  $[\text{H}'\cdot] = [\text{OH}'\cdot] = K_w^{22} = 1 \cdot 10^{-7}$ . Na podstawie liczby jonów wodorowych lub wodorotlenowych zawartych w

litrze roztworu definiujemy kwasowość względnie zasadowość roztworu. Według Hendersona roztwór ma odczyn

kwaśny, gdy stężenie jonów wodorowych w temperaturze 18° ( $K_w$  w temp. 18° wynosi  $6,4 \cdot 10^{-14}$ ) jest większe od  $0,8 \cdot 10^{-7}$ , czyli  $[\text{H}'_{18}] > 0,8 \cdot 10^{-7} > [\text{OH}'_{18}]$ .

Roztwór ma odczyn zasadowy, gdy:  $[\text{OH}'_{18}] > 0,8 \cdot 10^{-7} > [\text{H}'_{18}]$ . Roztwór ma odczyn obojętny, gdy:  $[\text{OH}'_{18}] = [\text{H}'_{18}] = 0,8 \cdot 10^{-7}$ .

Badania cieczy organicznych i materji żywej wykazały, że odczyn ich jest lekko alkaliczny. Krew w temperaturze 39° posiada stężenie jonów wodorowych,

wynoszące  $0,4 \cdot 10^{-7}$ , zaś jonów wodorotlenowych wyno-  
szące  $7,2 \cdot 10^{-7}$ .

Wszelka zmiana stężenia jonów wodorowych w mater-  
ji żywej oddziałuje silnie na procesy zachodzące w  
niej. Odczyn naturalny materji żywej wykazuje wielką  
stałość. W różnych warunkach temperatury, odżywiania,  
oraz dostępu tlenu odczyn materji żywej i płynów orga-  
nicznych prawie nie ulega zmianie. Weźmy np. reakcję  
krwi: u człowieka, krew żylna - stężenie jonów wodoro-  
wych wynosi  $0,45 \cdot 10^{-7}$ , u wołu krew odwłókniona stę-  
żenie jonów wodorowych wynosi  $0,44 \cdot 10^{-7}$ , u królika  
krew tętnicza wynosi  $0,47 \cdot 10^{-7}$ . Widzimy, że te w tak  
różnych warunkach wyznaczone liczby wykazują nadzwyczaj-  
ną zbieżność.

Pod wpływem wzrostu temperatury stężenie jonów  
wodorowych wzrasta. W wodzie wynosi ono: w temper.  $18^{\circ}$   
 $0,8 \cdot 10^{-7}$ , w temper.  $20^{\circ}$   $0,93 \cdot 10^{-7}$ , w temper.  $22^{\circ}$   
 $1 \cdot 10^{-7}$ , w temperaturze  $40^{\circ}$   $1,95 \cdot 10^{-7}$ . Stąd pocho-  
dzi pewna różnica koncentracji jonów wodorowych u zwier-  
ząt poikilotermicznych i homoitemicznych /u tych osta-  
nich stężenie to jest oczywiście również stałe/.

I tak: stężenie jonów wodorowych w temp.  $37^{\circ}$  wynosi:  $0,44 \cdot 10^{-7}$   
w temperaturze  $18^{\circ}$   $0,28 \cdot 10^{-7}$ , a więc stęże-  
nie w temperaturze  $37^{\circ}$  o 1,97 razy większe niż tempera-  
turze  $18^{\circ}$ . Stężenie jonów wodorotlenowych wykazuje tę

$$\begin{array}{r} \text{w } 37^{\circ} \\ 18^{\circ} \end{array} \quad - \quad \frac{0,44 \cdot 10^{-7}}{0,28 \cdot 10^{-7}} \quad \text{rcin.org.pl}$$

samą zależność w jeszcze większym stopniu, wskutek czego materia żywa w wyższej temperaturze ma odczyn bardziej zasadowy. Mianowicie stężenie jonów wodorotlenowych w temperaturze 37° wynosi  $5,8 \cdot 10^{-7}$ , zaś w temperaturze 18°  $2,3 \cdot 10^{-7}$ , a więc 2 i pół raza mniej.

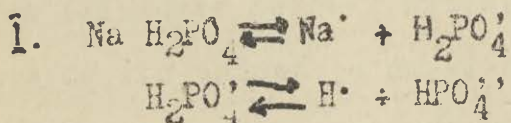
Zwiększenie zawartości CO<sub>2</sub> we krwi oddziaływa nieznacznie na jej odczyn, choć możnaby przypuszczać, że dodanie CO<sub>2</sub> jako bezwodnika kwasowego powinno wywierać znaczny wpływ. Zależność ta przedstawia się w następujący sposób:

CO <sub>2</sub> pod ciśnieniem 30 mm. Hg odpowiada	$H^+ / = 0,35 \cdot 10^{-7}$
" " 40 " " " "	$= 0,44 \cdot 10^{-7}$
" " 50 " " " "	$= 0,49 \cdot 10^{-7}$

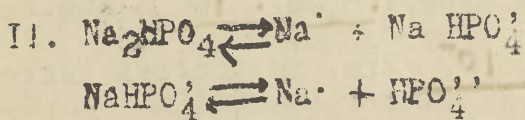
Wzrost stężenia jonów wodorowych dla liczb skrajnych wynosi około 40%, a więc bardzo niewiele.

Sposób odżywiania wywiera również niewielki wpływ. Pokarm roślinny daje produkty mniej kwaśne, niż pokarm mięsny, jednakże różnica ta odbija się bardzo nieznacznie na reakcji materji żywej. Przy pokarmie roślinnym stężenie jonów wodorowych wynosi:  $0,38 \cdot 10^{-7}$ , zaś przy pokarmie mięsnym:  $0,47 \cdot 10^{-7}$ . To, że stałość reakcji jest tak znaczna wskazuje, że organizmy zwierzęce posiadają potężne środki regulowania stężenia jonów wodorowych. Zachodzi tutaj analogja ze stałością ciśnienia osmotycznego zwierząt wyższych. O ile jednak regulacje ciśnienia

osmotycznego jest bardzo skomplikowana, i odbywa się przy pomocy całego szeregu narządów, o tyle regulacja stężenia jonów wodorowych i wodorotlenowych odbywa się bardzo prosto. Czynnikiem warunkującym regulację jest obecność związków wytwarzających jony wodorowe względnie wodorotlenowe. Plazma żywa jest kombinacją takich związków; otóż regulacja polega na przesunięciu równowagi chemicznej w kierunku dysocjacji jednych lub drugich. W plazmie żywej występują obok siebie jostorany: pierwsze rzędowy  $\text{Na H}_2\text{PO}_4$  i drugorzędowy  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , oraz kwas węglowy  $\text{H}_2\text{CO}_3$  i kwaśny węglan sodu  $\text{Na HCO}_3$ . Dysocjacja tych soli względnie kwasów jako wielowartościowych odbywa się etapami. Weźmy pod uwagę kombinację fosforanu pierwszorzędowego, który ma odczyn zlekka kwaśny, i drugorzędowego o odczynie lekko alkalicznym. Dysocjacja odbywająca się w etapach ma następujący przebieg:



Widzimy, że jony wodorowe występują dopiero w drugim etapie.

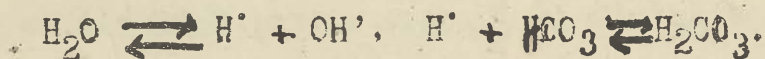
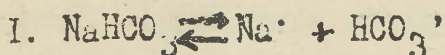


Reakcja alkaliczne powstaje tu przez związanie wolnych jonów wodorowych, powstałych przez dysocjację wody, za pomocą jonów  $\text{HPO}_4^{2-}$  na jon  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , dzięki czemu pozostaje

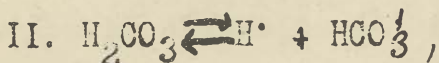


staje nadmiar niezwiązanych jonów wodorotlenowych. Ponieważ przy pierwszej reakcji powstaje przesunięcie równowagi w kierunku od  $H_2PO_4'$  do  $H' + HPO_4'$  zaś przy reakcji drugiej przesunięcie przeciwne /a to dlatego, że  $Na HPO_4'$  ma większą prężność dysocjacyjną, niż  $H_2PO_4'$  /, więc przy dodaniu do fosforanu pierwszorzędowego fosforanu drugorzędowego przesuwamy równowagę w kierunku <sup>od:</sup>  $H' + HPO_4'$  do  $H_2PO_4'$ .

W układzie kwas węglowy oraz kwaśny węglan sodu mamy następujące stadja rozpadu:



Tutaj również anjon  $HCO_3'$ , powstały z rozpadu kwaśnego węglanu wiąże wolne jony wodorowe, powstałe z dysocjacji wody, wskutek czego powstaje nadmiar jonów wodorotlenowych. Z drugiej strony mamy:



a więc przez dodanie kwasu następuje cofnięcie reakcji pierwszej oraz zmniejszenie przewagi jonów wodorotlenowych.

Na podstawie prawa Guldberga i Waage'ge, oraz równań powyższych można obliczyć, w jakim stosunku należy wziąć wspomniane sole, względnie kwas i sól, aby otrzymały się stosunek jonów wodorowych i wodorotlenowych. Henderson obliczył, że dla układu fosforanów pierwsze oraz

drugorzędowego stosunek ten powinien wynosić jak 1 do 2 i pół, dla układu kwas węglowy + kwaśny węglan sodu stosunek ten wynosi: 1 do 3,8. 1:3,8

Wobec tego, że  $\text{CO}_2$  występuje w organizmie bardzo obficie, koniecznym jest ażeby organizm zawierał duże ilości  $\text{NaHCO}_3$ ; wynika to z powyższego stosunku. Tego rodzaju układy jak wymienione powyżej obdarzone własnością regulowania odczynów czyli stężenia jonów wodorowych nazwano moderatorami odczynów. Dzięki temu, że krew zawiera podobne moderatory, w celu wywołania przejścia indykatorów /fenolftaleiny/ potrzeba do krwi in vitro dodać 40 do 70 razy więcej  $\text{NaOH}$  niż do wody, zaś 327 razy więcej  $\text{HCl}$  dla wywołania zmiany barwy oranżu metylowego.

Zatem zjawisko stałości odczynu materji żywej daje się w zupełności wytłomaczyć z punktu widzenia fizyko-chemicznego. Znaczenie tego zjawiska dla ustrojów żywych jest ogromne, gdyż procesy przemiany materji wytwarzają ciągle kwasy i zasady. Np. niektóre białka, zawierające siarkę, przy rozkładzie dają łatwo kwas siarkowy, który działa trująco, o ile nie zostanie zneutralizowany. Przy rozkładzie związków organicznych powstaje również kwas fosforowy, kwas mleczny  $\text{CO}_2$  i inne. To samo dotyczy związków zasadowych, jak amoniak, węglany alkaliczne, które dzięki hydrolizie działają zasadowo, fosfo-

rany drugorzędowe i inne. Wszystkie te ciała dzięki moderatorom zostają neutralizowane. Ponieważ zaś optimum zjawisk życiowych występuje przy odczynie prawie obojętnym, więc znaczenie fizjologiczne moderatorów jest ogromne.

### E. Związki organiczne.

---

Dotychczas rozpatrzyliśmy tylko składniki mineralne żywej substancji, oraz niektóre zachodzące w niej procesy fizyko-chemiczne. Obecnie przejdziemy do związków organicznych, które zarówno co do ilości jak i co do znaczenia stanowią główny składnik suchej substancji ustrojów żywych. Na razie zastanowimy się tylko nad głównymi związkami organicznymi. Produkty rozpadu, oraz przejściowe produkty syntezy omówimy bliżej w związku ze zjawiskami metabolicznymi.

Związki organiczne składają się z niewielkiej liczby pierwiastków; czterech zasadniczych: C, H, N, O, obok których występują niekiedy P, S i Fe. Rozróżniamy związki trzeciorzędowe, w których skład wchodzi C, H i O oraz 4-rzędowe, do których wchodzi oprócz tych jeszcze i N. Pomimo niewielkiej liczby pierwiastków wchodzących w skład związków organicznych, liczba tych związków jest bardzo wielka. Różnorodność swoją zawdzięczają one czterowartościowości atomów węgla, oraz ich zdolności do łączenia się w łańcuchy. łańcuchy węglowe mogą być

*wygodnie  
wielki  
azot  
tlen*  
*fosfor  
siarka  
żelazo*

proste lub rozgałęzione, otwarte lub zamknięte, mogą być łączone z pomocą innych pierwiastków wielowartościowych, jak np. tlen, azot i inne. Dzięki temu liczba związków organicznych jest niemal nieograniczona.

Wśród głównych związków organicznych, wchodzących w skład materji żywej, rozróżniamy 3 główne kategorie:

- 1/ węglowodany /czyli "glucydy" według nowej nomenklatury międzynarodowej/,
- 2/ tłuszcze /lipidy/,
- 3/ białka /protydy/.

Stosunkowa zawartość związków organicznych w ustrojach zwierzęcych po usunięciu wody i popiołu przedstawia się przeciętnie jak następuje: białka - 86%, tłuszcze 10%, węglowodany 4%. W organizmach zwierzęcych przeważają ilościowo związki białkowe, zaś najmniej jest węglowodanów, które natomiast stanowią główny składnik ustrojów roślinnych. Ustosunkowanie związków organicznych substancji żywej zwierząt jest niezależne od składu pokarmów, gdyż pokarm zwierząt /z wyjątkiem mięsożernych/ składa się przede wszystkim z węglowodanów drugie miejsce zajmują tłuszcze a białko ostatnie. Ustosunkowanie związków organicznych materji żywej różnych zwierząt jest dosyć stałe. Dla ilustracji podajemy następującą tabelę:

Rodzaj zwierzęcia	Białko	Tłuszcze	Węglowodany
Rana esculenta	87,5%	6,3%	6,2%
Anguilla	84,6%	14,6%	0,8%
Helix pomatia	86,4%	8,5%	5,1%
Hirudo medicinalis	90,5%	5,0%	4,5%

Zestawienie to zrobione dla zwierząt zmiennie-ciepłych, wykazuje wielką zgodność ze stosunkami u zwierząt stałocieplnych: np. u człowieka

Homo	86,6%	10,8%	2,6%
------	-------	-------	------

aczkolwiek skład materji organicznej zwierząt stałocieplnych może ulegać bardzo znacznym wahaniom, w zależności od wieku i sposobu odżywiania.

