

Wprowadzenie

Jako wyłaniająca się gałąź nauki, topologia mówi nam jak łączyć pokarmy, aby codziennie utrzymywać zbalansowane odżywianie w celu uniknięcia chorób związanych z metabolizmem. W dzisiejszych czasach przejmujemy się tym, czy nasza dieta zawiera wystarczająco dużo witamin, białek, skrobi, owoców i węglowodanów. Mimo to, nasze zrozumienie musi pójść dalej niż „Jedzenie jako potrzeba tylko dlatego, że człowiek potrzebuje energii do wykonywania swojej codziennej pracy”.

Niemniej jednak, czy możemy sensownie połączyć wyrażenia „jedzenie”, „energia” i „praca” razem? Które naukowe i społeczne osiągnięcia doprowadziły nas do zamiany podstawowej potrzeby jedzenia w naukę o odżywianiu? Początkowo główne eksperymenty dotyczące związku między jedzeniem, energią i pracą były przeprowadzone w wielkim społecznym zgiełku rewolucji przemysłowej – w czasie, w którym ludzie byli postrzegani jako surowce, lub, może dokładniej rzecz ujmując, jako „żywe maszyny”.

Późny osiemnasty i wczesny dziewiętnasty wiek przyniosły za sobą poważne społeczne zmiany w europejskim oraz północno-amerykańskim społeczeństwie, kiedy to skutki industrializacji zmusiły państwa do znalezienia dodatkowych robotników, aby sprostać zwiększonemu obciążeniu pracą, związanemu z nowymi wynalazkami w przemyśle, takimi jak np. mechanizacja przemysłu tekstylnego. Wyzwaniem nie było tylko przekształcenie surowego materiału i dostaw w nowe dobra, ale również znalezienie odpowiedniego wyżywienia dla zwiększającej się liczby robotników.



a)



b)

Rys. 1a) Hermann von Helmholtz (1821 – 1894)

Rys. 1b) Max Rubner (1854 – 1932)

Znalezienie matematycznej równowagi między zasobami a dobrami, a także pomiędzy pożywieniem a obciążeniem pracą, było bardzo typowe dla ery industrializacji. Przekonanie, że każda siła fizyczna jest w równowadze z równą siłą

przeciwną, doprowadziło do sformułowania zasady zachowania energii przez Hermanna von Helmholtza¹ (Rys. 1a) w 1847 roku. Z punktu widzenia fizjologii, prawa zachowania energii oraz konwersji energii stoją obok eksperymentów Max'a Rubner'a (Rys. 1b), który zmierzył energię przekształconą z pożywienia w ciepło i pracę mechaniczną². Wielu innych naukowców również pracowało nad teorią, jak właściwie powinno się żywić człowieka, aby mógł on służyć jako rzemieślnik lub żołnierz w przemyśle lub wojsku swojego państwa. To jednak nie wystarczyło, aby zbadać zagadnienie odżywiania. Inny, równie ważny jak głód i pragnienie, podstawowy aspekt dotyczący chorób, wywołanych niedoborami różnych składników, znany był przez długi czas, lecz nie mógł być odpowiednio zbadany. Nie mógł zatem być włączony do teorii topologii. Najbardziej znaną chorobą niedoborową było beriberi, którego nazwa pochodzi z języka polinezyjskiego i jej podstawowe znaczenie to „nie mogę się ruszać, nie mogę się ruszać”, oraz powszechny szkorbut – choroba znana wszystkim marynarzom. Dziś wiemy, że obie te choroby spowodowane są brakiem witamin. Pomimo to, badacze potrzebowali czasu aż do 1912 roku, aby odkryć składnik pokarmowy nazwany „vital amin” (witamin).

¹Hermann von Helmholtz, „Ueber die Erhaltung der Kraft“ w Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, nr 1, Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1915 („Na zachowaniu siły”: termin „siła żywa“ był wtedy wciąż jako synonim używany do dzisiejszego terminu „energia”).

²n.p. Max Rubner, Die Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung, Leipzig/Wien, 1902 („Prawa zużycia energii w dziedzinie wyżywienia“)

„Jedzenie” – „Żadna armia nie może maszerować o pustych żołądkach”

To powiedzenie ilustruje znane porzekadło dotyczące równowagi pomiędzy jedzeniem a pracą, lecz niekoniecznie pracą typową dla żołnierza. Liczba ludzi zaangażowanych w wielkie kampanie militarne daje nam rzetelny pogląd na to, ile pożywienia dziennie jest potrzebne jednemu człowiekowi przez długi czas.

