

Kazimierz Białaszewicz.

# O wyzyskaniu energetycznym białka u pijawek w stanie głodu.

Badania nad przemianą materii i energii u pijawek. Część II.

ODBITKA ZE SPRAWOZDAŃ Z POSIEDZEŃ TOWARZYSTWA NAUKOWEGO WARSZAWSKIEGO,  
WYDZIAŁ NAUK MATEMATYCZNYCH I PRZYRODNICZYCH,  
POSIEDZENIE Z DNIA 4 MARCA 1915 ROKU, ROK VIII, ZESZYT 3.

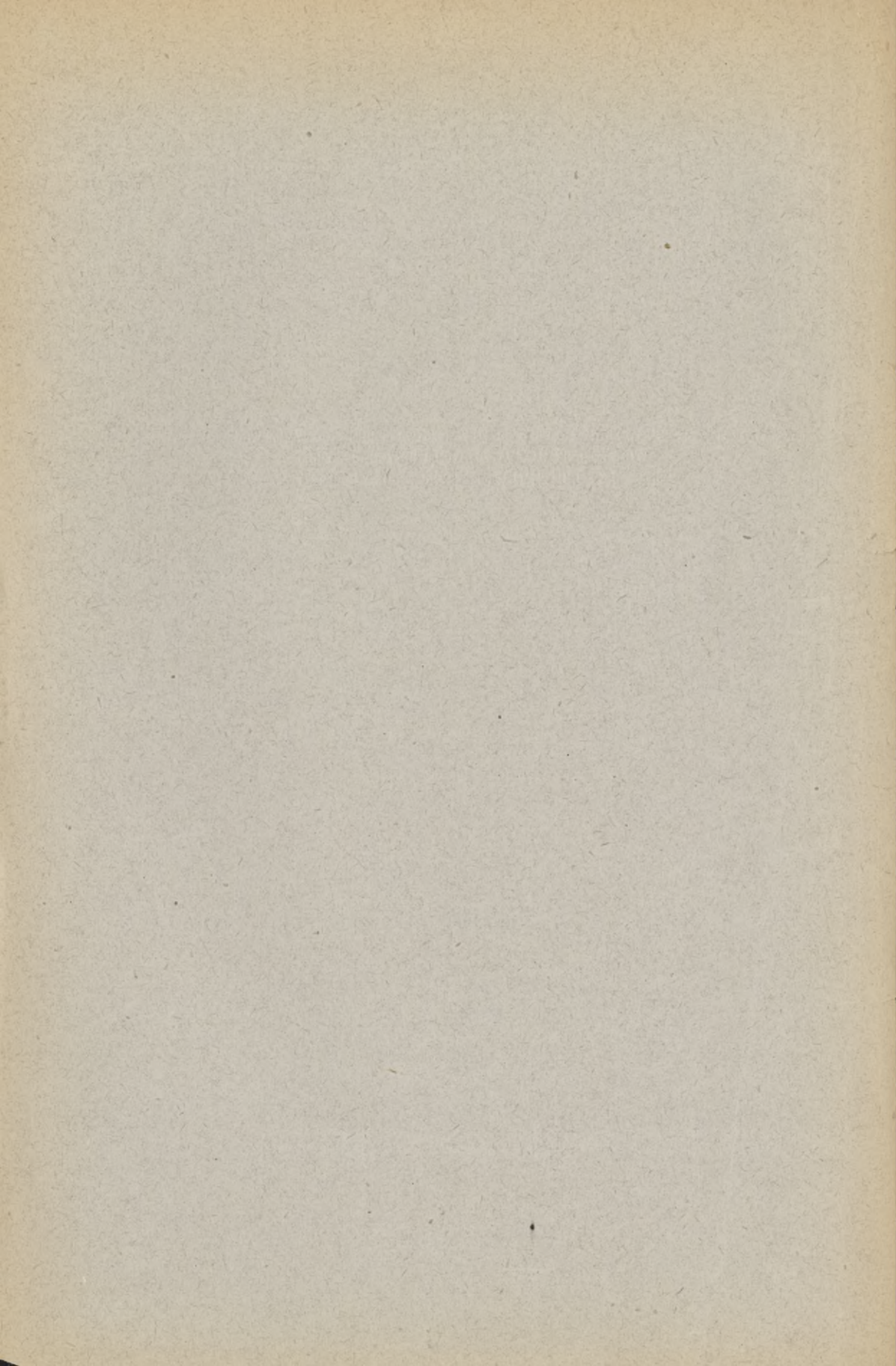
Ueber den Nutzeffekt der beim hungernden Blutegel zerfallenden stickstoffhaltigen Körpersubstanz.

Separat-Abdruck aus den Sitzungsberichten der Warschauer Gesellschaft der Wissenschaften. 1915. Lieferung 3.



WARSZAWA.  
DRUKARNIA I LITOGRAFIA JANA COTTY, KAPUCYŃSKA 7.

1915.



Kazimierz Białaszewicz.

# O wyzyskaniu energetycznym białka u pijawek w stanie głodu.

Badania nad przemianą materii i energii u pijawek. Część II.

ODBITKA ZE SPRAWOZDAŃ Z POSIEDZEŃ TOWARZYSTWA NAUKOWEGO WARSZAWSKIEGO,  
WYDZIAŁ NAUK MATEMATYCZNYCH I PRZYRODNICZYCH,  
POSIEDZENIE Z DNIA 4 MARCA 1915 ROKU, ROK VIII, ZESZYT 3.

Ueber den Nutzeffekt der beim hungernden Blutegel zerfallenden stickstoffhaltigen Körpersubstanz.