Obecnie przejdziemy do wartości energetycznej poszczególnej kategorii związków organicznych. Ilość energii wydzielającej się przy przemianach związków organicznych jest bardzo wielka, wartość energii chemicznej danego związku oznaczamy na podstawie ilości energii cieplnej wydzielonej przy spaleniu. Największy zapas energii posiadają tłuszcze, następnie białka, najmniej węglowodany.

Jeden gram węglowodanów daje 3722 - 4206 kalorii gramowych. Ze względu na to, że w pokarmach przeważają węglowodany o wyższej wartości energetycznej, średnia wynosi 4200 kal.gr. Jeden gram białka daje 5269 - 5787 kal.gr. średnio 5750 kal.gr. Jeden gram tłuszczu daje 9489 -

średnio 9500 kal. gramowej.

Jeden gram węglowodanów daje: 3722-4206, średnio 4200 kal. gr.  
 " " białko " 5269-5787 " 5750 "  
 " " tłuszcz " 9489-9511 " 9500 "

Powyższe dane pozwalają nam obliczyć na podstawie znajomości składu materji żywej przybliżoną wartość energetyczną jednostki masy materji żywej. Obliczenie to przedstawia następująca tabela:

Rodzaj składników materji żywej.	Masa	Wartość cieplna.
Woda	0,800 gr.	.0 = 0 kal.gr.
Popiół	0,008 gr.	.0 = " "
Tłuszcze	0,078 gr.	.9500 = 172 kal.gr
Węglowodany	0,008 gr.	.4200 = 34 " "
Białko	0,166 gr.	.5750 = 954 " "
Materja żywa	1 gram.	1160 kal.gr

Białko stanowi główny składnik energetyczny materji żywej zwierząt, gdyż, jakkolwiek posiada ono stosunkowo mniej energii niż tłuszcze, to jednak występuje w największych ilościach.

Role fizjologiczną związków organicznych możemy sobie lepiej przedstawić, jeżeli weźmiemy pod uwagę, że ilość ciepła wywiązująca się przy spaleniu 1 grama substancji żywej może ogrzać 1 litr wody o 1,166° C.

1) Węglowodany /główny/ 1,166° C.

Węglowodany stanowią bardzo ważny składnik materji żywej. Występują one we wszystkich komórkach i sokach organizmu zwierzęcego. W pewnych tkankach, jak np. w

*Główny*

wątrobie. znajdują się węglowodany jako substancja zapasowa w większej ilości.

Z punktu widzenia chemicznego należą węglowodany do związków trzeciorzędowych. Nazwę swoją zawdzięczają temu, że ustosunkowanie atomów wodoru i tlenu jest w nich takie same jak w wodzie. Dawniej nawet na tej podstawie definiowano te związki, dziś jednak definicja ta musi być odrzucona, jako niewyjaśniająca własności chemicznych tych związków. Obecnie węglowodanami nazywamy takie związki, które zawierają grupę charakterystyczną - CHOH.CO -, t.j. grupę karbonylową związaną z węglem, obsadzonym przez grupę wodorotlenową lub produkty ich kondensacji.

Węglowodany dzielimy na proste i złożone. Węglowodany proste posiadają łańcuch złożony z samych atomów węgla, których wolne wartościowości są nasycone przez inne grupy. Natomiast złożone są utworzone z łańcuchów prostych połączonych za pomocą atomów tlenu. Węglowodany proste charakteryzują się liczbą atomów węgla w łańcuchu. Dla fizjologii zwierząt mają znaczenie wyłącznie pentozy zawierające 5 atomów węgla w łańcuchu, oraz heksozy, zawierające 6 atomów węgla w łańcuchu. Niezależnie od klasyfikacji na podstawie długości łańcucha węglowego, dzielimy węglowodany proste na: aldozy, zawierające grupę aldehydową oraz ketozy, zawierające grupę ketonową. Z posród węglowodanów prostych, których ogólny wzór *jest*

$C_nH_{2n}O_x$ , będziemy rozpatrywali następujące:

1. Heksozy.

1/aldohexozy: a/ glukoza /cukier gronowy, dextroza/

b/ galaktoza

2/ketohexozy: a/ fruktoza /cukier owocowy, lewuloza/

II. Pentozy.

Aldopentozy : a/ arabinoza

b/ ksyloza

c/ ryboza.

III. Pochodne cukrów prostych:

1/ glukozamina

2/ inozyt /cukier mięśniowy/.

Cukry proste. Najważniejszym dla organizmów zwierzęcych cukrem prostym jest glukoza. Podawany zazwyczaj

dla glukozy wzór  $CH_2OH /CHOH/_4CHO$  nie wyjaśnia jej własności. Badania Fischera i Tollensa wykazały, że

budowa cukru gronowego jest bardziej skomplikowana i że występuje on w kilku formach; jeżeli weźmiemy za

punkt wyjścia formę aldehydową, to przez działanie wodą otrzymamy formę wodzianu aldehydowego, z której

kolci przez odjęcie wody powstaje forma tlenkowa



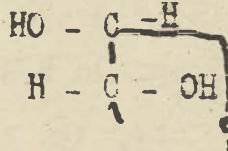
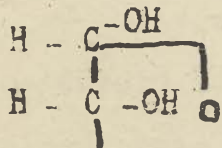


wodzianowa przejdzie w aldehydową, zaś wobec zmniejszenia stężenia formy wodzianowej z kolei forma tlenkowa przejdzie w tę ostatnią. Jeżeli będziemy powstające ilości formy aldehydowej wciąż usuwać, to w ten sposób w końcu cała ilość glukozy zamieni się w formę aldehydową.

Trzy podane powyżej formy nie wyczerpują wszystkich odmian glukozy. Fischer odkrył, że forma tlenkowa istnieje w odmianach  $\alpha$  i  $\beta$ , różniących się ustawieniem wodoru oraz grupy wodoro-tlenowej przy pierwszym atomie węgla.

Odmiana  $\alpha$ Odmiana  $\beta$ 

Obie te odmiany są



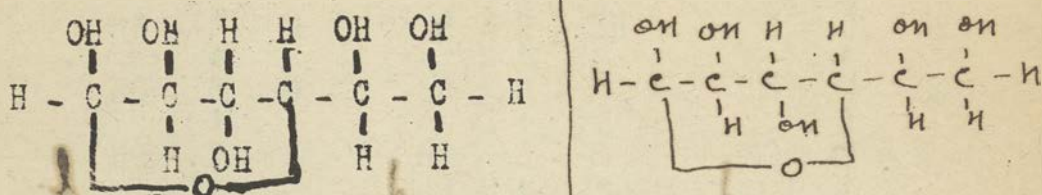
prawoskrętne, lecz różnią się wielkością kąta skręcenia

płaszczyzny polaryzacji: kąt skręcenia odmiany  $\alpha$  =  $+110^\circ$ , odmiany  $\beta$  =  $+19^\circ$ .

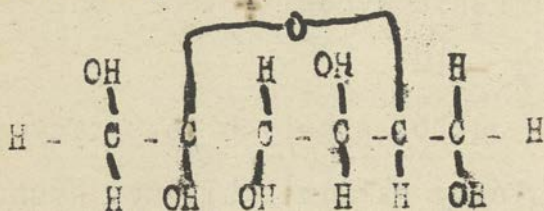
Pochodne formy tlenkowej glukozy powstałe przez podstawienie wodoru w grupie wodoro-tlenowej - glukozydy, istnieją również w postaci  $\alpha$  i  $\beta$ . W ustrojach zwierzęcych występuje glukoza we wszystkich tkankach w niewielkich ilościach, a stale we krwi w ilości około 0,1%.

Galaktoza ma wzór empiryczny ten sam co glukoza różni się tylko położeniem grup OH. W organizmach zwierzęcych występuje jako składnik galaktozy; w stanie

wolnym pojawia się tylko przy procesach patologicznych  
Jej wzór jest następujący:



Fruktoza, czyli lewuloza różni się zasadniczo pod względem budowy od glukozy i galaktozy, jest ona ketcheksozą.

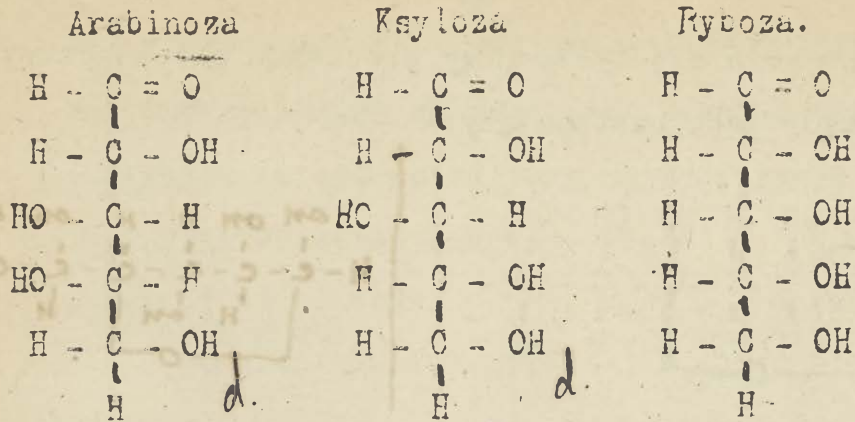


Wzór empiryczny pentozy występującej pod postacią kilku stereoizomerów jest  $C_5H_{10}O_5$ .

Arabinoza występuje w stanie wolnym w moczu chorych na pentozurją.

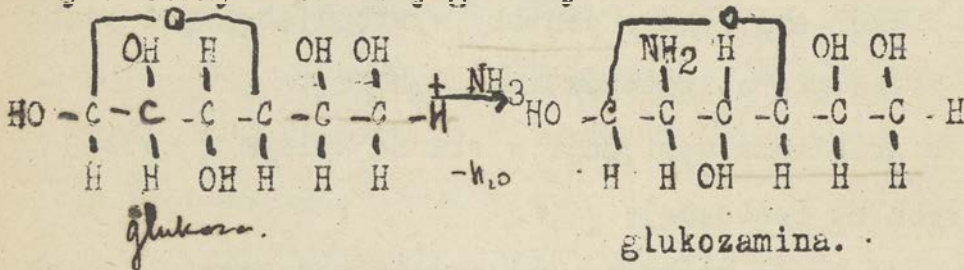
Ksyloza i ryboza występują w połączeniu z białkiem w nukleoproteidach.

Pentozy, podobnie jak glukoza, mogą istnieć w formie aldehdowej, wodzianowej i tlenkowej. Wzory strukturalne formy aldehdowej tych węgiowodanów są następujące:



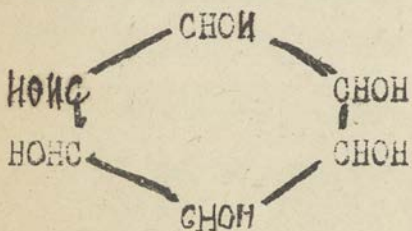
Wszystkie trzy wymienione pentozy są optycznie czynne. Arabinoza i ksyloza są prawoskrętne, ryboza lewoskrętna. Dla arabinozy kąt skręcenia wynosi  $+108^\circ$ , dla ksylozy  $+36^\circ$  i dla rybozy  $-19^\circ$ .

Z pośród pochodnych cukrów prostych rozpatrzmy glukozaminę, stanowiącą główny składnik chityny. Wychodzi z formy tlenkowej glukozy:



W chitynie występuje acetylowana pochodna glukozaminy.

Izomeronem aldoheksan jest inozyt, czyli cukier mięśniowy. Jest to sześćhydroksycykloheksan.



Występuje nie tylko w mięśniach, lecz i w niektórych innych tkankach.

Wszystkie dwucukry, posiadające znaczenie biochemiczne, są produktami kondensacji heksoz. Ich wzór empiryczny jest:  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Rozróżniamy wśród nich dwucukry zawierające wolną grupę aldehydową, oraz niezawierające tej grupy.

I. Zawierające wolną grupę CHO:

1/maltoza /cukier słodowy/,

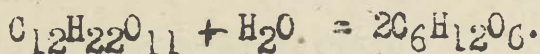
2/laktoza /cukier mleczny/.

II. Niezawierające wolnej grupy CHO

1/sacharoza /cukier trzcinowy/

2/trehaloza /cukier grzybów/.

Jeżeli te dwucukry będziemy hydrolizowali, działając np. 2 - 3% roztworem  $H_2SO_4$  na gorąco, rozpadną się one na cukry proste /heksozy/. Przebieg reakcji możemy przedstawić w następujący sposób:

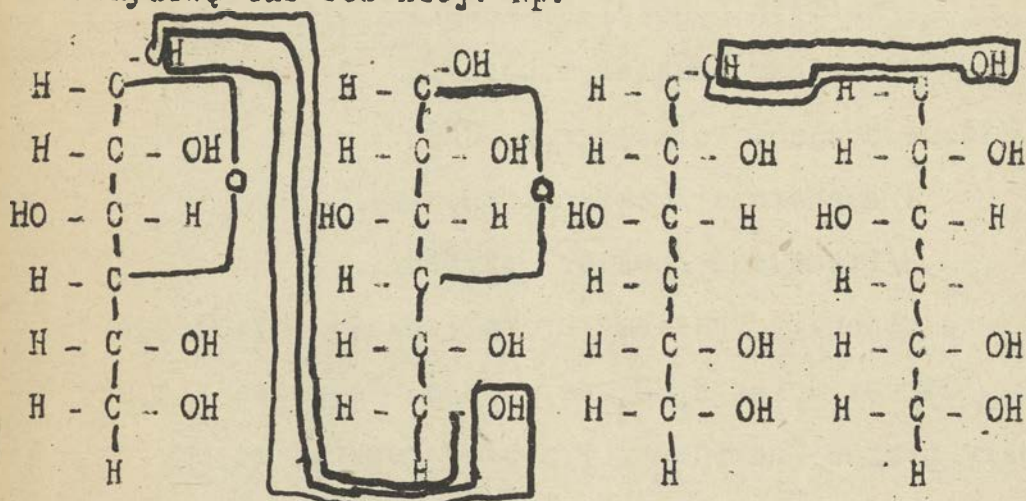


*przy* hydrolizie maltozy otrzymamy: 2 cząsteczki glukozy; produktem rozpadu cząsteczki laktozy jest 1 cząsteczka glukozy i 1 cząsteczka galaktozy; cząsteczka sacharozy daje 1 cząsteczkę glukozy i 1 cząsteczkę lewulozy; wreszcie 1 cząsteczka trehalozy daje 2 cząsteczki glukozy.