Ze starożytnych źródeł pisanych przez rzymskich kwatermistrzów około roku 100 naszej ery wiemy, że rzymscy legionści żyli zjadając średnią porcję około 850 gramów zboża dziennie, uzupełnioną mięsem, warzywami i owocami³. Około czterech wieków wcześniej, armia Aleksandra II Macedońskiego musiała być wyżywiona podczas trzynastoletniej kampanii przeciwko Imperium Perskiemu. Liczby dotyczące ilości pożywienia transportowanego przez wozy Aleksandra w tej kampanii prowadzą nas do podobnych wniosków dotyczących tego, ile pożywienia było podawane pojedynczemu żołnierzowi⁴.

Mamy również rachunki pochodzące z życia cywilnego. Egipcjaci robotnicy w Mezopotamii otrzymywali miesięczną rację trzech „sztab” zboża każdego miesiąca, co dawało średnio 700 gramów mąki dziennie dla każdego robotnika⁵. Jeśli weźmiemy pod uwagę, że ci robotnicy prawdopodobnie nie pracowali fizycznie tak, jak żołnierze macedońskiej czy rzymskiej piechoty, więc inne liczby, które dotyczyły okresu od 1000 roku p.n.e. do 100 roku n.e. dają nam bardziej rzetelne dane, dotyczące średniej ilości pożywienia potrzebnego codziennie. Wszystkie te dane pokazują jednak, że zboże i mięso były podstawą dziennego wyżywienia robotników.

³ Jonathan P. Roth, *The logistics of the roman army at war*, Brill Publishing, Leiden, 1995

⁴ Victor Davis Hanson, *The Wars of the Ancient Greeks*, Cassell&Co. Wellington House, London 1999, str.165ff.

⁵ Irene Huber, „Von Affenwärtern, Schlangenbeschwörern und Palastmanagern: Ägypter im Mesopotamien des ersten vorchristlichen Jahrtausends“ w: R.Rollinger, B.Truschneegg (eds.), *Altertum und Mittelmeerraum: die antike Welt diesseits und jenseits der Levante*, Franz Steiner Verlag Stuttgart (2006), str. 303 – 330

„Praca” – wyżywianie ubogich: Benjamin Thompson i jego działania w Bawarii

Benjamin Thompson (1753-1814), znany od 1784 jako Hrabia Rumford, był urodzonym w Ameryce brytyjskim oficerem, który walczył podczas Wojny o Niepodległość Stanów Zjednoczonych po stronie brytyjskiej. Po uzyskaniu zarówno politycznego, jak i militarnego doświadczenia w walce Anglii z jej „zdradzieckimi” koloniami, popłynął z powrotem do Anglii w 1782 roku⁶. Ponieważ był zatrudniony na pół etatu, opuścił Anglię w poszukiwaniu nowego stanowiska gdziekolwiek w armiach Europy. Thompson w końcu znalazł nowe stanowisko w Bawarii, gdzie książę-elektor zatrudnił go do przeprowadzania reform zarówno w systemie militarnym, jak i społecznym jego kraju. Thompson zwolnił się z armii brytyjskiej, otrzymał tytuł szlachecki⁷ za służbę dla korony brytyjskiej i 11 marca 1784 roku przyjął nowe stanowisko w Monachium.

W latach 1784-1788 pracował nad programem reform w Bawarii. Thompson przeprowadził szerokie badania dotyczące militarnych i społecznych systemów dwóch dominujących państw w Europie centralnej, Austrii i Prus i porównał warunki oraz koszty uzbrojonych sił w tych państwach do sytuacji w Bawarii. Pod koniec roku 1788, zaprezentował program reformy swojemu pracodawcy. Podkreślił trzy szczegółowe cele przeprowadzenia reform, a mianowicie:

1. Zaprzestanie dyskryminacji i wykluczania żołnierza jako profesjonalisty.
2. Zwiększenie liczby zatrudnionych wojsk, oraz podniesienie pensji każdego żołnierza bez podnoszenia rocznego budżetu armii bawarskiej.
3. Pozwolenie uzbrojonym siłom na służbę w celach cywilnych w okresie pokoju.