Separat-Abdruck aus den Sitzungsberichten der Warschauer Gesellschaft der Wissenschaften. 1915. Lieferung 3.



WARSZAWA.

DRUKARNIA I LITOGRAFIA JANA COTTY, KAPUCYŃSKA 7.

1915.

Дозволено Военной Цензурой.  
Варшава, Марта 13 дня 1915 года.

Kazimierz Białaszewicz:

**O wyzyskaniu energetycznym białka u pijawek w stanie głodu.**

**Badania nad przemianą materii i energii u pijawek. Część II.**

(Z Pracowni Fیزیologicznej Towarzystwa Naukowego Warszawskiego).

Komunikat zgłoszony dnia 5 Stycznia 1915 r.

Przedstawił J. Sosnowski.

W poprzedniej pracy <sup>1)</sup> podałem wyniki badań nad produkcją ciepłą pijawek, której wielkość ustaliłem drogą zarówno

---

<sup>1)</sup> Badania nad produkcją ciepłą pijawek w stanie głodu. Sprawozdania Towarzystwa Naukowego Warszawskiego. 1914.

pośrednich jak i bezpośrednich pomiarów kalorymetrycznych. Osiągnięte tą drogą rezultaty stanowiły wstępną, sumaryczną charakterystykę zmian energetycznych, zachodzących w ściśle określonych zewnętrznych i wewnętrznych warunkach życia tych zwierząt.

Jako pierwszy, najważniejszy krok w kierunku bliższej analizy procesów cieplnych uważałem określenie fizyologicznej wartości palnej tych substancyj, które ulegają rozpadowi w obrębie organizmu. Ponieważ zaś substancje białkowe, jak stwierdziły badania nad energetyką zwierząt ciepłokrwistych, wykazują wybitną różnicę między fizycznym a fizyologicznym ciepłem spalania, przeto zbadanie białka pod względem wydajności energetycznej uważałem za najbliższe zadanie moich poszukiwań. Przeprowadzenie w tym kierunku doświadczeń poczytywałem prócz tego za wskazane ze względu na zupełny brak odnośnych badań w zakresie fizjologii porównawczej zwierząt zmiennocieplnych, wśród których pijawki stanowią niezmiernie cenny i podatny materiał do badań, dzięki wybitnie azotowemu charakterowi przemiany materji.

Fizyologiczne ciepło spalania białka, wzgl. współczynnik kaloryczny azotu oznaczałem pośrednio—z różnicy między energią potencjalną białka a ciepłem spalania wydaliny.

Ciepło spalania substancyj badanych określałem w platynowanej bombie kalorymetrycznej Berthelot'a, która stanowi własność pracowni fizyologicznej T. N. W. Objętość bomby wynosiła około 80 cm.<sup>3</sup>. Wartość wodna bomby wraz z aparaturą kalorymetru odpowiadała 210.0 kal. g., ilość wody w naczyniu wewnętrznym wynosiła stale 1 kg. Temperaturę wody w czasie spalania odczytywałem co pół minuty. Poprawka na zmianę temperatury w stosunku do otoczenia była obliczana według wzoru Regnault-Pfaundler'a z pominięciem ze względów, podanych w pracy Jäger'a i Steinwehr'a<sup>1)</sup>, wyrazu, wprowadzonego do rzeczzonego wzoru przez Stohmann'a<sup>2)</sup>.

Jednocześnie z ciepłem spalania określałem w substancji

---

<sup>1)</sup> Jäger, W. u. von Steinwehr. Beitrag zur kalorimetrischen Messung von Verbrennungswärmen.—Zeitschr. f. physik. Chemie. Tom 53. 1905.

<sup>2)</sup> Stohmann F., Kleber Cl. u. Langbein H. Ueber die Methode von Verbrennung organischer Substanzen in Sauerstoff bei hohem Drucke. Journ. f. prakt. Chemie. Tom 39. 1889.

badanej zawartość węgla, chwytając w rurkach z wapnem sodowanym dwutlenek węgla, powstały po spaleniu substancji. Azot oznaczałem metodą Kjeldahl'a.

Badane pijawki (*Hirudo medicinalis* L.) znajdowały się w stanie daleko posuniętego głodu, przynajmniej w szóstym miesiącu po ostatnim pobraniu pokarmu. Obecności krwi w przewodzie pokarmowym nie wykryłem. Przeciętna waga jednej pijawki wynosiła około jednego grama. Temperatura otoczenia wahała się w obrębie 18—25°C.

### I. Azotowe składniki organiczne ciała.

W celu możliwie dokładnego oddzielenia białka od związków wyciągowych, w wodzie rozpuszczalnych, i od tłuszczów wywoływałem ścinanie się białka mocnym (95°) ogrzanym do wrzenia alkoholem etylowym, w którym pijawki po upływie kilkunastu minut traciły wodę, twardniejąc do tego stopnia, że można je było dokładnie zetrzeć. Substancję sproszkowaną traktowałem w dalszym ciągu przez kilka godzin alkoholem wrzącym, zmieniając go kilkakrotnie, poczem wyciągałem ją w ciągu 2—3 dni eterem w aparacie Soxhlet'a. Po przeprowadzeniu substancji z eteru przez alkohol absolutny do wody ekstrahowałem ją w t. około 60°, zmieniając często wodę aż do zupełnego jej odbarwienia. Wyszuszone w próżni w t. 50° do stałej wagi substancja stanowiła pierwszą, nierozpuszczalną w wodzie, odtłuszczoną frakcję.