Maltoza i trehaloza, jakkolwiek posiadają te same składniki, różnią się znacznie, gdyż w maltozie występuje wolna grupa aldehydowa, której brak w trehalozie.

W cząsteczce trehalozy grupy aldehydowe 2 cząsteczek glukozy wysycają się wzajemnie.

Dwucukry, jak wiemy powstają przez dehidratację 2-ck cząsteczek jednocukrów. Zależnie od tego, gdzie odejmiemy cząsteczkę wody, utworzy się dwucukier z wolną grupą aldehydową lub bez niej. Np.



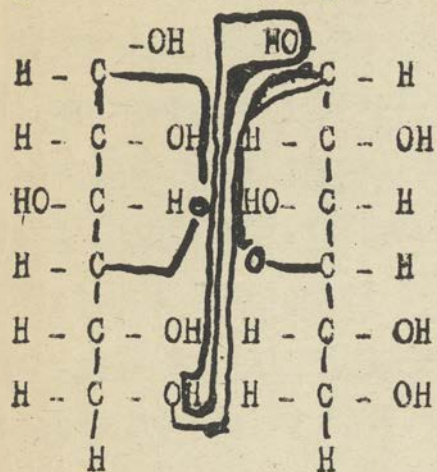
Maltoza, woda odjęta od pierwszego atomu C pierwszej cząsteczki glukozy i 6-go drugiej.

Trehaloza, woda odjęta od pierwszych atomów C obu cząsteczek glukozy

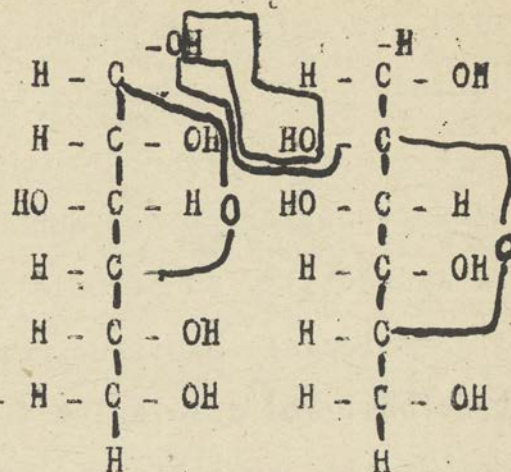
Obecność wolnej grupy aldehydowej stwierdzamy za pomocą reakcji z płynem Fehlinga lub innych reakcji redukcyjnych.

Podobnie jak dla maltozy i trehalozy możemy wypro-  
wadzić wzór strukturalny dla laktozy i sacharozy. Cząsteczka laktozy powstaje przez odjęcie wody od pierwszego atomu węgla galaktozy i 6-go atomu węgla glukozy. Cząsteczka sacharozy przez odjęcie wody od pierwszego atomu węgla

glukozy i drugiego fruktozy.



Laktoza.



Sacharoza.

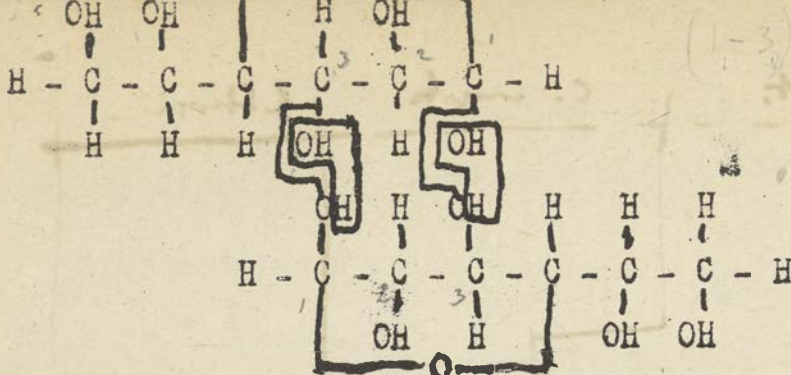
Wielocukry, podobnie jak dwucukry powstają z cukrów prostych przez odwodnienie przyczem poszczególne cząsteczki łączą się za pomocą tlenu. /z wyjątkiem chityny. w której następuje bezpośrednie łączenie się atomów węgla różnych cząsteczek/. Wśród wielocukrów rozpatrzmy

- |             |                                       |
|-------------|---------------------------------------|
| 1. Glikogen | } pochodzenia przeważnie zwierzęcego. |
| 2. Chityna  |                                       |
| 3. Skrobia  | } pochodzenia przeważnie roślinnego.  |
| 4. Błonnik  |                                       |

Liczba cząsteczek cukrów prostych, wchodzących w skład cząsteczki tych wielocukrów, nie jest znana. Wzór empiryczny dla skrobi i glikogenu jest:  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Dzięki temu, że liczba  $n$  jest bardzo wielka, skrobia i glikogen występują jako roztwory koloidalne. w przeciwieństwie do jedno i dwucukrów, które są krystaloidami.

Skrobia i glikogen przy hydrolizie rozpadają się w myśl wzoru:  $n \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + n\text{H}_2\text{O} = n\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , dając wyłącznie glukozę. Sposób, w jaki łączą się poszczególne cząsteczki glukozy, w tych wielocukrach, był do niedawna nieznany. Dopiero prace Schardingera, Pringsheima i Karraera wyświetliły do pewnego stopnia tę sprawę. Schardinger zaszczerpił *Bacillus macerans* na podłożu glikogenu lub skrobi. Pod działaniem tej bakterji po pewnym czasie tworzyły się krystaloidy, wśród których znaleziono dwucukier, mający taki sam stosunek pierwiastków, jak skrobia  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5/2$ . Dwucukier ten nazwano dwuamylozą, gdyż przypuszczano, że powstaje on z 2 cząsteczek hypotetycznego związku amylozy  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ . Dwuamyloza przy dodaniu 1 cząsteczki wody daje maltozę, a maltoza po przyłączeniu następnej cząsteczki wody - glukozę. Z powyższych danych wysnuto wniosek, że skrobia i glikogen są produktami kondensacji dwuamylozy. Co do budowy dwuamylozy istnieją 2 poglądy. Według Pringsheima dwuamyloza powstaje z 2 cząsteczek glukozy w ten sposób, że pierwszy atom C jednej cząsteczki łączy się za pomocą wiązania tlenowego z 3-im atomem C drugiej i odwrotnie, pierwszy atom drugiej z 3-im atomem C pierwszej cząsteczki.

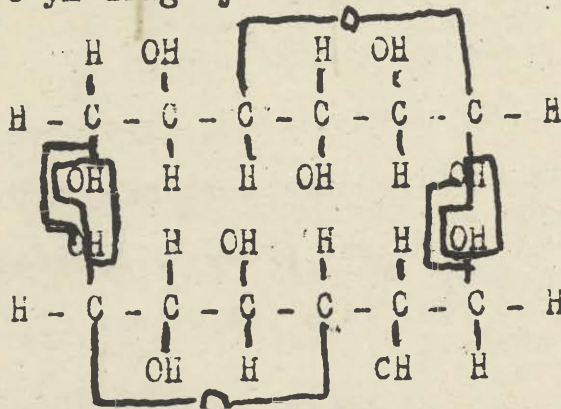




Wzór dwuamylozy według Pringsheima.

Karrer przyjmuje inny wzór strukturalny dwuamylozy.

Według niego łączy się pierwszy atom węgla i cząsteczk  
glukozy z 6-ym drugiej i naodwrot.



Wzór strukturalny dwuamylozy według Karrera.

Oprócz dwuamylozy wykryto również trójamylozę  
czteroamylozę, sześćoamylozę i ośmioamylozę. Te amylo-  
zy wyższe wraz z pierwszymi produktami hydrolizy skrobi  
względnie glikogenu tworzą prawdopodobnie szereg gene-  
tyczny którego pośrednie elementy są dotychczas niez-

ne.	Rodzaj substancji	Ciężar cząsteczkowy	Kąt skręca <sup>nia</sup> płaszczyzny polaryzacji
	Glikogen	nieznany	

Roda subst.

49

z. waga

t. skrom

Amylodekstryna	20 - 24000	+ 195°
Erytrodekstryna	3 - 6000	+ 195°
Achrodekstryna	nieznany	+ 195°
Ośmioamyloza /C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> / <sub>8</sub>	1296	+ 136°
Sześcioamyloza /C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> / <sub>6</sub>	972	" "
Czworoamyloza /C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> / <sub>4</sub>	648	" "
Trójamyloza /C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> / <sub>3</sub>	486	" "
Dwuamyloza /C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> / <sub>2</sub>	324	" "

Skrobia, oraz pierwszy produkt hydrolizy, amylodekstryna barwią się jodem na niebiesko, erytrodekstryna i glikogen barwią się na brunatno-czerwono; achrodekstryny jod wcale nie barwi. Niższe produkty hydrolizy skrobi oraz glikogenu nie posiadają już własności roztworów koloidalnych.

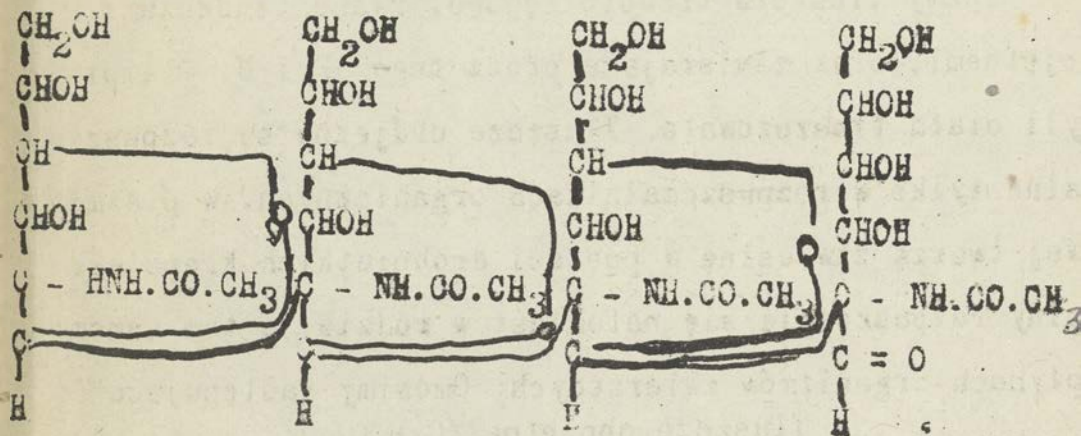
Rozpad skrobi i glikogenu w ostatnich swych etapach odbywa się prawdopodobnie w następujący sposób: najpierw powstaje dwuamyloza,  $\frac{n}{2} \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5/n = \frac{n}{2} \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5/2$ .  
Następnie następuje hydroliza:  $\frac{n}{2} \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5/2 + \frac{n}{2} \text{H}_2\text{O} =$   
 $= \frac{n}{2} \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ . /Maltoza/. Do tego punktu przebiega

rozkład wielocukrów pod wpływem diastazy, fermentu znajdujacego się w ślinie i wątrobie. Maltoza pod wpływem innego fermentu, maltazy, rozpada się na glukozę:



W skład chityny obok glukozy wchodzi: grupa ami-

nowa i kwas octowy. Jej wzór empiryczny stwierdzony przez Arake'go i Brache'go jest następujący:  $C_{32}H_{54}N_4O_{21}$ . Działając na chitynę kwasami mineralnymi na gorąco, otrzymujemy następujące produkty hydrolizy: chityna + woda = 4 cząsteczki glukozaminy, + 4 cząsteczki kwasu octowego, albo:  $C_{32}H_{54}N_4O_{21} + 7 H_2O = 4 C_6H_{11}O_5NH_2 + 4 CH_3COOH$ . Na podstawie tej reakcji można skonstruować tymczasowy najmniejszy wzór chityny, w którym za punkt wyjścia bierzemy acetyloglukozaminę.



Wzór chityny.

Błonnik jest wielocukrem nierozpuszczalnym we wszystkich rozpuszczalnikach organicznych i mineralnych /z wyjątkiem odczynnika Schweitzera - roztwór wodorotlenku miedzi w amoniaku/. Nie może być również strawiony w organizmach zwierzęcych. Jego wzór empiryczny jest taki sam jak skrobi.

## 2. Tłuszcze /lipidy/.

Tłuszcze różnią się zasadniczo od węglowodanów pod względem budowy i właściwości fizycznych oraz fizjologicz-

nych. Gdy węglowodany z wyjątkiem niektórych wielocukrów rozpuszczają się w wodzie, tłuszcze są w wodzie przeważnie nierozpuszczalne. rozpuszczają się natomiast w rozpuszczalnikach organicznych, jak np. w alkoholu, eterze, benzolu i innych. Pod względem energetycznym tłuszcze są związkami bardzo skondensowanymi. Tłuszcze, spalając się, wyzwalają maximum energii przy minimum masy. Już te własności wskazują na znaczenie tłuszczów dla organizmu i konieczność bliższego ich omówienia.