W szczególności drugi i trzeci cel doprowadziły do wkładu Thompson’a w „karmienie mas”. Z

⁶ Thompson służył jako podsekretarz kolonii do 1781 roku, oraz jako pułkownik King’s American Dragoons (Amerykańskich dragoni królewscy) aż do momentu, kiedy jego pułk został wycofany do Anglii.

⁷ Tytuł Thompsona, Hrabia Rumford, odnosi się do amerykańskiego miasta w New Hampshire, gdzie poślubił on swoją pierwszą żonę. Miasto zwane jest dziś Concord. Zob.: Bouton, Nathaniel (1857). *The History of Concord: From Its First Grant in 1725 to the Organization of the City Government in 1853*. Concord: Benning W. Sanford.

racji, że budżet armii bawarskiej nie powinien być zwiększony, Thompson musiał znaleźć inny sposób na oszczędności na budżecie. Pomyślał, że mógłby zaoszczędzić na zapewnianiu umundurowania mniejszym kosztem, poprzez zatrudnianie żebraków z Monachium w niedawno utworzonych *militärisches Arbeitshaus* (z niemieckiego: Wojskowym Domu Pracy). Jego pomysłem było nie tylko rozwiązanie problemu „żebraków”, którzy byli znani w całej Europie, ale również wyedukowanie żebraków, zachęcając ich do stawiania się samowystarczalnymi oraz wspieranie ich udziału w odpowiadaniu za własne życie⁸.

Suppe No. II.

Zutaten	Gewicht		Kostenbetrag		
	lb	℥	Nth.	gr.	pf.
2 Viertel Perlgrawpen	70	18	1	16	9
2 Viertel Erbsen	65	20	1	5	3
8 Viertel Kartoffeln	230	8	—	14	9
Brodtschnitte	69	20	3	9	6
Salz	19	26	—	10	3
Weinefig	46	26	—	12	7
Wasser	982	30	—	—	—
Summe d. Gewichts	1485	20			
Zür Brennholz, Mägde und Bediente, Reparaturen	—	—	1	3	9
Summe der täglichen Ausgabe, wenn 1200 Menschen beföstigt sind:			9	1	10

Die obige Summe (9 Nth. 1 gr. 10) mit 1200, als der Zahl der vertheilten Suppen-Portionen, dividirt, beträgt für jede Portion unversehrt 2 Pfennige.

Poniżej zamieszczono oryginalny przepis na zupę Rumforda numer 2: pierwszym ulepszeniem było zastąpienie części kaszy jęczmiennej ziemniakami. Zupa stała się dzięki temu znacznie tańsza.

Jadłodajnia dla ubogich była przyłączona do przytułku, co wkrótce stało się kluczowym udogodnieniem w przytułku. Thompson doszedł do wniosku, że był w stanie przygotować posiłek dla wszystkich swoich robotników, który kosztowałoby mniej, niż jakkolwiek człowiek dałby za wyżywienie samego siebie. Robotnicy otrzymali darmowy lunch w jadłodajni dla ubogich, składający się z 20 uncji „zupy Rumforda”. Thompson opracował i opublikował

⁸ Rumford tłumaczył, że 7% mieszkańców Monachium utrzymywało się z żebrania na ulicach, mimo że spora część tych żebraków była oczywiście zdrowa i zdolna do pracy. Zob.: F.K.Möhl, „Die Vorläufer der Organisation der heutigen Armenpflege in München, insbesondere das Armenpflegeinstitut des Grafen Rumford“, Bamberg 1903, S.33

różne przepisy na przyrządzenie aż 1200 porcji jednocześnie. Te przepisy oraz ich warianty stały się znane jako „zupa Rumforda”. Początkowo były one mieszanką kaszy perłowej, grochu, soli, octu i wody, lecz później zostały udoskonalone krojonym chlebem i ziemniakami⁹.