Połączone wyciągi alkoholowe, eterowe i wodne odparowywałem do suchości. Pozostałość sucha po usunięciu tłuszczów eterem, stanowiła frakcję drugą, zawierającą całkowity, odtłuszczony wyciąg, rozpuszczający się całkowicie w wodzie. W ostatnim wyciągu eterowym po odparowaniu eteru oznaczałem trzecią frakcję — tłuszcz.

Wyniki oddzieleni, w powyższy sposób wykonanych są zestawione na tabl. I, w której podane są ponadto oznaczenia popiołu i azotu w pierwszych dwóch frakcjach.

Do analizy wzięto 20 pijawek, ważących ogółem 20.21 g., w tem znaleziono 3.002 g. substancji suchej, w której po uwzględnieniu zawartości tłuszczów i popiołu znajdowało się 2.6235 g.

TABLICA I.

F r a k c y e.	Ogólna ilość substancji suchej.	Popiół.	Ogólna ilość substancji ograniczonej.	Zawartość N w substan- cyi orga- nicznej.
	g.	‰	g.	‰
I. Część nierozpuszcz. w wodzie . . . . .	1.5536	1.81	1.5255	14.72
II. Wyciąg wodny . . .	1.1744	6.51	1.0980	15.32
III. Wyciąg eterowy = tłuszcz . . . . .	0.2739	—	—	—

substancji organicznej dwu pierwszych frakcyj. Jeżeli uwzględnimy stosunek wagowy, w jakim względem siebie występują te dwie frakcje, to otrzymamy na 100 g. odtłuszczonych składników ciała 42.9 g. wyciągu wodnego i tylko 57.1 g. substancji nierozpuszczalnych w wodzie o charakterze białkowym. Nie jest rzeczą wykluczoną, że w danym przypadku przeszła do roztworu wodnego znaczna ilość białka w postaci rozpuszczalnej w wodzie.

Część nierozpuszczalną w wodzie i wyciąg wodny analizowałem oddzielnie.

### 1. Część nierozpuszczalna w wodzie.

W celu stwierdzenia, o ile część nierozpuszczalną w wodzie można uważać za frakcję czysto białkową, należało przede wszystkim przekonać się, czy i w jakich ilościach zawiera ona domieszkę związków bezazotowych, głównie — węglowodanów. Zwłaszcza obecność glikogenu wydawała się wysoce prawdopodobną wobec badań Parnasa i Wagner'a <sup>1)</sup>, którzy stwierdzili, że nawet po bardzo długo trwającym ługowaniu wodą mięśni żaby zaledwie część nieznaczna glikogenu przechodzi do roztworu.

<sup>1)</sup> Parnas J. u. Wagner R. Ueber den Kohlenhydratumsatz isolierter Amphibienmuskeln und über die Beziehungen zwischen Kohlenhydratschwund und Milchsäurebildung im Muskel. Bioch. Zeitschr. T. 61. 1914.



Oznaczenia moje, wykonane metodą E. Pflüger'a<sup>1)</sup>, wykazały obecność glikogenu w ilości 1.24% substancji organicznej. Pozostałe 98.76%, wobec niewykrycia w pijawkach chityny, możemy zatem uważać za mieszaninę głównie ciał białkowych.

Ze względu na trudności, następujące się przy usuwaniu z substancji nieznacznych ilości glikogenu, poddałem analizie sumarycznej całą pierwszą frakcję, wprowadzając następnie rachunkowo odpowiednią poprawkę na zawartość glikogenu.

TABLICA II.  
Substancja organiczna frakcji w wodzie nierozpuszczalnej.

Nr. oznaczenia.	Ilość substancji spalanej. g.	Ciepło spalania 1 g. substancji. kal. kg.	Zawartość węgla. %	Zawartość azotu. %
1.	0.2818	5.683	52.13	14.72
2.	0.2860	5.618	51.43	
3.	0.2798	5.716	52.25	
Przeciętnie:		5.672 kal. kg.	51.94%	14.72%

Wyniki analizy są podane na tabl. II, z której wypływa, że 1 g. substancji organicznej posiada ciepło spalania równe 5.672 kal. kg. i zawiera 51.94% węgla i 14.72% azotu. Wprowadzając wspomnianą poprawkę na glikogen, t. j. odliczając przypadające na glikogen (1.24%) ciepło spalania (4.190 kal. kg.) i węgiel (44.4%) otrzymamy dla czystego białka wartości następujące:

1 g. białka = 5.691 kal. kg. i zawiera 52.04% C i 14.91% N., czyli

na 1 g. N przypada 38.18 kal. kg.

## 2. Wyciąg wodny.

Wobec dużej ilości wyciągu wodnego należało przypuszczać, że w skład jego wchodzi przeważnie związki o charakterze białkowym, przechodzące z łatwością do roztworu wodnego. W celu przekonania się, o ile to przypuszczenie jest

<sup>1)</sup> Por. Abderhalden'a: Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden. Tom 2-gi, 1910 r.

słuszne, określiłem w wyciągu wodnym następujące frakcje azotowe: azot białka (metodą Morawitz'a i Dietschy'ego <sup>1)</sup>), azot albumoz (metodą Bömer'a <sup>2)</sup>) i azot peptonów wraz z zasadami mięsnymi, które jednocześnie strącałem fosforanem wolframowo-sodowym po oddzieleniu pierwszych dwu frakcyj. Stwierdziłem następujące rozmieszczenie azotu:

N białka . . . . .	15.4%
N albumoz . . . . .	42.3%
N peptonów i zasad mięsnych . . . . .	17.2%
N pozostały . . . . .	25.1%

Azot białka i albumoz wynosi zatem 57.7% azotu ogólnego w wyciągu wodnym.