Znany tłuszcze trzeciorzędowe, zwane tłuszczami obojętnymi, oraz zawierające prócz tego P i N - lipiny czyli ciała tłuszczowate. Tłuszcze obojętne są rozpuszczalne tylko w rozpuszczalnikach organicznych, w płazmie żywej tworzą zawiesinę w postaci drobniutkich kropelek. Lipiny rozpuszczają się natomiast w wodzie, a tem samym w płynach organizmów zwierzęcych. Omówimy następujące tłuszcze:

I. Tłuszcze obojętne /C,H,O/

II. Ciała tłuszczowate /lipiny/

1/fosfatydy /C,H,O,P,N/

a/lecytyna

b/kefalina

2/cerebrozydy /nie zawierają P/

a/cerebron

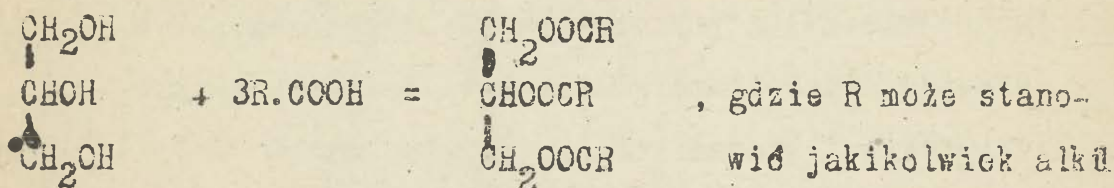
b/frenozyna

III. Steryny

a/cholesteryna

Tłuszcze obojętne przyhydroлизie dają glicerynę i kwasy tłuszczowe. Dla zapoznania się z budową tłuszczów obojętnych musimy sobie przypomnieć budowę tych składników. Gliceryna ma następujący wzór:  $\text{CH}_2\text{OH}.\text{CHOH}.\text{CH}_2\text{OH}$ . Trzy grupy OH możemy zestryfikować jeżeli podzielimy kwasem tłuszczowym, który oznaczamy ogólnie wzorem  $\text{R}.\text{COOH}$ .

Otrzymamy:



W tłuszczach obojętnych zwierzęcych występują wyłącznie kwasy tłuszczowe, posiadające parzystą liczbę atomów węgla. Najczęściej spotykamy następujące kwasy: 1/kwas octowy  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , 2/kwas masłowy  $\text{CH}_3/\text{CH}_2/2\text{COOH}$ , 3/kwas kapronowy  $\text{CH}_3/\text{CH}_2/4\text{COOH}$ , 4/kwas kaprylowy  $\text{CH}_3/\text{CH}_2/6\text{COOH}$ , 5/kwas kaprynowy  $\text{CH}_3/\text{CH}_2/8\text{COOH}$ , 6/kwas laurynowy  $\text{CH}_3/\text{CH}_2/10\text{COOH}$ , 7/kwas mirystynowy  $\text{CH}_3/\text{CH}_2/12\text{COOH}$ , 8/kwas palmitynowy  $\text{CH}_3/\text{CH}_2/14\text{COOH}$ , 9/kwas stearynowy  $\text{CH}_3/\text{CH}_2/16\text{COOH}$ . Rzadziej spotykamy kwasy o dłuższym łańcuchu węglowym.

Szczególnie ważne są kwasy palmitynowy i stearynowy oraz z pośród nienasyconych kwas oleinowy o wzorze  $\text{CH}_3/\text{CH}_2/7\text{CH} = \text{CH}/\text{CH}_2/7\text{COOH}$ , które to kwasy występują w organizmach zwierzęcych w największej stosunkowo ilości.

Z gliceryną kwasy tłuszczowe mogą tworzyć jednglicerydy, dwu i trójglicerydy, zależnie od tego, ile grup

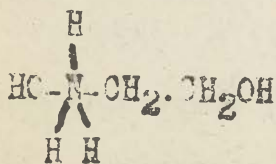
OH gliceryny jest zastąpionych przez resztę kwasową. Trójglicerydy: trójoleina, trójpalmityna i trójstearyna należą do najważniejszych tłuszczów obojętnych.

Podobnie jak cukry złożone rozpadają się w organizmie na cukry proste, tak też i tłuszcze ulegają strawieniu, t.j. rozkładowi na glicerynę i kwasy tłuszczowe i ich sole.

Fosfatydy. Tłuszcze obojętne, jak żeśmy nadmienili są estrami gliceryny oraz kwasów tłuszczowych. Natomiast fosfatydy są estrami gliceryny i aminoalkoholów z kwasem fosforowym i kwasami tłuszczowymi.

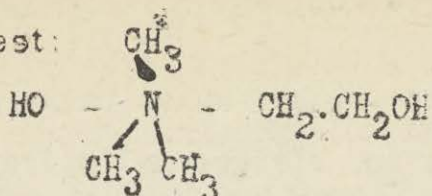
Lecytyna hydrolizowana w kwasie lub ługu na gorąco rozpada się na cztery składniki prostsze: lecytyna + 4H<sub>2</sub>O = 1 cząsteczka gliceryny + dwie cząsteczki kwasów tłuszczowych + jedna cząsteczka kwasu fosforowego . 1 cząsteczka aminoalkoholu. Budowę gliceryny już żeśmy podali.

Z pscróu kwasów tłuszczowych występują tu najczęściej: palmitynowy, stearynowy, oleinowy i linolowy o wzorze C<sub>18</sub>H<sub>30</sub>O<sub>2</sub>. Bliższego omówienia wymagają jeszcze aminoalkohole, a w szczególności kolamina i cholina. Oba te związki możemy traktować jako pochodne amoniaku, zawierające grupę alkoholu etylowego. Wzór kolaminy jest:



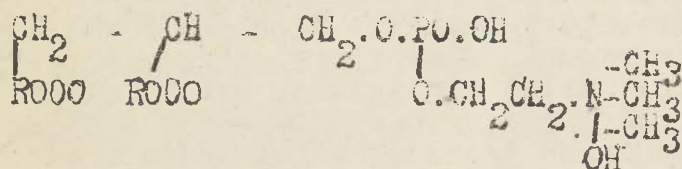
jest to więc oksyetyloamina, zaś

wzór choliny jest:



a więc jest to trójmetylooksyetyloamina. Kwas fosforowy  $\text{H}_3\text{CO}_4$  możemy uważać za główny szkielet lecytyny. Przy słabszej hydrolizie otrzymamy nie 4 produkty rozkładu lecz trzy: kwasy tłuszczowe, aminoalkohol oraz kwas gliceryno-fosforowy, którego budowa jest następująca:

$\text{CH}_2\text{OH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CH}_2 - \text{O} - \text{PO} / \text{OH} / 2$ . Jeżeli do pierwszego i drugiego węgla gliceryny przyłączymy kwasy tłuszczowe zaś w kwasie fosforowym zastąpimy wodór jednej z wolnych grup OH przez cholinę, powstanie lecytyna.



Decytyna.

Jak widać z powyższego wzoru, lecytyna jest dwuglicerydem, posiadającym 4 wiązania estrowe, na podstawie czego możemy zrozumieć przebieg hydrolizy. W kefalinie, która również należy do grupy fosfatydów, składnikiem amino-alkoholowym jest kclamina.

Fosfatydy występują we wszystkich tkankach, jednakże najobficiej w tkance nerwowej. Substancja sucha tej ostatniej zawiera 20% fosfatydy.

Cerebrozydy są pod względem składu mniej zbadane od fosfatydów. Zamiast gliceryny występuje w nich galak-

toza, dzięki czemu noszą również nazwę galaktolipinów. Ponadto zawierają one sfingozynę, której wzór strukturalny jest prawdopodobnie następujący:

$\text{CH}_3/\text{CH}_2/\text{CH} = \text{CH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CH}_2\text{NH}_2$ , oraz dalej oksykwasy cerebronowy, ferezynowy, lub kerazynowy.

Steryny. Cholesteryna/pochodna cholanu  $\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}$  jest związkami z punktu widzenia fizjologicznego bardzo ważnym. Do grupy tłuszczów zaliczamy ją ze względu na rozpuszczalność w rozpuszczalnikach organicznych, aczkolwiek strukturalnie różni się od pozostałych tłuszczów zasadniczo. Pod względem budowy chemicznej jest jeszcze niedostatecznie zbadana. Jej wzór empiryczny jest  $\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}$ . Występuje bardzo obficie w żółci, dalej w mózgu, we krwi i podobnie jak fosfatydy we wszystkich tkankach w niewielkich ilościach. Cholesteryna wchodzi w skład otoczki plazmatycznej komórek, gdzie odgrywa ważną rolę w procesach wymiany materji ze środowiskiem zewnętrznym. Dzięki obecności w niej grupy alkoholowej OH cholesteryna tworzy estry z kwasami stearynowym, palmitynowym i oleinowym.

### 3. Białka /proteidy/.

Związki białkowe są pod względem budowy dotychczas mało zbadane. W skład ich wchodzi zawsze: C, H, O i N. Ponadto w niektórych ciałach białkowych występują: S, Fe i P. Białko stanowi nieodzowny składnik komórki żywej.

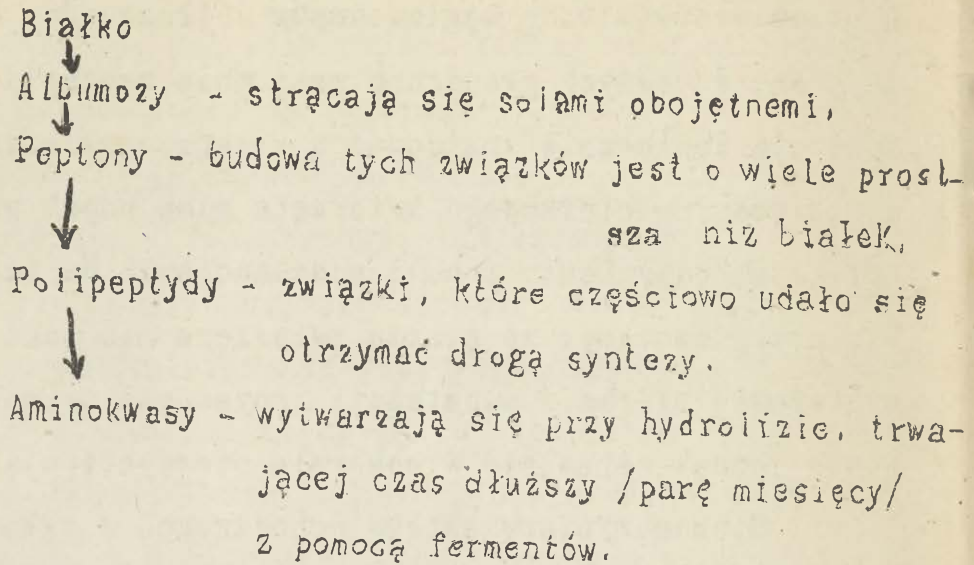


W przeciwieństwie do węglowodanów i tłuszczów, które dają się w pewnych granicach wzajemnie zastąpić, białko musi się koniecznie znajdować w pokarmie zwierząt. Pozbawione pokarmu białkowego zwierzęta giną nawet przy najobfitszym odżywianiu innymi substancjami. Na tej podstawie przypuszczamy, że plazma zwierzęca nie jest w stanie syntezować białka z substancji innych niż aminokwasy, które jednak normalnie w pokarmie niemwystępują.

Stosunek pierwiastków wchodzących w skład białka jest mniej więcej następujący: C - 51 do 55%, H - 7%, O - 20 do 30%, N - 15 do 19%, S - 0,4 do 2,5%. Ponieważ azot występuje w organizmie głównie w białku /poza to również w lipinach, w wyciągowych substancjach azotowych w chitynie i w innych związkach, których zawartość w ustroju ustępuje znacznie w porównaniu z białkami/, zaś zawartość jego w białku zwierzęcym ulega bardzo nieznacznym wahaniom i wynosi średnio 16%, możemy na podstawie ilości azotu obliczyć przybliżoną zawartość białka w organizmie. W tym celu mnożymy ilość azotu przez t.zw. współczynnik azotowy białka, wynoszący:  $100 : 16 = 6,25$  będący wykładnikiem stosunku całej masy białka do masy zawartego w nim azotu.

Od dłuższego czasu wiadano, że białka pod wpływem soków trawiennych rozpadają się na ciała prostsze, których jednak nie umiano bliżej zdefiniować. Po dłuższych

badaniach udało się wyodrębnić następujące produkty rozpadu białka

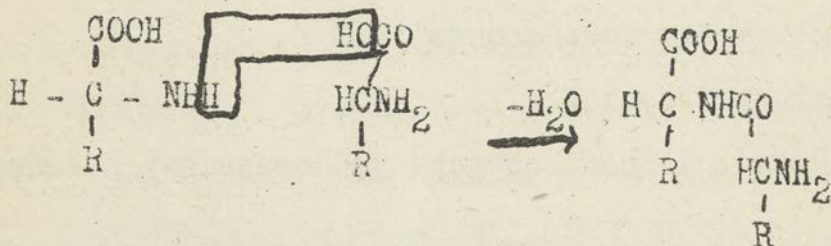


Badania Kühne'go, Kossla, Nenckiego i Fischera wykazały, że niektóre białka /protaminy/ są zbudowane wyłącznie z aminokwasów. Na tej podstawie można przypuszczać, że aminokwasy są przeważającymi jeśli nie jedynymi składnikami białek właściwych, przyczem stosunek ich do białek byłby taki sam, jak cukrów prostych do wielocukrów.

Pogląd ten stał się nicią przewodnią dalszych badań nad białkami. Pierwszym krokiem w tych badaniach było zidentyfikowanie poszczególnych aminokwasów, następnym synteza polipeptydów, a z nich białek.