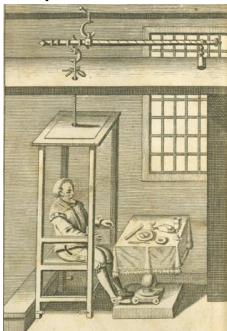
Pojawiały się słowa krytyki dotyczące zupy Rumforda, mimo iż zapewniała ona zdrowe minimum węglowodanów (od ziemniaków i kaszy) i białka (z grochu). Pomimo tego, że zupa dawała konsumentowi efekt „zapełnienia”, nie odżywiała go dobrze – przynajmniej nie dorosłych. Współczesne obliczenia mówią nam, że zupa Rumforda nr 1 zapewniała 570 kalorii, a zupa nr 2, gdzie ziemniaki zostały użyte zamiast części kaszy perłowej, zapewniała jedynie 420 kalorii¹⁰. Jeśli weźmiemy pod uwagę współczesne standardy, dzienne spożycie dla dorosłego człowieka powinno wynosić około 2000 kalorii. To oczywiste, że zupy Rumforda były skuteczne jedynie w wykarmieniu kogoś małym kosztem, a nie w spełnianiu jego dziennych wymagań, zwłaszcza dla dnia dobrej pracy w wojskowym przytułku. W ten sposób, część planu Rumforda dotycząca wykarmienia robotników nie została spełniona. Organizacje dobroczynne zaadoptowały mimo to przepis na zupę Rumforda i używały jej do pomagania bezdomnym oraz tym, którzy nie byli w stanie pracować podczas wojen Napoleona¹¹.

⁹ Benjamin Thompson, Reichsgraf Rumford, *Kleine Schriften politischen, ökonomischen und philosophischen Inhalts*, München 1804, str. 274 i 276; Publikacja przepisu zawierała koszty paliwa użytego w kuchni oraz pensje kucharzy i urzędników, którzy wydawali zupę odbiorcom.

¹⁰ Rodziny były zachęcane do zabierania dzieci do wojskowych przytułków, gdzie mogły uczęszczać do szkoły i pomagać w „mniejszych” pracach jeśli chciały. Zob.: Fritz Redlich, *Science and Charity: Count Rumford and his Followers*, *International Review of Social History*, vol. 16, iss. 2 (1971), pp. 184 – 216

¹¹ Dziś istnieje szeroka różnorodność „zup Rumforda”, na które przepisy niekoniecznie mają dużo wspólnego z zupami oryginalnie opracowanymi przez Thompsona do wykorzystania w kuchniach przytułków.

Znalezienie równowagi pomiędzy tym, co jemy, a tym, co wydalamy



Rys. 2. „Ars de statica medicina” z 1614 roku.

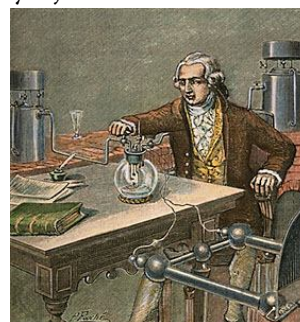
Santorio Santorio (1561 – 1636) był włoskim medykiem, który opublikował swą rozprawę „Ars de statica medicina” w 1614 roku¹². Książka dotyczyła głównie badań nad ludzkim metabolizmem i była częściowo oparta na doświadczeniach, które Santorio przeprowadzał na samym sobie. Na pierwszej stronie jego książki możemy znaleźć ilustrację używanego eksperymentalnego układu (Rys. 2). Pokazuje ona Santorio siedzącego na wadze (tak zwane ważące krzesło); na stole obok niego możemy dostrzec sztucę i dania. Udokumentował wagę tego, co jadł i pił (ingesta), tak samo jak ekskrementów (excreta) przez okres 30 lat, i wyjaśniał różnicę między tymi dwiema liczbami jako nieświadome pocenie się. Odkrył, że „waga” tego nieświadomego pocenia się, była większa niż waga jego ekskrementów, średnio o 2,5 funtów dziennie. Santorio tłumaczył to wieloma czynnikami, takimi jak choroba, wiek, aktywność fizyczna, odżywianie, a także sen, które mogły zwiększyć lub zmniejszyć *nieświadome pocenie się*¹³. Dodatkowo, wynalazł on urządzenia służące do określania pulsu i temperatury ciała. Jego odkrycia są pierwszymi wynikami długoterminowego badania ludzkiego metabolizmu.

Energia – odkrycie tlenu i jego użycia w spalaniu

Podczas gdy Santorio skupił się na wadze pożywienia, które spożywał, Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) (Rys. 3), francuski

naukowiec, skupił się na ciepłe i spalaniu¹⁴. Definicja ciepła była wciąż kierowana ideami teorii flogistonu. Ta teoria była stopniowo porzucana w czasach Lavoisier’a, on sam przyczynił się w dużym stopniu do tej naukowej rewolucji. Lavoisier wierzył w to, że masa jest zachowana w reakcjach chemicznych, był to pomysł pochodzący z naukowych dążeń Oświecenia. Idea zachowania masy była kluczowa dla jednego z jego najważniejszych odkryć w dziedzinie chemii: utleniania.