Wyciąg wodny wymagał również bliższego zbadania na obecność związków bezazotowych, z pośród których do roztworu wodnego mogły przejść w pierwszym rzędzie cukry i glikogen. Zastosowana w celu wykrycia tych węglowodanów metoda Parnasa i Wagner'a <sup>3)</sup>, polegająca na określeniu sumy węglowodanów pod postacią glukozy, wykazała zaledwie nie dające się ilościowo oznaczyć ślady substancyj, redukujących płyn Fehling'a.

TABLICA III.  
Substancja organiczna wyciągu wodnego.

Nr. oznaczenia.	Ilość substancji spalonej. g.	Ciepło spalania 1 g. substancji. kal. kg.	Zawartość węgla. %	Zawartość azotu. %
1.	0.2336	5.060	47.60	15.32
2.	0.2117	5.033	47.61	
3.	0.1058	5.119	48.01	
Przeciętnie:		5.071 kal. kg.	47.74%	15.32%

Podane na tabl. III wyniki oznaczeń ciepła spalania sub-

<sup>1)</sup> Morawitz u. Dietschy. Ueber Albuminurie, nebst Bemerkungen über das Vorkommen der Albumosen im Blute. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmacol. T. 54. 1906.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. anal. Chemie. Bd. 34. 1895.

<sup>3)</sup> Parnas u. Wagner, l. c.

stancyi, węgla i azotu w wyciągu wodnym dały następujące przeciętne: 1 g. substancji o zawartości węgla 47.74% i azotu — 15.32% posiada ciepło spalania równe 5.071 kal. kg., czyli na 1 g. N przypada 33.10 kal. kg.

### 3. Wartości przeciętne azotowych substancji organicznych ciała pijawek.

Obecność dużej ilości wyciągu azotowego w ciele pijawek każe przypuszczać, że substancje wyciągowe w produkcji cieplnej wybitny biorą udział. W tym kierunku wyraźnie przemawiają badania Frentzla i Toriyamy<sup>1)</sup>, którzy stwierdzili, że psy karmione wyciągiem mięsnym zużytkowują około  $\frac{2}{3}$  energii, zawartej w wyciągu.

Ponieważ chodziło mi głównie o określenie zmian energetycznych, związanych z przemianą składników azotowych ciała, więc na razie pozostawiam na stronie kwestję wyzyskania poszczególnych frakcji azotowych. Z tego powodu za wielkość porównawczą, będącą punktem wyjścia przemiany azotowej, przyjąłem sumę organicznych związków azotowych bez względu na ich charakter chemiczny. Ciepło spalania tych związków, jak również zawartość węgla i azotu, zostały obliczone na podstawie powyżej omawianych analiz (tabl. II i III) z uwzględnieniem stosunku wagowego, w jakim białka i substancje wyciągowe występują w ciele pijawek (tabl. I); mianowicie — na 1.5066 g. substancji organicznej białka przypadało 1.0980 g. substancji organicznej wyciągu wodnego.

Obliczenie przeciętnych wartości dla mieszaniny tych dwu frakcji daje następujące liczby: ciepło spalania 1 g = 5.430 kal. kg., C = 50.23% i N = 15.07%, czyli

na 1 g. N przypada 36.00 kal. kg. i 3.331 g. C.

## II. Wydaliny.

Przechodząc do analizy produktów przemiany azotowej i do oznaczenia zawartej w nich energii niewyzyskanej, należy prze-

---

<sup>1)</sup> Frentzel J. u Toriyama N. Verbrennungswärme und physiologischer Nutzwert der Nährstoffe. II Abhandlung: Der Nutzwert des Fleischextractes. Archiv f. Physiologie. 1901.

dewszystkiem zaznaczyć, że u pijawek ze względów wyłącznie technicznych niepodobna oddzielić kału od wydaliny nefrydialnych. W tym jednak przypadku, o ile chodzi o fizyologię głodu, minimalną ilość kału, która jest wyłącznie produktem czynności wydzielniczych przewodu pokarmowego, można pominąć i za sumę wydaliny nefrydialnych — uważać ogół związków, rozpuszczalnych w wodzie, w której zwierzęta żyją.

Kierując się spostrzeżeniami Pütter'a<sup>1)</sup> nad składem chemicznym produktów przemiany azotowej u pijawek, wyróżniam trzy frakcje azotowe wydaliny, które badałem oddzielnie. Pierwszą frakcją, nierozpuszczalną w wodzie, stanowi substancja śluzowata, którą na sączku można oddzielić od dwu pozostałych frakcji w wodzie rozpuszczalnych. Drugą frakcją jest azot nieorganiczny, wydzielany przez pijawki pod postacią amoniaku. Wreszcie frakcją trzecią stanowi zawierająca azot substancja organiczna wydaliny, rozpuszczalnych w wodzie.

Badane przeze mnie wydaliny pochodziły od pijawek, w których zostały określone omawiane powyżej wartości energetyczne azotowych substancji ciała. Wydaliny te wraz z wodą, w której pijawki żyły, były zbierane w ciągu miesiąca i przechowywane z dodatkiem chloroformu w nadmiarze dla uniknięcia procesów gnilnych. Azot całkowity i azot śluzu oznaczałem metodą Kjeldahl'a, amoniak zaś zmodyfikowaną przez Steyrer'a<sup>2)</sup> metodą Nenckiego i Zaleskiego; ilość azotu organicznego, rozpuszczalnego w wodzie, obliczałem z różnicy.

W ogólnej ilości 5-ciu litrów wydaliny znalazłem następującą ilość poszczególnych frakcji azotowych (tabl. IV).