Aminokwasy są to pochodne kwasów truszczozych, posiadające grupę aminową  $\text{NH}_2$ . Grupa ta w aminokwasach wchodzących w skład białek występuje zawsze w położeniu

niu  $\alpha$ , t.j. przy węglu bezpośrednio związanym z grupą karboksylową. Ogólnie  $\text{COOH} \cdot \text{CHNH}_2 \cdot \text{R}$ . R oznacza tutaj dalsze ogniwa łańcucha kwasu tłuszczowego, do którego mogą przyłączać się różne grupy i rodniki, jak np.  $\text{CH}_3$ ,  $\text{SH}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5$  i t.d. Ponieważ w aminokwasach występują obok siebie grupy karboksylowa i aminowa, więc związki te są amfoteryczne, t.j. posiadają zarazem własności kwasowe i zasadowe. Dzięki temu mogą się ze sobą połączyć 2 cząsteczki aminokwasów, przyczem grupa aminowa jednej cząsteczki łączy się z grupą kwasową drugiej, odłączając 1 cząsteczkę wody w myśl wzoru



Jeżeli zobojętnimy grupę kwasową aminokwasu, tworząc estry lub sole, to tem samym otrzymany związek będzie miał reakcję bardziej alkaliczną. Jeśli zaś grupie aminowej przyłączymy resztę kwasową, to otrzymamy związek o reakcji bardziej kwasnej aniżeli ciało wyjściowe naszej reakcji. Liczba aminokwasów, które udało się zidentyfikować przy hydrolizie białek, wynosi 21. Jeden z najważniejszych z nich poznano dopiero w ostatnich czasach. Fakt ten pozwala przypuszczać, że uda nam się wykryć jeszcze dalsze aminokwasy, a to przyczyni się do lepszego poznania budowy białek.

Rozróżniamy aminokwasy rzędu tłuszczowego nieposiadające rodniów aromatycznych, oraz aminokwasy rzędu aromatycznego, posiadające te rodniiki. Aminokwasy rzędu tłuszczowego charakteryzują się liczbą grup aminowych, które oprócz stałej grupy w położeniu  $\alpha$ , mogą występować przy innych atomach węgla, oraz liczbą grup karbonylowych. Na tej podstawie dzielimy aminokwasy rzędu tłuszczowego na .

I. Aminokwasy jednoaminowe

1/aminokwasy jednozasadowe.

2/aminokwasy dwuzasadowe,

II. Aminokwasy dwuaminowe,

Aminokwasów jednoaminowych, jednozasadowych znamy 10.

1. Glikokol, kwas aminooctowy  $\text{CH}_2\text{NH}_2\cdot\text{COOH}$ , jest najprostszym aminokwasem, występuje bardzo obficie w organizmach zwierzęcych, może być w nich otrzymywany.

2. Alanina. kwas  $\alpha$  aminopropionowy  $\text{CH}_3\cdot\text{CHNH}_2\cdot\text{COOH}$

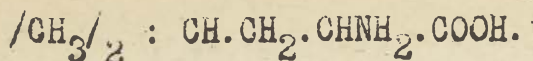
3. Kwas  $\alpha$  aminomasłowy  $\text{CH}_3\text{CH}_2\cdot\text{CHNH}_2\cdot\text{COOH}$ , specjalnej nazwy nie posiada.

4. Walina, kwas  $\alpha$  aminoizowalerjanowy

$[\text{CH}_3]_2 : \text{CH}\cdot\text{CHNH}_2\cdot\text{COOH}$ .

5. Norleucyna. kwas  $\alpha$  aminokapronowy  $\text{CH}_3\cdot[\text{CH}_2]_3\cdot\text{CHNH}_2\cdot\text{COOH}$ ,

6. Leucyna. kwas  $\alpha$  aminoizobutylooctowy



7. Izoleucyna, kwas  $\alpha$  amino  $\beta$  metylo  $\beta$  etylo-  
propionowy  $/CH_3/ /C_2H_5/ : CH.CHNH_2COCH.$  Te trzy ostat-  
nie aminokwasy stanowią grupę leucyny.

8. Seryna, kwas  $\alpha$  amino  $\beta$  oksypropionowy  
 $CH_2OH.CHNH_2.COOH,$

9. Cysteina, kwas  $\alpha$  amino  $\beta$  tiopropionowy  
 $CH_2SH.CHNH_2.COOH,$

10. Cystyna, kwas dwu  $\alpha$  aminodwu  $\beta$  tiopropionowy  
 $/CH_2S.CHNH_2.COOH/2.$

Trzy ostatnie aminokwasy są pochodniami alaniny.  
Seryna powstaje przez podstawienie grupy OH w położeniu  
. W cysteinie zamiast grupy OH występuje grupa SH.  
Cystyna jest produktem kondensacji dwóch cząsteczek cyste-  
iny, z których występuje po jednym atomie wodoru z grup  
SH, przyczem tworzy się połączenie za pośrednictwem siar-  
ki. Cysteina i cystyna są to jedyne aminokwasy, w skład  
których wchodzi siarka.

Aminokwasów jednoaminowych dwuzasadowych znamy 3.

1. kwas asparaginowy, aminobursztynowy  
 $COOH.CH_2.CHNH_2.COOH,$

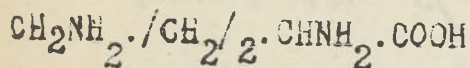
2/ kwas glutaminowy,  $\alpha$  aminoglutarowy  
 $COOH./CH_2/p.CHNH_2.COOH.$

3. kwas  $\alpha$  amino  $\beta$  oksyglutarowy  
 $COOH.CH_2CHOH.CHNH_2.COOH,$  wykryty ostatnio przez Dakina.

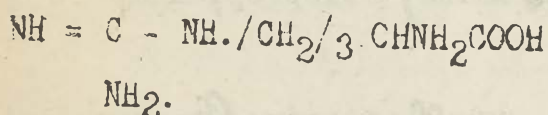
w kazeinie w ilości około 10%.

Aminokwasy dwuaminowe są następujące:

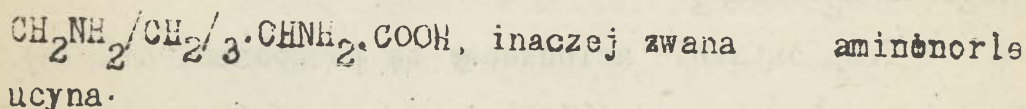
1. Ornityna, kwas  $\alpha, \delta$ -dwuaminowalerjanowy



2. Arginina, kwas  $\alpha$  amino  $\delta$ -guanidowalerjanowy



3. Lizyna, kwas  $\alpha, \epsilon$ -dwuaminokapronowy



Aminokwasy dwuaminowe występują w tak zw. białkach "prostych", mających odczyn alkaliczny.

Aminokwasy rzędu aromatycznego mają ogromne znaczenie w procesach metabolicznych. Muszą one znajdować się w pokarmie zwierząt, gdyż organizmy zwierzęce nie są w stanie ich wytwarzać. Zdolność tę posiadają natomiast rośliny. Aminokwasy te dzielimy na homocykliczne i heterocykliczne

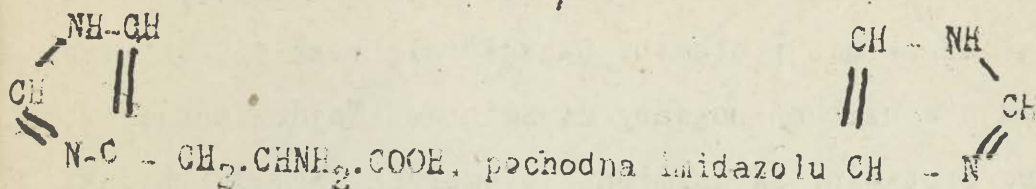
I. Aminokwasy homocykliczne.

1/ Feniloalanina, kwas  $\alpha$  amino  $\beta$  fenilipropionowy  $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CHNH}_2 \cdot \text{COOH}$

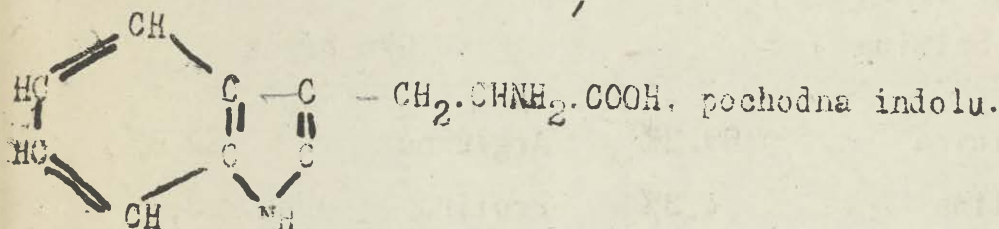
2/ Tyrozyna, kwas  $\alpha$  amino  $\beta$  p.-oksyfenilopropionowy  $\text{C}_6\text{H}_4\text{OH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CHNH}_2 \cdot \text{COOH}$ , występuje jako substancja macierzysta niektórych barwników zwierzęcych /relaniny/, oraz w adrenalinie.

II. Aminokwasy heterocykliczne.

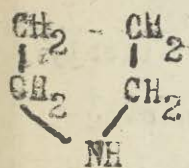
1/ Histydyna, kwas  $\alpha$  amino  $\beta$ imidazolilopropionowy



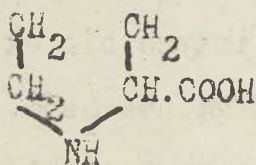
2/ Tryptofan, kwas  $\alpha$  amino  $\beta$ indolilopropionowy



Pozostały 21 aminokwas, prolina, nie odpowiada po danej przez nas definicji, aminokwasów, gdyż nie jest pochodny kwasów tłuszczowych, ani nie posiada grupy aminowej. Jest to pochodna pyrrolidyny:



pyrrolidyna



prolina.

jej nazwa racjonalna jest. kwas pyrrolidyl nokarbonowy.

Pomimo to zaliczamy prolinę do aminokwasów, ponieważ dzięki obecności w niej grupy karboksylowej obok iminowej NH posiada ona jednocześnie własności kwasowe - zasadowe. co jest najważniejszą i najbardziej charakterystyczną własnością aminokwasów.

Nie znamy białek, do których wchodziłyby wszystkie 21 aminokwasów przez nas wymienionych. Do najmniej

skomplikowanych i najlepiej zbadanych pod względem zawartości aminokwasów należą protaminy. Występują w nich tylko 3 do 5 różnych aminokwasów, które razem stanowią prawie 100% składników. Badania Kossła wykazały wielką stałość składu protamin. Okazało się również, że przeważają w nich aminokwasy dwuaminowe. Najdokładniej zbadane protaminy są salmina i skombryna. Skład ich jest następujący:

Salmina		Skombryna	
Arginina	89,2%	Arginina	88,8%
Prolina	4,3%	Prolina	3,3%
Seryna	3,25%	Alanina	6,4%
Walina	1,65%		
		razem	99,0%
razem	98,4%		

Skład innych protamin jest już mniej znany, zaś wśród produktów hydrolizy innych białek zdołano zidentyfikować zaledwie 60 do 70% aminokwasów. O procentowej zawartości różnych aminokwasów w niektórych białkach daje nam pojęcie następujące zestawienie:

Rodzaj aminokwasu	Białko jaja kurzego	Sernik	Gliadyna /z pszenicy/
Glikokol	0 %	0%	0%
Alanina	3 %	1%	2%
Walina	1%	6,7%	0,2%
Leucyna i izoleucyna	7%	9,33%	5,6%



Kwas asparaginowy	1,5%	1,2%	0,6%
Kwas glutaminowy	9,0%	10,77%	37,3%
Prolina	2,5%	6,7%	7%
Benilalanina	4,5%	3,5%	2,4%
Tyrozyna	10%	4,5%	1,2%
Tryptofan	2,6%	2%	0%
Histydyna	-	2,6%	0,6%
Arginina	2%	4,8%	3,16%
Lizyna	2%	5,8%	0%
Seryna	-	0,43%	-
Cystyna	0,3%	0,06%	-
<hr/>			
razem	45,4%	59,39%	60,06%

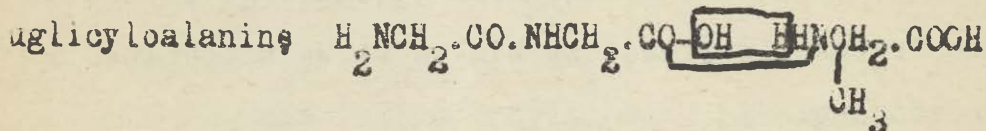
Pozatem kazeina zawiera jeszcze 10% kwasu asygli-  
taminowego, wobec czego znamy 45,4% składników w białku  
kurzym, 59,39% w kazeinie, oraz 60,06% w gliadynie,  
a nie trzeba zapominać, że białka te są stosunkowo do-  
brze zbadane.

Jakkolwiek nie znamy jeszcze całkowicie składu  
ciał białkowych, to jednak mamy prawo przypuszczać,  
że cząsteczka białka jest zbudowana z cząsteczek amin-  
kwasów. Nasuwa się więc pytanie, w jaki sposób łączą się  
one ze sobą. Badania tutaj poszły w 2 kierunkach, z ko-  
rych 1 zapoczątkował Kossel i inni, zaś 2 - Fischer.  
Metoda Kossla polega na rozkładaniu białka na związki

coraz prostsze i badaniu ich budowy. Fischer natomiast wziął za punkt wyjścia aminokwasy i starał się tworzyć z nich związki coraz bardziej złożone, t.zw. peptydy. Jak już wspomnieliśmy, /str.58/ dwie cząsteczki aminokwasu łączą się ze sobą w ten sposób, że grupa aminowa jednej cząsteczki reaguje z grupą kwasową drugiej, przy czym powstaje wiązanie  $-CO-NH-$ , które jest zasadniczym motywem połączenia aminokwasów w peptydach i dlatego nosi nazwę wiązania peptydowego. Powstały tą drogą związek dwupeptyd zachowuje nadal dzięki amfoteryczności aminokwasów własności kwasowe i zasadowe, co umożliwia przyłączenie dalszych cząsteczek aminokwasów. Weźmy dla przykładu 2 cząsteczki glikokolu



Jeśli do otrzymanego dipeptydu, t.zw. glicylo-glicyny przyłączymy cząsteczkę alaniny, otrzymamy tripeptyd



Postępując w dalszym ciągu w ten sposób, możemy dojść do polipeptydów zawierających wielką liczbę cząsteczek aminokwasów. Tak np. Fischerowi udało się zsyntezować dekapeptyd /zawierający 10 cząsteczek aminokwasu/ i oktodekapeptyd /18 cząsteczek/.