Lavoisier zdał sobie sprawę z tego, że kiedy metal staje się żardzewiały, masa zwapniałego metalu („wapnić”, zazwyczaj ważony w formie proszku) jest większa niż oryginalny kawałek metalu. Lavoisier odkrył również, że proces może być odwrócony, na przykład, kiedy wapnić był zredukowany do metalu poprzez ogrzewanie, jego waga malała. Teoria flogistonu nie potrafiła wyjaśnić tych zmian masy, ponieważ ciepło, zgodnie z panującymi ideami, było nie do zmierzenia (nie miało wagi). Lavoisier rozwinął ideę, że skład powietrza może być kluczem do zmian w masie i podporządkował swoje eksperymenty tej teorii.



Rys. 3. Lavoisier, Antoine-Laurent: experimenting to determine the composition of water. Photograph. Encyclopædia Britannica Online. Web. 21 Mar. 2012.

Teoria spalania nie mogła być dalej rozwijana aż do momentu, gdy Lavoisier i Priestley, brytyjski chemik, połączyli swoje poszczególne naukowe odkrycia. Obaj szanowali siebie nawzajem, nawet jeśli mieli różne opinie na temat natury spalania. Poglądy Priestley’a były silnie powiązane z teorią flogistonu, ale kontrolował on środowisko swoich eksperymentów lepiej niż Francuz. Priestley był

¹² Santorio Santorio, *Ars de statica medicina*, 1614

¹³ Richard Toellner (Hrsg.), *Illustrierte Geschichte der Medizin*, Band V, Weltbild Verlag, Augsburg (2000) S. 2371

¹⁴ Encyklopedia Britannica uhonorowała dokonania Lavoisier’a nazywając go “ojcem nowoczesnego żywienia”.
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/332700/Antoine-Laurent-Lavoisier>, z dnia 21 marca 2012.

bardzo czuły na fakt, że „powietrze” produkowane podczas eksperymentu było „inne niż zwykłe powietrze”¹⁵. Lavoisier powtórzył eksperyment podgrzewania zwykłego czerwonego osadu rtęci dokładnie w taki sam sposób, jak Priestley zwracający większą uwagę na gaz wyprodukowany w tym procesie. Przeprowadził analizy i odkrył ostatnią daną, której potrzebował, czyli różnicę między eksperymentalnym gazem i świeżym powietrzem. Znalazł pierwiastek biorący udział w procesie wapnienia i nazwał go „tlen”, odnosząc się do greckich słów oznaczających „robienie czegoś ostrego” (luźno interpretowany jako „producent kwasu” z powodu kwaśnego smaku kwasów). Pomimo tego, że Priestley prowadził taki sam eksperyment, nie zidentyfikował tlenu jako elementu – zamiast tego, scharakteryzował produkowany gaz jako powietrze pozbawione flogistonu, podążając wprost za teorią flogistonu. Lavoisier użył swojej nowej wiedzy do uznania tlenu jako części reakcji chemicznej, i był w stanie rozszerzyć swą teorię do efektów wapnienia i spalania.

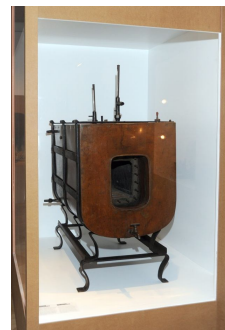
Termodynamika: Dlaczego miałyby być jakaś „energia” w moim „jedzeniu”?

Użycie słowa kaloria jest dziś synonimem do „energii”. Wiele produktów we współczesnych supermarketach identyfikuje zawartość energetyczną w kilokaloriach oraz ilość węglowodanów, tłuszczów i białka, podanych w diagramie wydrukowanym na opakowaniu produktu¹⁶.