W zestawieniu liczb procentowych uderza zwłaszcza bardzo duża ilość azotu amoniakalnego. Fakt ten, świadczący o daleko posuniętej dezamidacji białka, jest potwierdzeniem licznych w tym kierunku analiz Pütter'a<sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Pütter A. Der Stoffwechsel des Blutegel (Hirudo medicinalis L.) Teil I u. II. Zeitschr. f. allg. Physiol. Tom 6 i 7. 1907.

<sup>2)</sup> Steyrer A. Ueber osmotische Analyse des Harnes. Hofmeister's Beiträge. Tom 2. 1910.

TABLICA IV.

Frakcje azotowe wydaliny.	W 5-iu litrach. g.	W procentach azotu całkowitego. %
N substancji śluzowatej . . . . .	0.100	9.13
N substancji organicznej, rozpuszczalnej w wodzie . . . . .	0.185	16.90
N amoniakalny . . . . .	0.810	73.97

1. Substancja śluzowata.

Substancja śluzowata stanowi swoisty rodzaj wydaliny azotowych ze względu na dużą ilość energii, jaką zwierzęta wraz ze śluzem tracą. Jest ona wytworem czynności komórek nabłonkowych pokrycia ciała i bywa zrzucana przez pijawki okresowo w postaci bezkształtnych przezroczystych strzępów. Ze względu na pochodzenie można ją porównać z łuszczącym się naskórkiem kręgowców, którego wartość energetyczna w ogólnym bilansie jest jednak, jak wiadomo, niezmiernie mała.

W substancji śluzowatej, wysuszonej do stałej wagi, znalazłem 3.22% popiołu i 10.39% azotu. Wyniki spaleń kalometrycznych i oznaczeń węgla i azotu po uwzględnieniu popiołu są podane na tabl. V, z której wyprowadzamy następujące przeciętne: ciepło spalania 1 g. substancji organicznej wynosi 5.678

TABLICA V.

Substancja organiczna śluzu.

Nr. oznaczenia.	Ilość substancji spalanej. g.	Ciepło spalania 1 g. substancji. kal. kg.	Zawartość węgla. %	Zawartość azotu. %
1.	0.2472	5.709	52.78	10.74
2.	0.3217	5.711	52.57	
3.	0.2710	5.613	52.15	
Przeciętnie:		5.678 kal. kg.	52.50%	10.74%

kal. kg., zawartość węgla 52·50%, azotu — 10·74%. Zarówno ciepło spalania jak i procent węgla są dosyć wysokie; w porównaniu z chityną, z którą autorowie (Sukatschoff<sup>1)</sup> i Richard<sup>2)</sup>) utożsamiają substancję śluzową pijawek, znajdujemy tutaj znacznie większą zawartość węgla i azotu.

Odnosząc, jak w poprzednich wyliczeniach, ciepło spalania i węgiel do jednostki azotu, otrzymamy, że

1 g. N odpowiada 52·86 kal. kg. i 4·88 C.

Liczby te są bardzo wysokie i świadczą o tem, że pijawki tracą wraz ze śluzem stosunkowo znaczną ilość energii zupełnie niewyzyskanej.

## 2. Wydaliny rozpuszczalne w wodzie.

Wobec wykrycia stosunkowo dużej ilości amoniaku w wydalinach nasuwała się przedewszystkiem możliwość, że część jego jest produktem procesów rozpadowych, odbywających się poza organizmem. Dodawanie do wydaliny chloroformu w nadmiarze usuwało możliwość występowania procesów gnilnych, nie mogło natomiast zapobiedz enzymatycznemu rozpadowi azotowych związków organicznych, prowadzącemu do uwolnienia grupy amoniakalnej. Gdyby podobny proces istotnie zachodził, to ilość azotu amoniakalnego wydaliny powinna by zwiększać się z biegiem czasu. W tym celu, w szeregu doświadczeń, które poprzedzały zbieranie w dużej ilości wydaliny do spaleń kalorymetrycznych, oznaczałem co pewien czas w wydalinach zebranych jednorazowo z dużej ilości osobników (z 300 pijawek), zarówno amoniak, jak i azot całkowity. Z trzech seryj doświadczeń, podanych na tabl. VI wynika, że naogół biorąc ilość azotu amoniakalnego z biegiem czasu nie zwiększa się, o ile pominiemy nieznaczne, w dwu kierunkach występujące, wahania: jest to dowodem, że amoniak wydaliny nie pochodzi z rozpadu poza organizmem związków organicznych i że jako taki jest wydalany przez pijawki.

---

<sup>1)</sup> Sukatschoff, B. Ueber den feineren Bau einiger Cuticulae und der Spongienfasern. Zeitschr. f. wiss. Zool. Tom 66. 1899.

<sup>2)</sup> Reichard, A. Ueber Cuticular-und Gerüstsubstanzen bei wirbellosen Tieren. Heidelberg. 1903.

Niezmiennosc ilości azotu całkowitego świadczy prócz tego o tem, że wydaliny nie ujawniają z biegiem czasu żadnych strat w azocie, które mogłyby wynikać wskutek ulatniania się amoniaku z wydaliny, przechowywanych przez dłuższy czas.

TABLICA VI.