Dekapeptyd ten jest alaniloglicyloleucylowaliloglicyloalanylloglicyloleucylloglicyloleucylotyrozyna



lipeptydów. Wykryto również w białkach połączenia estrowe.

Wobec tak szczupłych wiadomości dotyczących budowy białka musimy ich systematykę oprzeć na własnościach fizyko-chemicznych.

#### a/Podział białek.

---

Białka czyli proteidy dzielimy na białka proste - proteiny, oraz białka złożone, czyli proteidy. Do niedawna uznawano za oddzielną grupę albuminoidy, które jednak nie różnią się zasadniczo od proteinów i zostały do nich włączone pod nazwą skleroproteinów.

Proteiny. Wśród białek prostych rozróżniamy następujące rodzaje: 1/Protaminy

2/Histony

3/Mucyny i mukidy

4/Albuminy,

5/Globuliny,

6/Skleroproteiny.

1/Protaminy są związkami o budowie stosunkowo prostej. W skład ich, jak już wspominaliśmy /str.63/, wchodzi 3 do 5 różnych aminokwasów, wśród których nigdy nie występują aminokwasy dwuzasadowe, aromatyczne i cystyna. W wodzie są rozpuszczalne, odczyn mają silnie alkaliczny, przy ogrzewaniu nie ulegają denaturyzacji. Wobec tak mało złożonej budowy tych związków istnieją wątpliwo-

ści, czy można je zaliczyć do białek. Dotychczas wykryte około 20 protamin. Występują one przeważnie w główkach plemników ryb, gdzie tworzą z kwasami nukleinowymi nukleoproteidy, stanowiące ważny składnik chromatyny. Do najważniejszych i najlepiej zbadanych protamin należą:

a/Sturyna - występuje w główkach plemników *Acipenser sturio* /jesiotra/. Jej najmniejszy wzór empiryczny jest:  $C_{34}H_{71}N_{17}O_9$ .

b/Skombryna - z plemników *Scomber scomber* /makrela/ o wzorze  $C_{30}H_{72}N_{16}O_8$ .

c/Klupeina - z plemników *Clupea harengus* /śledź/ posiada wzór najmniejszy  $C_{30}H_{62}N_{14}O_9$ .

d/Salmina - znaleziona w główkach plemników *Salmo salar* /łosoś/. Wzór empiryczny najmniejszy posiada  $C_{30}H_{57}N_{17}O_6$ , ciężar cząsteczkowy 751. Są podstawy do przypuszczenia, że w skład jej wchodzi 15 cząsteczek aminokwasów, 10 cząsteczek argininy, 2 cząsteczki seryny, 2 cząsteczki proliny i 1 cząsteczka waliny.

Jeśli salmina składałaby się rzeczywiście z tylu cząsteczek wymienionych aminokwasów, to jej wzór empiryczny winien być:  $C_{81}H_{153}N_{45}O_{18}$ , zaś ciężar cząsteczkowy wyniesie 2043.

2/Histony. Pod względem własności fizycznych stanowią grupę zbliżoną do protamin. Różnią się od nich tem

że tracąca się amoniakiem. W skład ich obok amino-kwasów rzędu tłuszczowego wchodzi aminokwasy aromatyczne, jak tryptominy tyrozyna. Odczyn posiadają mniej zasadowy niż proteiny, gdyż występuje w nich mniej aminokwasów dwuaminowych. Histony występują w substancji jądrowej komórek grucicy i śledziony, w krwinkach płatków i główkach plemników. W postaci wolnej w przyrodzie nie występuje.

3/ Mucyny i mukoidy, czyli białka śluzowe, różniące się od siebie tem, że gdy pierwsze tracąca się kwasami, drugie, t.j. mukoidy, pozostają po dodaniu kwasów w roztworze, posiadają konsystencję lepka, ciągliwą. Cechą charakterystyczną tych związków jest zawartość glukozyminy, która jest w nich preformowana i przy hydrolizie uwalnia się w wielkich ilościach. Z tego względu sądzone że mucyny należą do białek złożonych, i zaliczone je do glikoproteidów, co jednak okazało się niesłuszne. Mucyny stanowią główny składnik błony jajowej żaby, występują w białku jaja kurzego, w ślinie, oraz w sokach trawiennych.

4/ Albuminy są związkami rozpuszczalnymi w wodzie, słabych kwasach i zasadach. Przy rozpuszczeniu w kwasach ulegają pewnej denaturacji. Charakteryzują się tem, że zawierają glikokolu, natomiast wykazują znaczną zawartość siarki /1,6 - 2,2%. Występują w jajach, mleku.

5/ Globuliny różnią się od albumin stopniem rozpuszczalności. W wodzie globuliny są nierozpuszczalne i dzięki temu można je wydzielić z mieszaniny z albuminami. Rozpuszczają się natomiast w roztworach soli obojętnych jak  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ , i t.p., w słabych ługach i mocnych kwasach. Globuliny pochodzenia zwierzęcego występują w mięśniach, surowicy, w mleku i t.d. Do tej grupy należy również włóknik /fibryna/, który wydziela się ze krwi w chwili jej krzepnięcia. Albuminy i globuliny należą do najpospolitszych białek. Ze względu na małą znajomość budowy nazwy tych białek wyprowadza się od substancji, w których je znajdują, tak np. albumina jaja kurzego, lakalbumina i t.p. Globuliny pochodzenia roślinnego są niezmiernie ważne. Należą do nich gliadyna z pszenicy i żyta, hordeina z jęczmienia, awaina z owsa, zeina z kukurydzy i inne. Cechą charakterystyczną globulin roślinnych jest brak pewnych aminokwasów, jak lizyny w pierwszych trzech i tryptofanu w zeinie, które to związki są niezbędne dla organizmów zwierzęcych. Ponieważ zaś organizmy zwierzęce nie są w stanie syntezować tych aminokwasów, więc pokarmy, posiadające w swym składzie globuliny roślinne, jako jedyne białka, są niewystarczające dla organizmów zwierzęcych i muszą być uzupełniane przez białka zawierające powyższe aminokwas.

6/ Skleroproteiny pełnią funkcje podporowe w ustrojach zwierzęcych. Są to ciała stałe, nierozpuszczalne, bardzo odporne na wszelkie czynniki, fizyczne i chemiczne.

Należą tutaj:

Kolagen - występuje w włóknach tkanki łącznej i chrząstce.

Elastyna - w tkance sprężystej,

Keratyna - w utworach rogowych, /naskórek, włosy, paznokcie i t.p.

Sporozina - w utworach szkieletowych gąbek. Zawiera jod pod postacią jodowanej tyrozyny.

Gorgamina - w szkielecie koralii, również zawiera jodowaną tyrozinę.

Fibrina - w przedziwie jedwabnika.

Niekolwiek, jak już zaznaczyliśmy, systematyka białek nie opiera się na podstawach racjonalnych, istnieją jednak dane, że podział ten jest, naogół biorąc zgodny z wymogami, które wynikają z dotychczasowych wiadomości o budowie cząsteczki białka. Podane niżej zestawienie wykazuje zgodność przyjętego podziału białek z podziałem, jaki należałoby wprowadzić na podstawie procentowej zawartości w nich pewnych typów aminokwasów.

Rodzaj białek	Aminokwasy dwuaminowe - dwuzasadowe		
Protaminy	około	80%	0
Histony	"	20%	4%



Skleroproteiny	około	15%	15%
Globuliny	"	4%	35%
Albuminy	"	2%	10%

Należy jednak zaznaczyć, że podane liczby mają wartość tylko przybliżoną, gdyż zaledwie po kilka związków z każdej grupy zostało zbadane pod tym względem.

Proteidy. Cechą charakterystyczną proteidów jest, że grupa proteinowa łączy się w nich w sposób bliżej nieznanym z grupą dodatkową, czyli t.zw. prostetyczną.

Omówimy 3 rodzaje proteidów:

1/ chromoproteidy.

2/ fosforoproteidy.

3/ nukleoproteidy.

1/ Chromoproteidy są to białka złożone, stanowiące barwnik krwi. W skład ich wchodzi białko związane z grupą prostetyczną, zawierającą<sup>w</sup> hemoglobinie/ barwiku krwi zwierząt wyższych/ żelazo, zaś w hemocjaninie /barwiku krwi niektórych zwierząt niższych/ - miedź.

2/ Fosforoproteidy posiadają grupę prostetyczną zawierającą kwas fosforowy. Należą tutaj:

Kazeina, czyli sernik, ważny w odżywianiu w okresie niemowlęcym ssaków,

Witelina stanowi białko zapasowe jaj ptaków.

Batrachiolina " " " " płazów

Ichtulina " " " " ryb.

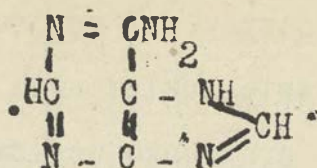
Fosforoproteidy są bardzo mało zbadane nawet pod względem zawartości aminokwasów.

3/Nukleoproteidy składają się z proteiny i kwasu nukleinowego, który pełni tu rolę grupy prostetycznej.

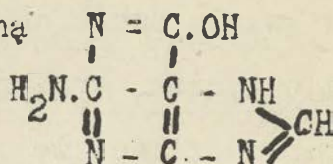
Białka, o których mówiliśmy dotychczas, stanowią albo składnik cytoplazmy, albo wchodzi w skład wydzielin komórki /t.zw.utwory paraplastyczne/. Natomiast nukleoproteidy są składnikami jądra, najważniejszej części komórki, pod względem fizjologicznym i stanowiącego ważne podścielisko cech dziedzicznych. Z pośród wszystkich proteidów nukleoproteidy są obok chromoproteidów najlepiej poznane. Po raz pierwszy bliżej zbadał je Mischer. Dalsze badania prowadzili Kossel i Lovene. Mischer pracował nad wyciągami z główek plemników ryb, w których jądro stanowi główną część składową. Opracował od metodę oddzielania wiod od główek. Następnie traktował główki ługiem, wskutek czego przechodziły one do roztworu, z którego strącał nukleoproteidy. Te ostatnie rozkładał Mischer za pomocą hydrolizy. Okazało się, że przy słabej hydrolizie /enzymatycznej/ cząsteczka nukleoproteidy rozpada się na cząsteczkę białka i na cząsteczkę nukleiny, która przy intensywniejszej hydrolizie /w obecności ługu lub kwasu/ ulega w dalszym ciągu rozpadowi na cząsteczkę białka oraz kwasu nukleinowego. Kwas nukleinowy przy dalszej hydrolizie daje stale następujące produk-



Adenina jest 6-aminopuryną

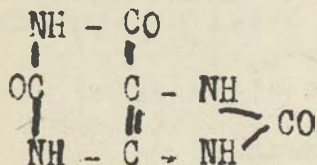


Guanina jest 2-amino-6-oksypuryną



Przez utlenienie puryny powstaje kwasy moczowy, którego

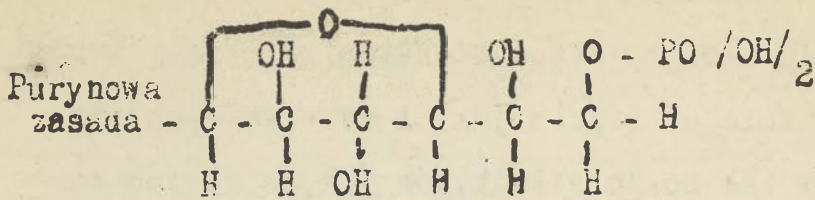
wzór jest:



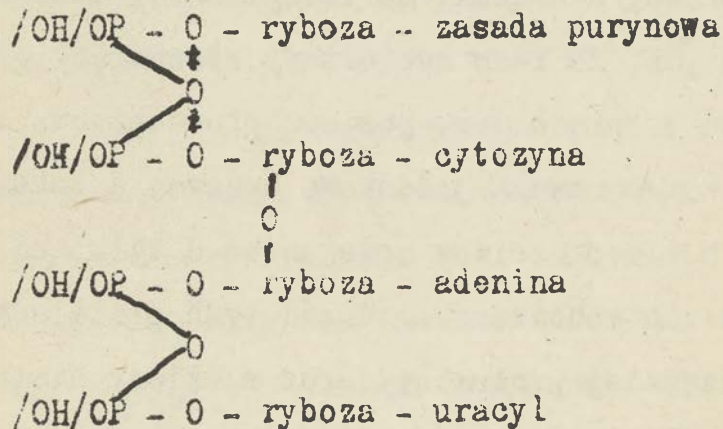
Poznanie składu kwasu nukleinowego jest potrzebne nie tylko dla zaznajomienia się z jego budową, lecz również dla wyjaśnienia procesów przemiany materji.

Kwas nukleinowy przy ostrożnej hydrolizie nie rozpada się odrazu na ostateczne produkty, lecz daje początkowo związki o budowie analogicznej do budowy glukozydów, a mianowicie do 1-go atomu węgla węglowodanu jest przyłączona zasada pirymidynowa, względnie purynowa zamiast grupy OH, przyczem oddziela się 1 cząsteczka wody. Związki te nazwano nukleozydami.

Oprócz nukleozydów występują wśród produktów słabej hydrolizy związki bardziej złożony, nukleotydy, w których ostatni atom węgla węglowodanu jest połączony z cząsteczką kwasu fosforowego.



Wykrycie nukleotydów stało się kluczem do zrozumienia budowy kwasu nukleinowego. Kwas nukleinowy jest polinukleotydem, którego poszczególne człony łączą się za pomocą kwasu fosforowego, względnie węglowodanu. Sposób, w jaki łączą się ze sobą węglowodany, jest dotychczas nieznany. Przytoczymy dla przykładu przypuszczalny wzór kwasu nukleinowego pochodzenia roślinnego /z drożdzy



Kwas nukleinowy pochodzenia zwierzęcego różni się prawdopodobnie od kwasu nukleinowego pochodzenia roślinnego nie tylko tem, że zamiast pentozy wchodzi doń heksoza, zaś zamiast uracylu tymina, lecz również i tem, że poszczególne człony łączą się ze sobą w sposób odmienny, dotychczas jednak niezbadany.