Nr. kolej- ny do- świadcze- nia.	Czas od chwili zebra- nia wydaliny.	N amoniakalny w 100 cm. <sup>3</sup> wydaliny.	N całkowity w 100 cm. <sup>3</sup> wydaliny.
	h.	mg.	mg.
I.	0	9.7	10.8
	24	9.6	—
II.	0	11.2	13.8
	48	11.8	—
	96	11.8	13.9
III.	0	10.8	13.1
	24	11.5	—
	72	11.4	13.0

Po usunięciu powyższych wątpliwości nasuwała się inna, wpływająca ze sposobu otrzymywania frakcji wydaliny organicznych, rozpuszczalnych w wodzie, w postaci, zdolnej do spalań kalorymetrycznych. Mianowicie, z powodu małej ilości tych wydaliny, rozpuszczonych w dużej objętości wody, odparowywanie do suchości w t. 100° C musiało trwać dosyć długo: istniała zatem obawa, że część tych związków azotowych rozłoży się w czasie odparowywania, uniemożliwiając oznaczenie istotnego ciepła spalania tej frakcji. Obawy jednak okazały się płonne.

W podjętych w tym celu doświadczeniach postępowałem w ten sposób, że w jednej próbce wydaliny świeżo zebranych oznaczałem ilość azotu organicznego z różnicy między azotem całkowitym a azotem amoniakalnym (po usunięciu śluzu), drugą zaś odparowywałem do suchości na parownicy i w reszcie suchej oznaczałem ilość azotu, pozostałego po odparowaniu. Z kil-

ku takich oznaczeń wynika zgodnie, że ilość azotu po wysuszeniu wydaliny jest równą ilości azotu organicznego wydaliny świeżo zebranych, co dowodzi, że ilość azotu organicznego w czasie odparowywania i suszenia nie ulega zmianie. Znika natomiast cały azot amoniakalny, co świadczy o tem, że znajduje się on w wydalinach albo jako amoniak wolny, lub — pod postacią związku nietrwałego, rozpadającego się w temperaturze wody.

Wynik powyższych doświadczeń usuwa zatem wszystkie wątpliwości metodyczne i usprawiedliwia otrzymywanie substancji suchej frakcji azotu organicznego przez odparowywanie wydaliny w t. 100° C.

TABLICA VII.

Substancja organiczna wydaliny w wodzie rozpuszczalnych.

Nr. oznaczenia.	Ilość substancji spalanej. g.	Ciepło spalania 1 g. substancji. kal. kg.	Zawartość węgla. %	Zawartość azotu. %
1.	0.1398	4.186	42.64	11.76
2.	0.1196	4.334	43.27	
3.	0.1240	4.120	43.11	
Przeciętnie:		4.213 kal. kg.	43.01%	11.76%

Z tabl. VII, w której są podane wyniki spaleń substancji organicznej wydaliny rozpuszczalnych w wodzie, wypływa, że ciepło spalania 1 g. wynosi przeciętnie 4.213 kal. kg., czyli jest znacznie większe od ciepła spalania mocznika i — innych typowych związków azotowych moczu zwierząt ssących, natomiast zawartość węgla (43.01%) i azotu (11.76%) jest znacznie mniejsza, Odnosząc ciepło spalania i węgiel do jednostki azotu, otrzymamy, że

1 g. N odpowiada 35.82 kal. kg. i 3.657 g. C.

Dla pozostałego azotu wydalinowego przyjąłem, że występuje on całkowicie pod postacią amoniaku wolnego, niezwiązanego. Przyjmując jako wartość energetyczną jednego grama amo-



niaku, rozpuszczonego w wodzie, 4·832 kal. kg.<sup>1)</sup> i teoretyczną zawartość azotu, równą 82·25%, otrzymamy, że

1 g. N amoniaku odpowiada 5·875 kal. kg.

Jest to wartość bardzo mała, świadcząca o dokładnem wyzyskaniu energetycznym tej frakcyi azotu, która podlega dezamidacji.

### III. Współczynniki kaloryczne azotu i dwutlenku węgla.

Kaloryczny współczynnik azotu, t. j. ilość produkowanego przez zwierzęta ciepła, odpowiadająca 1 g. N wydaliny, obliczałem z różnicy między ciepłem spalania substancyj azotowych ciała a ciepłem spalania wydaliny. Przy wyliczaniu można ciepło spalania odnieść albo do jednostki wagi substancyj, ulegających rozpadowi, lub też — jeżeli mamy do czynienia, jak w danym przypadku, ze związkami azotowemi — do jednostki wagi azotu. Ostatni sposób, jako prostszy, przyjąłem w poniższych wyliczeniach.

TABLICA VIII.

Substancje.	Ciepło spalania		C/N g.
	1 g. substancyj organicznej: Q/g. kal. kg.	odpowiadające 1 g. N: Q/N kal. kg.	
I. Azotowe związki organiczne ciała . . . . .	5.430	36.00	3.331
II. Wydaliny:			
1. Substancja śluzowata .	5.678	52.86	4.888
2. Wydalina organiczna, rozpuszczalna w wodzie	4.213	35.83	3.657
3. Amoniak, rozpuszczony w wodzie . . . . .	4.832	5.87	—

Szczegółowa analiza związków, biorących udział w przemianach

<sup>1)</sup> Obliczyłem na podstawie oznaczeń ciepła powstawania amoniaku w wodzie rozpuszczonego (zatem — po uwzględnieniu ciepła rozpuszczania) i — ciepła spalania wodoru, według Thomsena. Por. Landolt-Börnstein. Physikalisch-chemische Tabellen. Berlin 1912. Str. 851 i 908.

nie azotowej, pozwala ustalić prócz współczynnika azotowego, — kaloryczny współczynnik dwutlenku węgla substancyj ciała, zawierających azot. Wielkość tego współczynnika, wyrażającego ilość produkowanego przez zwierzęta ciepła w czasie wydzielania przez nie 1 g. CO<sub>2</sub>, można na podstawie moich analiz określić pośrednio, obliczając ilość produkowanego dwutlenku węglowego z deficytu węgla w produktach dezasymlacji.