Według wszelkiego prawdopodobieństwa zwierzęcy kwas nukleinowy <sup>nie</sup> zależy od tego z jakich zwierząt pochodzi jest identyczny tak co do składników jak co do ich połączeń.

#### b/ Specyficzność białek.

Jak już wspominaliśmy, nukleoproteidy są składnikami substancji jądrowej, będącej głównym podścieliskiem cech dziedzicznych. Stwierdzenie różnic w budowie chemicznej nukleoproteidów pochodzących z różnych zwierząt pozwoliłoby ustalić zależność pomiędzy budową chemiczną substancji jądrowej a cechami morfologicznymi zwierząt. Stwierdziliśmy już, że kwas nukleinowy, stanowiący grupę prostetyczną nukleoproteidów, posiada prawdopodobnie w całym świecie zwierzęcym jedankową budowę, a zależność specyficzności nukleoproteidów może zależeć tylko od proteinów w skład ich wchodzących. Wśród tych proteinów spotykamy najczęściej protaminy, oraz niekiedy histony. Zbadaniem specyficzności protaminów pochodzących z płamników różnych ryb zajął się Kossel. Jako pierwszą podstawę do ustalenia specyficzności przyjął on stosunkową zawartość poszczególnych aminokwasów w badanych protaminach. Początkowe wyniki jego badań pozwalały przypuszczać, że uda się ustalić na tej podstawie specyficzność protamin, gdyż u różnych ryb znalazł on różne układy aminokwasów, wchodzących w skład tych białek. Oznacz

ny aminokwasy charakterystyczne argininę przez A, histydynę przez H, oraz lizynę przez L, zaś pozostałe niecharakterystyczne aminokwasy przez M. Wówczas stosunkowa zawartość tych aminokwasów u różnych rodzin ryb przedstawi się w następujący sposób:

1. Plagiostomata /Selachii/

Centrophorus granulosus - zawiera histon

2. Ganoidea

Acipenser sturio - /AHL/<sub>2</sub>M

3. Teleostei

Acanthopterygii /Percidae, Perca fluviatilis /AH/<sub>2</sub>M

/Scombridae, Pelamys sarr /

A<sub>2</sub>M.

Dotąd różnorodność jest zupełnie wyraźna.

Anacanthini /Gadidae, Gadus morrhua/ -histon taki sam jak u Plagiostomata.

Physostomi /Cyprinidae, Cyprinus harpio/

ALM<sub>x</sub>

Dalsze badania wykazały jednak, że zależności pomiędzy stosunkową zawartością aminokwasów w nukleoproteidach a cechami morfologicznymi zwierząt ustalić nie można. Przekonano się, że ryby należące do rodzin nieraz bardzo odległych pod względem systematycznym, posiadają nukleoproteidy o identycznym składzie, natomiast ryby

z jednej rodziny mogą się pod tym względem różnić.  
Wynika to z następującego zestawienia:

- Acanthopterygii /Xiphidae, Xiphias gladius/
- " /Scombridae, Scomber scomber/
- " / " Thynnus thynnus/
- " /Discoboli, Cyclopterus lumpus/
- Physostomi /Esocidae, Esox i cius/
- " /Salmonidae, Salmo salar/
- " /Clupeidae, Clupea harengus/

wszystkie posiadają stosunek  $A_2M$ . Stosunek ten  $A_2M$  występuje też w nukleoproteidach wielu innych ryb.

Skład chemiczny innych białek poza protaminami nie jest naogół dokładnie poznany, więc zależności pomiędzy składem białek a cechami morfologicznymi zwierząt, z których one pochodzą tembardziej nie dało się ustalić.

Rozważania teoretyczne, oparte na dotychczasowej znajomości białek, pozwalają przewidywać nieomal nieograniczoną liczbę indywidualów białkowych. Jeżeli weźmiemy polipeptyd, złożony z 3 różnych aminokwasów, które oznaczymy odpowiednio C, A i T, to przez odpowiednie przestawianie tych aminokwasów możemy otrzymać 6 izomerycznych trójpeptydów: CAT, ATC, TCA, ACT, TAC, CTA. Teoria połączeń pozwala przewidzieć liczbę izomerycznych polipeptydów w zależności od liczby różnych aminokwasów w skład ich wchodzących.



Dla 3 różnych aminokwasów otrzymany izomerów

" 6	"	"	"	"	72
" 8	"	"	"	"	4032
" 10	"	"	"	"	362880
" 12	"	"	"	"	47900160
" 14	"	"	"	"	8717829120
" 16	"	"	"	"	20922789888000
" 18	"	"	"	"	6402373705728000
" 20	"	"	"	"	243290200317664000

Liczba możliwych izomerów zwiększy się nieopa do nieskończoności, gdy uwzględnimy związki, w których to sam i aminokwas występuje kilkakrotnie. Wobec tego, że liczba możliwych indywidualów białkowych jest tak wielka, możemy przypuszczać wielką różnorodność budowy białek ro dzinnych, posuniętą do tego stopnia, że białka analogicz nych /czyli czynnościowo jednakowych/ tkanek różnych gatunków zwierzęcych, lub nawet białka różnych tkanek jednego ga tunku zwierzęcego mogą posiadać swiste sobie tylko włas ne cechy strukturalne. Jakkolwiek badania chemiczne nie pozwoliły stwierdzić specyficzności gatunkowej, czynności wej względnie indywidualnej białek, to jednak biologiczne metody badań dały pewne uzasadnienia tych przypuszczeń. Znany 2 metody biologiczne identyfikowania białek, t. zw. precipitacyjną oraz analityczną.

Reakcja precypitynowa.

---

Do krwi królika lub świnki morskiej wprowadzamy parokrotnie obce białko "antygen", w odstępach tygodniowych lub krótszych. Przy drugim wprowadzeniu tego samego białka wytwarzają się w surowicy zwierzęcia bliżej nieznane ciała, zwane niwecznikami, lub przeciwciałami. Jeżeli białko obce /antygen/ wprowadzimy w postaci zawiesiny, np. bakterje lub ciałka krwi, wówczas zawiesina może ulegć bądź straceniu przez przeciwciała, które w tym wypadku nazywamy aglutyninami, albo też rozpuszczeniu pod wpływem przeciwciał, zwanych wówczas lizynami /bakterjo lub hemolizyny/. Jeżeli wprowadzimy białko w postaci roztworu, wówczas w surowicy królika wytwarzają się przeciwciała zwane precypitynami, które stracają obce białko z roztworu. Zapoznajmy się z tą reakcją na konkretnym przykładzie. Przypuśćmy, że chcemy wytworzyć u królika precypitynę na białko zmięte w surowicy ludzkiej. W tym celu zastrzykujemy królikowi wielokrotnie w ciągu 4 - 5 tygodni w jednakowych odstępach czasu surowicę ludzką, poczem bierzemy pewną ilość krwi tego królika i otrzymujemy z niej surowicę. Jeżeli otrzymaną surowicę rozdzielimy na kilka części i umieścimy na dnie próbek, a następnie wprowadzimy do nich surowice innych zwierząt, jak człowieka, wołu, konia, gęsi, kury takim sposobem, żeby ciecze się nie zmieszaly, to na po-

graniczna uodpornionej surowicy królika i surowicy ludzkiej wytworzy się osad, t. zw. precypitat, będący produktem połączenia się surowicy człowieka z przeciwciałami /precypitynami/. W innych próbkach żadne zmiany na powierzchni zetknięcia surowic nie występują.

Zwierzę, w surowicy którego wytworzyły się przeciwciała, reagujące z danym białkiem, nazywamy uodpornionem na to białko. Jeżeli królik jest dobrze uodporniony, co jest w pewnej mierze związane z cechami indywidualnymi zwierzęcia wziętego do doswiadczeń, to możemy wykryć białko, na które został uodporniony w roztworze 1 : 100.000.000.

Uhtenhut i Nuttall opracowali metodę ilościową oznaczania precypitatu czyli strątu która polega na tem, że po zamieszaniu zawartości próbki mierzymy ilość strątu w ten sposób, że w skalibrowanej rurce kapilarnej odczytujemy objętość jaką on zajmuje po odwirowaniu cieczy.

Prócz tego istnieje metoda ilościowa polegająca na mierzeniu prędkości tworzenia się osadu, przyczem porównujemy z sobą nieznany roztwór antygenu, oraz roztwór o stężeniu znanem, dobierając drogą prób takie stężenie, które w zetknięciu z przeciwciałem ujawni precypitat po upływie takiego samego czasu, jak roztwór badany.

metody precypitynowa i aglutyninowa pozwoliły nie tylko stwierdzić specyficzną gatunkową białka, ale także specyficzną czynnościową, t.j. różność białek zależnie od tego, z których tkanek pochodzą, a nawet okazało się możliwe stwierdzić specyficzną białek pochodzących z tej samej tkanki różnych osobników tego samego gatunku.

Nuttalowi w jego badaniach chodziło o stwierdzenie pokrewieństwa różnych gatunków na podstawie reakcji precypitynowej ich krwi. Wykonał on przeszło 900 prób z surowicą osobników różnych gatunków. Wynikiem tych badań było stwierdzenie, że surowica królika uodporniona na krew ludzką daje reakcję pozytywną choć słabszą z krwią małp starego świata, zaś wynik jeszcze słabszy z krwią małp nowego świata. Podobnie surowica królika uodpornionego na krew kury dawała reakcję pozytywną choć również słabszą z krwią gołębia. Podobne wyniki dawała reakcja precypitynowa pomiędzy surowicą królika uodpornionego na krew zwierzęcia jakiegoś gatunku np. konia z krwią miewanica tego gatunku z innym, np. małpą, lub osłonką. Jeżeli więc za kryterjum pokrewieństwa przyjmujemy reakcję precypitynową, to musimy uznać pokrewieństwo pomiędzy człowiekiem a małpami starego świata oraz między kurą i gołębiem.

Reakcja precypitynowa pozwala identyfikować dosyć subtelnie białka, Np. na podstawie tej reakcji udało się wyodrębnić w białku jaja kurzego o różnych białek. Okazało się również, że żółtka jaj ptaków różnych gatunków nie różnią się pomiędzy sobą.

### Reakcja anafilaktyczna.

---

Zjawiska anafilaksji odkryli Richet i Portier.

Wprowadzali oni do naczyń krwionośnych psa aktywno-kongostynę, t.j. trujący wyciąg z ukwiaków w bardzo niewielkich ilościach. Przy powtórnym zastrzyknięciu tej substancji po 20 - 23 dniach w tej samej ilości co poprzednio występowały silne objawy zatrucia: temperatura spadała gwałtownie z  $36^{\circ}$  do  $34^{\circ}$ , następnie występowały drgawki, biegunka, tężec, a wreszcie śmierć przy rozkurczu zwieraczy. Na tych zjawiskach opiera się reakcja anafilaktyczna, do której używamy obecnie swinek morskich, i która w przeciwstawieniu do reakcji precypitynowej występuje po wprowadzeniu nieporównanie mniejszej ilości białka obcego i w większych odstępach czasu doznaczamy w tej reakcji 2 iniekcje: 1-ą t.zw. uczulającą czyli przygotowawczą i 2-gą - toksyczną, czyli próbną. Uczulenie może nastąpić po wstrzyknięciu pod skórę lub do otrzewnej drobnej ilości białka specyficznego, z tą jedynie różnicą, że stan anafilaktyczny wy.

stępuje tem później, im ilość białka wprowadzonego była większa: zwykle wystarczają przy pierwszej iniekcji minimalne ilości antygenu /1/100 ctm. surowicy obcej, mleka, białka kurzego i.t.p./, po których maximum uczulenia występuje po czasie od 12 do 24 dni. Przy iniekcji powtórnej antygen badany wprowadza się zwykle do naczyń żylnych lub do mózgu w ilości 10 lub 100 krotnie większej. Charakterystyczne zjawiska "choc'u" anafilaktycznego występują natychmiast. Oczywiście, że jeżeli zamiast przy drugiej iniekcji wprowadzić to samo białko wstrzyknięmy inne to żadne charakterystyczne objawy nie wystąpią.

Badania Wellisa wykazały, że reakcja anafilaktyczna występuje przy reiniekcji wszystkich białek w stanie chemicznie czystym z wyjątkiem protamin i histonów. Tą metodą udało się również wyróżnić do 7 białek specyficznych dla danego gatunku /niespotykanych u przedstawicieli innych gatunków/.

Badanie nad izoaglutyninami we krwi ludzkiej prowadzili Landsteiner, Dungen i Hirszfild. Udało się stwierdzić, że wśród aryjczyków istnieją 2 podrasy t.zw. podrasa A i podrasa B. Narody zamieszkałe na przestrzeni od Wielkiej Brytanji do Indji można uszeregować co do stosunkowej częstotliwości występowania czynników A i B w następujący sposób: na 100 osób

badanych czynnik A wykazało wśród anglików 46,4%, czynnik B 10,2%. wśród Niemców do podraszy A należało 48% do podraszy B 17%. wśród Greków podrasza A stanowiła 45,6%. B - 20,2%. u hindusów do podraszy A należało 27,5%, do podraszy B 49,7%. Pozatem pewien procent badanych nie wykazało żadnego z tych czynników lub obydwa jednocześnie.