Na tabl. VIII zestawilem główne wyniki spalań kalorymetrycznych, szczegółowo omawiane już poprzednio; dla łatwiejszego obliczenia obu współczynników, do jednostki azotu zostało odniesione nie tylko ciepło spalania, lecz i zawartość węgla w substancjach badanych.

Ilość energii niewyzyskanej w czasie spalania się w obrębie ciała substancyj azotowych, zawierających jeden gram azotu, będzie zatem równa ciepłu spalania sumy poszczególnych frakcyj wydaliny, zawierających ogółem taką samą ilość azotu, t. j. 1 gram. Za podstawę obliczenia energii niewyzyskanej przyjąłem ustosunkowanie frakcyj azotowych w wydalinach, powyżej badanych (tabl. IV).

1. Azotowe substancje organiczne ciała pijawek: 6·636 g., zawierających 1 g. N odpowiada . . . . .	36·00 kal. kg.	3·331 g. C
2. Wydaliny:		
0·0913 g. N substancji śluzowatej . . . . .	4·826 kal. kg.	0·4463 g. C
0·1690 g. N wydaliny organicznych rozpuszczalnych w wodzie . . . . .	6·055 „ „	0·6180 „ „
0·7397 g. N amoniakalnego	4·346 „ „	15·23 „ „
<hr/>	<hr/>	<hr/>
1 g. N wydaliny . . . . .	20·77 kal. kg.	1·064 „ „
		2·267 g. C =
		8·313 g. CO <sub>2</sub>

Stąd wyprowadzamy następujące wielkości współczynników kalorycznych:

Współczynnik kaloryczny azotu (Q/N) = 20·77 kal. kg.

Współczynnik kaloryczny CO<sub>2</sub> (Q/CO<sub>2</sub>) =  $\frac{20·77}{8·313} = 2·50$  kal. kg.

#### IV. Wyzyskanie energetyczne.

Ustalenie współczynnika kalorycznego azotu posiada w pierwszym rzędzie znaczenie metodyczne, ponieważ daje możliwość określenia udziału substancji azotowych w ogólnej przemianie energetycznej organizmu. To też oznaczenie tego współczynnika stanowi punkt wyjścia dla dalszych moich badań nad energetyką głodu i niejednokrotnie będzie pomocne przy bliższej analizie produkcji ciepłej pijawek.

Natomiast jako wielkość bezwzględna współczynnik kaloryczny azotu nie daje pojęcia o momencie ekonomicznym w zużytkowywaniu dla spraw energetycznych chemicznego napięcia związków azotowych, ponieważ miarą wyzyskania energetycznego może być dopiero stosunek energii wyzwolonej pod postacią ciepłą do energii potencjalnej substancji, która ulega spalaniu.

Zależnie od tego, jaką frakcją wydaliny będziemy uważali za produkt rozpadu, substancja ciała, ulegająca spalaniu, będzie posiadała różną wartość energetyczną; zaś wyzyskanie energetyczne wykaże niejednakową wartość w zależności od zawartości energii w tej substancji.

Wielkością porównawczą dla energii wyzwolonej, z drugiej strony, może być energia potencjalna tych tylko substancji, które znajdują się w sferze działania żyjących mas komórkowych i które istotnie ulegają wybitnym zmianom w organizmie.

Nie ulega wątpliwości, że w stanie daleko posuniętego głodu, t. j. w przypadku przezemnie badanym, wszystkie azotowe substancje ciała są oddane do dyspozycji przemian energetycznych, ponieważ stanowią one integralną część składową organizmu żyjącego. Natomiast, jak wynika z badań powyższych, nie wszystkie one równie głębokim ulegają zmianom, gdyż część ich zostaje wydaloną z organizmu w postaci energetycznie mało lub wcale nie zmienionej. Do kategorii takich wydaliny odpadowych należy w pierwszym rzędzie substancja śluzowata pijawek, a następnie—frakcja azotowa kału, będąca produktem czynności wydzielniczych przewodu pokarmowego.

Powyżej przytoczyłem powody, które usprawiedliwiają pominięcie tej straty, która u pijawek głodzonych występuje pod postacią kału.

Natomiast szczególne w tym kierunku znaczenie posiada substancja śluzowata, ponieważ zawarta w niej ilość energii wynosi prawie 30% sumy wszystkich strat energetycznych. W porównaniu zatem ze stratami ssaków substancja śluzowata pijawek zajmuje stanowisko zupełnie odrębne, gdyż ilość energii niewyzyskanej, traconej przez zwierzęta ssące pod postacią zużywającego się naskórka, włosów i substancji organicznej potu, jest tak mała, że leży w granicach błędu pomiarów przemiany energii. Przypuszczam, że duże pod tym względem podobieństwo do substancji śluzowatej pijawek wykaże przy bliższym zbadaniu cały szereg wydalin zwierząt zmiennocieplnych, zwłaszcza wydaliny pochodzenia skórniego, jak np. śluz mięczaków, chityna stawonogów, wydalina gruczołów skórnych ryb i płazów i t. p.

Substancja śluzowata, stanowiąca jedną z najwybitniejszych strat energetycznych pijawek, jest jednak typowym wytworem przemiany zastępczej, t. j. produktem przekształceń chemicznych o małym efekcie cieplnym. Z tego powodu nie może być ona uważana za produkt rozpadu białka, ponieważ pod to pojęcie podciągamy tylko wydzielane w moczu związki azotowe, które uległy głębokim zmianom energetycznym. Ze względów powyższych należy przy obliczaniu wyzyskania energetycznego ilość energii wyzwolonej w czasie przemiany azotowej odnieść do ciepła spalania tylko tej części zużywanych przez pijawki substancji azotowych ciała, której odpowiada frakcja wydalin nefrydialnych.