Metody anafilaktyczna i precypitynowa pozwalają w sposób dość subtelny identyfikować białka. Jednakże omówionych powyżej faktów nie można jeszcze powiązać z wynikami badań nad budową białka. Pierwsze próby w tym kierunku zrobili Obermayer i Pick. Ostatnio Landsteiner starał się powiązać zjawiska precypitycji z budową chemiczną białek. Uodporniał od królika na białka możliwie czyste /wykryształizowane/, np. albuminę jaj, globulinę krwi i t.p., następnie zmieniał budowę chemiczną tych ciał przez wprowadzenie nowych grup. Przy wprowadzeniu grupy  $\text{NO}_2$ ,  $\text{J}$ ,  $\text{C}$ , lub  $-\text{N}=\text{N}-\text{X}$  białko traci swą specyficzną gatunkową, reagując z analogicznymi pod względem czynnościowym białkami innych gatunków zwierzęcych. Ponieważ wymienione grupy reagują wyłącznie z pochodnymi aromatycznymi w cząsteczce białka, Landsteiner wypowiedział przypuszczenie, że specyficzną gatunkową białek jest związana z występującymi w nich aminokwasami aro-

matycznymi. Landsteiner uodpornił surowicę jednego królika na naturalną surowicę konia, oraz surowicę drugiego królika na nitrowaną surowicę konia. Wynik reakcji naturalnej i nitrowanej surowicy różnych zwierząt z surowicą tych królików był następujący:

Wynik reakcji surowicy królika uodpornionego.

	A. na naturalną surowicę konia. z surowicą	B. na nitrowaną surowicę konia z surowicą	
	1- naturalną	2- nitrowaną	1- natur. 2- nitrow
Konia	-	-	+
Koźu	-	-	+
Człowieka	-	-	+
Królika	-	-	+
Wry	-	-	+

Widzimy więc, że surowica królika uodporniona na naturalną surowicę konia dała ujemny wynik reakcji z surowicami naturalnymi wszystkich innych zwierząt badanych. Również ujemny daje reakcja surowicy naturalnej z nitrowanymi surowicami wszystkich zwierząt, nawet konia. Surowica królika uodpornionego na nitrowaną surowicę konia daje z surowicą naturalną wszystkich zwierząt reakcję ujemną, zaś z surowicą nitrowaną wszystkich zwierząt - dodatnią. Ten ostatni wynik jest najcie-



kawszy, gdyż wykazuje, że gatunkowa specyficzność białka jest związana z bardzo subtejnemi szczegółami jego budowy, i że już wprowadzenie nieznacznych zmian w tej budowie zacierza specyficzność gatunkową.

Lanasteiner stwierdził ponadto, że swoistość gatunkowa może być zmieniona i przez inne reakcje, jak np. estrowanie, acetylowanie, metylowanie białek rodzinnych.

### F. Witaminy.

Do końca ubiegłego stulecia sądzono, że pokarm, w skład którego wchodzi cukry, tłuszcze, białka i sole w odpowiedniej ilości wystarczają do podtrzymania normalnego przebiegu zjawisk życiowych. Pewne obserwacje z dziedziny patologji, oraz eksperymenty z zakresu fizjologii zwierząt wykazały, że oprócz wymienionych związków pokarm zwierząt powinien koniecznie zawierać pewne ciała występujące w pokarmie normalnym w nieznacznych ilościach. Badacz angielski Hopkins w roku 1906 próbował przygotować pokarm z ciał chemicznie czystych, któryby wystarczał do zapewnienia normalnego wzrostu młodych szczurów. Okazało się, że pokarm składający się z chemicznie czystych wymienionych substancji, był niewystarczający, jednakże już dodanie kilku kropel mleka lub białka jaj kurzego wystarczało do zapewnienia normalnego wzrostu szczurów. Japonczyk Kumaga robił badania nad psami. Przekonał się on, że pies, któremu podawano tylko

wodę, utrzymywał się w ciągu 98 dni przy życiu, ujawniając wyjątkowo duże straty na wadze, wynoszące około 60% wagi pierwotnej pod warunkiem, że co parę dni dostawał po małym kawałeczku mięsa. Hipotetyczne ciała występujące w mleku, mięsie i białku jaja kurzego, a stanowiące niezbędny składnik pokarmu zwierząt, nazwane Funk witaminami. Badania nad witaminami zaczęły się bardzo intensywnie rozwijać od roku 1908. Obecnie znane są 3 witaminy

1/witamin A, rozpuszczalny w tłuszczach,

2/witamin B, rozpuszczalny w wodzie.,

3/witamin C, rozpuszczalny w alkoholu.

Ostatnio wykryto jeszcze w Ameryce witaminy D i E jednakże badania te nie są w chwili obecnej zakończone

#### I. Witamin A.

---

Nad znaczeniem witaminu A pracowali Stepp, Osborn Mendel, Mc Collum i Davis. Badacze ci zaobserwowali, że jeśli pokarm wystarczający do zapewnienia normalnego wzrostu wyjął się z substancji rozpuszczalnych w rozpuszczalnikach organicznych i podawać młodym szczurom, wówczas szybkość wzrostu zmniejszy się, pomimo to, że tłuszcz wyciągnięty przy tem z pokarmów został zastąpiony przez chemicznie czyste tłuszcze. Przy dłuższem stosowaniu takiego pokarmu wzrost zupełnie ustaje i zwierzę ginie. Próbowano również podawać pokarm złożony z soli. sernika, mączki, laktozy i glu

kozy. Do tych substancji w jednych wypadkach dodawano tłuszczów, w innych zaś nie. Sole brano w następującym stosunku: NaCl - 9,61 gr. •  $K_2HPO_4$  - 17,0 gr.  $CaHPO_4$  1,63 gr. mleczanu wapnia 11,38 gr. cytrynianu magnezu - 23,42 gr., cytrynianu żelaza 1,0 gr. Badano zwierzęta ważące 80 gr. w ciągu 24 dni, w którym to czasie przy normalnym wzroście powinno osiągnąć ciężar 260 gr. Skład pokarmu zmieniano 3-krotnie. Był on w trzech kolejnych okresach następujący: /sporządzano go, odważając podane ilości w gramach i dawano ad libitum/

Rodzaj substancji	Okres I	Okres II	Okres III
Sole	5 gr.	5 gr.	5 gr.
Sernik	12 gr.	12 gr.	12 gr.
Mączka	42 gr.	0 gr.	0 gr.
Laktoza	16 gr.	10 gr.	10 gr.
Glukoza	0 gr.	61 gr.	0 gr.
Tłuszcze: słonina	20 gr.	0 gr.	0 gr.
masło	0 gr.	0 gr.	10 gr.

Pokarm podawany w pierwszym okresie trwającym 6 dni okazał się niewystarczającym. Sądząc, że czynnikiem szkodliwym jest obecność słoniny, w okresie następnym usunięto ją z pokarmu. Pokarm pozbawiony tłuszczu i o zmienionym składzie węglowodanów podawano w ciągu następnych 8 dni. W tym drugim okresie wzrost został jeszcze silniej zahamowany, dopiero w 3-im okresie gdy

zamiast skłoniny dodano masła, /poza to jako jedyny węglowodan pozostawiono laktozę, /rozpoczął się gwałtowny wzrost szczura, tak, że po 10 dniach, t.j. w 24 dniu eksperymentu zwierzę osiągnęło normalną wielkość.

Z badań tych wysnuto wniosek, że masło zawiera witamin, którego brak w skłoninie. Witamin ten jest to witamin A. Brak jego w pokarmie nie tylko hamuje wzrost, ale wywołuje również szereg innych procesów patologicznych, jako to: zapalenie stawów, zapalenie spojówki /w oku/ i kseroftalmię /ślepotę wskutek procesów zapalnych/

Witamin A występuje w większych ilościach oprócz masła w mleku, w żółtku jaj kurzych, w tłuszczu wołowym i w szpinaku, zwykle obok barwników żółtych /karotyna/ rozpuszczalnych w tłuszczach. Jego własności chemiczne są dotąd niezbadane. Wiemy, że ulega destrukcji w temperaturze wyższej, jednakże w temperaturze 100° traci swe własności dopiero po upływie 6-u godzin. W obecności tlenu ulega rozkładowi znacznie szybciej od innych witaminów.

## 2. Witamin B.

---

Wyniki badań nad witaminem B są pełniejsze i ciekawsze niż nad witaminem A. Stwierdzono, że ludzie odżywiający się wyłącznie ryżem pozbawionym otoczek zapadają na chorobę zwaną beri-beri, czyli śpiącz-

kę. Choroba ta występuje nagminnie zwłaszcza w Japonii i na Filipinach. Objawem jej są: strata na wadze, zaburzenia w ośrodkach nerwowych, senność, oraz kontraktury, czyli trwałe skurcze pewnych mięśni. Nasunęło się przypuszczenie, że powodem tej choroby jest odżywianie się ryżem pozbawionym witaminów. Badania kliniczne wykazały, że procesy chorobowe ustają po upływie krótkiego czasu, jeżeli do pokarmu dodać łusek ryżowych, lub ich wyciągu alkoholowego. Ejckman wywoływał u gołębi i kur, które żywił wyłącznie ryżem pozbawionym otoczek objawy podobne do objawów beri-beri. Ptaki traciły na wadze, nerwy obwodowe ulegały degeneracji, a przed samą śmiercią następowała kontraktura mięśni skrzydeł, nóg oraz szyi, która przeginała się w charakterystyczny sposób ku przodowi lub ku tyłowi. Wszystkie te zjawiska noszą nazwę Polineuritis gallinarum. Widzimy, że są one prawie identyczne z objawami beri-beri. Przy dalszych badaniach udało się wyodrębnić frakcję pokarmu zapobiegającą beri-beri i zawierającą witamin B. Okazało się, że w największych ilościach występuje witamin B w drożdżach, następnie w otrębach. Wartość witaminową różnych substancji badano w ten sposób, że sprawdzano, jaką minimalną ilość danej substancji trzeba dodać do pokarmu pozbawionego witaminami B, aby uniknąć zmniejszenia się wagi, oraz aby usunąć charakterystyczne objawy poli-

neurytu w ciągu 24 godzin. Stosunkową wartość witaminową różnych substancji dla obu wypadków przedstawia następujące zestawienie /Coopera/:

Rodzaj substancji	Minimum konieczne do uniknięcia straty na wadze	Minimum konieczne do usunięcia objawów chorob.
Mięso wołowe	20 gr.	23 gr.
Żółtko jaja kurzego	10 gr.	3 gr.
Drożdże	2,5 gr.	2.3 gr.
Soczewica	10 gr.	15 gr.
Zyło nieśrótowne	,5 gr.	gr.

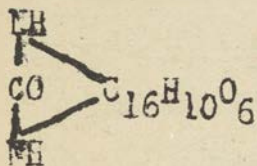
Widzimy, że nagół ilości potrzebne do usunięcia objawów chorobowych są mniejsze niż niezbędne do usunięcia straty na wadze.

Witamin B występuje również w wielu roślinach, np. w szpinaku, kapuście i t.p.

Pod wpływem wyższych temperatur witamin B traci stopniowo swe charakterystyczne własności. Ogrzewanie do 100° w przeciągu 3 godzin powoduje stratę intensywności działania wynoszącą 20% pierwotnej intensywności, zaś do 118° w ciągu 2 godzin wywołuje stratę wynoszącą 90%.

Badania nad budową chemiczną witaminu B nie doprowadziły do wyników definitywnych wyświełających charakter tych związków. Funk opracował metodą pozwalającą

otrzymać z wyciągu z drożdży frakcję działającą najintensywniej ze wszystkich znanych ciał przeciwko beri-beri. Przygotował on wyciąg alkoholowy z drożdży, który następnie odparowywał w łaźni wodnej. Pozostałość zadawał kwasem fosforo-wolframowym, przyczem strącał się osad bardzo aktywny, podczas gdy przesącz był całkowicie obojętny. Otrzymany osad udało się rozdzielić na 3 frakcje: 1 - cholinę, która jako związek trujący nie może być witaminem, 2 - chlerek potasu, oraz 3 - część, której pod względem chemicznym nie udało się określić, zawierającą witamin B. Próby wykrywania witaminu B doprowadziły Funka do przekonania, że jest to związek podobny do pochodnych pirymidyny /uracylu, tyminy i t.d./. Podał on następujący częściowy wzór hipotetyczny witaminu B:



Ponieważ pochodne pirymidyny tworzą składnik substancji jąder komórkowych, więc Funk

wypowiedział pogląd, że witamin B jest niezbędny dla przemian jądrowych.

### 3. Witamin C.

---

Został on odkryty przez Smitha w roku 1895. Badacz ten zauważył, że u morskiej świnki karmionej tylko owsem występują objawy podobne do szkorbutu, jak

puchnięcie dziąsł, bóle stawów, strata na wadze i t d  
Objawy te jak się okazało powodował brak pewnej sub-  
stancji, którą nazwano witaminem C. Witamin ten jest  
bardzo termolabilny. W temperaturze 100° w ciągu 1 go-  
dziny traci 50% swej aktywności. Rozpuszcza się w wodzie  
alkoholu metylowym i etylowym, jest nierozpuszczalny  
w acetonie, benzolu i naftale. Ulega łatwo utlenieniu.  
Występuje w cytrynach pomarańczach i pomidorach. Zwie-  
rzęta prawdopodobnie nie są w stanie go syntezować.  
Brak tego witaminu w pokarmach powoduje zahamowanie  
wydzielania adrenaliny i w związku z tem nadmierny  
wzrost nadnerczy. Wzmiankowane objawy chorobowe znikają  
szybko, jeżeli dodać do pokarmu soku cytrynowego, poma-  
ranczowego, lub pomidorowego.

Koniec części pierwszej.



Spis rzeczy w I-iej części skryptów.

---

Wstęp	str. 1
Część I. Własności fizyczne i chemiczne	
materji żywej	" 5
A. Stan skupienia materji żywej	" 5
B. Skład chemiczny materji żywej	" 6
1. Woda	" 7
2. Związki mineralne	" 9
C. O stężeniu cząstkowem płynów orga- nicznych	" 19
D. Odczyn materji żywej	" 27
E. Związki organiczne	" 34
1. Węglowodany	" 37
2. Tłuszcze	" 50
3. Białka	" 55
a/Proteiny	" 67
b/Proteidy	" 72
Specyficzność białek	" 77
1. Reakcja precypitynowa	" 81
2. Reakcja anafilaktyczna	" 84
F. Witaminy	" 88
1. Witamin A	" 89
2. Witamin B	" 91
3. Witamin C	" 94