Obliczone w ten sposób wyzyskanie energetyczne organicznych substancji azotowych ciała pijawek wynosi:

$$\frac{(36.00 - 4.83) - 10.40}{36.00 - 4.83} \times 100 = 66.6\%$$

Porównanie tej wielkości z istniejącymi w literaturze oznaczeniami wyzyskania energetycznego „białka“ u zwierząt wyższych natrafia na pewne trudności z powodu braku odpowiednio obfitego materiału porównawczego, dotyczącego fizjologii głodu. Z wyjątkiem bowiem jednego tylko doświadczenia Rubner'a <sup>1)</sup> nad psem i kilku doświadczeń Benedict'a <sup>2)</sup> nad

<sup>1)</sup> Rubner M. Kalorimetrise Untersuchungen I. Zeitschr. f. Biologie. Tom 21. 1885.

<sup>2)</sup> Benedict. The influence of inanition on metabolism. Washington

ludźmi, w których była badana fizyologiczna wartość palna białka organizowanego, celem innych badań było określenie wyzyskania energetycznego białka pokarmowego.

Ze wspomnianego doświadczenia Rubner'a nad psem w stanie głodu wynika, że wyzyskanie energetyczne białka organizowanego wynosi 72.7%<sup>1)</sup>, jest ono zatem znacznie większe, niż u pijawek.

Wyzyskanie białka pokarmowego jest jeszcze bardziej dokładne. Bardzo liczne dane, które znalazłem w literaturze, obliczone z tem założeniem, że kał stanowi wyłącznie część niestrawną pokarmu, dały mi następujące przeciętne wyzyskania energetycznego u różnych zwierząt ciepłokrwistych:

Mięsożerne (pies) . . .	79.1%	(Rubner <sup>2)</sup> , Frentzel i Schreuer <sup>3)</sup> ).
Wszystkożerne (człowiek)	80.0%	(Atwater i Bryant <sup>4)</sup> ).
Roślinożerne (bydło domowe) . . . . .	79.3%	(Kellner <sup>5)</sup> ).

Z zestawienia rezultatu moich doświadczeń z wielkością wyzyskania „białka“ u ssaków wynika zatem, że wyzyskanie energetyczne azotowych związków organicznych u pijawek w stanie głodu jest mniej dokładne i posiada najniższą ze znanych w literaturze wartość.

---

1907. (Cyt. wedł. Tigerstedt'a: Handbuch der Biochemie, wydane przez Oppenheimer'a, tom IV, 2).

<sup>1)</sup> O ile kał, formujący się w stanie głodu będziemy uważali, podobnie jak substancję śluzową pijawek, za produkt przemiany zastępczej.

<sup>2)</sup> Rubner M. l. c. i Die Gesetze des Energieverbrauches bei der Ernährung. Berlin i Wiedeń. 1902.

<sup>3)</sup> Frentzel J u. Schreuer M. Verbrennungswärme und physiologischer Nutzwert der Nährstoffe. III Abhandlung: Der Nutzwert des Fleisches. Arch. f. Physiologie. 1902.

<sup>4)</sup> Atwater and Bryant. The availability and fuel value of food materials. Report of Stors Agric. Exp. Stat. 1899. Cytuję wedł. Tigerstedt'a, l. c.

<sup>5)</sup> Kellner O. Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere. Berlin 1907.

Kazimierz Białaszewicz:

**Ueber den Nutzeffekt der beim hungernden Blutegel zerfallenden stickstoffhaltigen Körpersubstanz.**

Angemeldet am 5. I. 1915.

(Aus dem physiologischen Institut der Warsch. Gesellschaft der Wissenschaften).

Vorgelegt von J. Sosnowski.

Es wurde bei den hungernden Blutegeln die Verbrennungswärme, Stickstoff — und Kohlenstoffgehalt der stickstoffhaltigen organischen Körpersubstanz und der Ausscheidungsprodukten bestimmt. An der zusammengestellten Tabelle sind die Resultate und

	Verbrennungswärme für 1 g. aschenfreie Substanz. kg. kal.	Verbrennungswärme für 1 g. N. kg. kal.	Kohlenstoffgehalt. Proz.
1. Stickstoffhaltige organische Körpersubstanz . . . .	5.430	36.00	50.23
2. Schleimsubstanz . . . .	5.678	52.86	52.50
3. Wasserlösliche organische Substanz der Ausscheidungsprodukten . . . . .	4.213	35.83	43.01
4. Ammoniak, in Wasser gelöst . . . . .	4.832	5.87	—

zwar die Mittelzahlen dieser Bestimmungen ermittelt.—Die Verteilung der einzelnen Stickstofffraktionen in der zur Untersuchung herangezogenen Ausscheidungsprodukten war die folgende: N der Schleimsubstanz—9.13%, N der wasserlöslichen organischen Substanz—16.90% und der ammoniakalische Stickstoff—73.97%.—Der kalorische Wert des Stickstoffs für 1 g N, auf Grund dieser Daten berechnet, ist gleich 20.77 kg. kal. Wenn man die schleimige Substanz als Produkt des Ersatzstoffwechsels betrachtet, so beträgt der Nutzeffekt der beim Hunger zerfallenden stickstoffhaltigen Körpersubstanz 66.6 Prozent.