Etymologia słowa „kaloryczny” każe nam wrócić do czasów Lavoisier’a i teorii flogistonu, gdy ciepło uznawane było za chemiczny element, który nie miał wagi, a był nieodłączny w każdym ciele. Idea ciepła jako elementu (substancji) została porzucona, ale słowo energia wciąż odzwierciedla ten sam pogląd. Jest to wyrażenie pochodzące z języka greckiego, oznaczające „właściwie

poruszający”¹⁷, które zostało wprowadzone w 1853 roku przez William’a Rankine’a. Rankine zdefiniował energię jako „moc do zmieniania w przeciwieństwie do oporu”. Co więcej, rozróżnił on „rzeczywistą lub rozsądną” energię (np. energię ruchu) oraz „potencjalną lub ukrytą” energię¹⁸.

Nauka w połowie XIX wieku była bardzo skupiona na potrzebach robotników oraz tym, jak mogliby oni zdobywać energię do pracy w fabrykach. Po publikacji von Helmholtz’a dotyczącej ochrony „żywej siły”, wydawało się to oczywiste, że ludzie w pracy musieli zamienić pożywienie w pracę mechaniczną, oraz że te dwie strony równania, jeszcze całkowicie nieznanne, powinny być równe. Energia mogła być przypuszczalnie dostarczana przez jakikolwiek rodzaj pokarmu, ponieważ pewne pokarmy były najwidoczniej w stanie zastąpić inne pokarmy. To było bardzo dogodne, jeśli postrzegało się pożywienie jako „paliwo”, które miało być zamienione w pracę, skoro proces przemiany był niczym innym niż energią uzyskaną w reakcji chemicznej i nie zależał od pożywienia w jego formie fizycznej. W ten sposób, fizjologia mogła być rozumiana za pomocą chemii analitycznej.



Rys. 4. Zwierzęcy kalorymetr Rubner’a jako element wystawy „Energie=Arbeit” w Berlinie, w 2010 roku. Zdjęcie zrobione przez Elke Jung-Wolff, reprodukcja dzięki uprzejmości Stiftung Brandenburger Tor, Berlin (prawa autorskie Stiftung Brandenburger Tor).

Rubner pracował w dziedzinie termodynamiki przez kilka dekad, i wreszcie zaprezentował próbne rezultaty, w których próbował udowodnić prawdziwość prawa fizycznego dotyczącego zachowania energii dla człowieka lub zwierzęcia.

¹⁵ Doświadczenie przeprowadzone przez Joseph’a Black’a w 1750, gdzie odkrył on dwutlenek węgla.

¹⁶ W 1860 r. Max Rubner zadeklarował, że jedna kaloria jest ilością energii potrzebnej do ogrzania jednego grama wody z 4 do 5 stopni celsjusza. Zob.: Mildred Ziegler, „The history of the calorie in nutrition“, Scientific Monthly, 15/6 (1922), str. 520 - 526

¹⁷ Duden, Fremdwörter, Eintrag Energie

¹⁸ William Rankine, „On the General Law of the Transformation of Energy“, Philosophical Magazine and Journal of Science, seria 4, vol.5, no. 30, (1853), str. 109 – 117

Zdefiniował ciepło jako „miarę intensywności procesów życiowych”.

W celu wsparcia swej idei, Rubner zaprojektował doświadczalny układ, aby kontrolować produkty procesów przemiany energii w ciałach zwierząt. Zwierzęcy kalorymtr pokazany na zdjęciu powyżej (Rys. 4) był odizolowaną komorą, w której umieszczano pojedynczego psa. Ta komora była wyposażona w urządzenia służące do pomiaru ciśnienia i temperatury, a także proporcji tlenu i dwutlenku węgla w komorze. Komora nie miała miejsca na ruch, aby pies nie marnował swej energii na płątaniu się. Idea była taka, aby cała energia dostarczana zwierzęciu przez pokarm była zamieniana w „ciepło”, skoro przemiana w mechaniczną „pracę” była niemożliwa. Rubner w końcu doszedł do wniosku, że cała energia zawarta w pożywieniu była ostatecznie zamieniana w ciepło (*wzbudzona dieta termogeneza*)¹⁹.

Po tym jak ilość energii przechowywana w węglowodanach, tłuszczu i białkach została określona, Rubner podjął starania, aby znaleźć rozróżnienie pomiędzy zdolnością ludzkiego ciała do zamiany jego energii w ciepło i mechaniczną pracę. Celem było zidentyfikowanie substancji, która była w najmniejszym stopniu przemieniana w ciepło, ponieważ to by znaczyło, że reszta energii mogła być przemieniana w pracę mechaniczną. Rubner zidentyfikował białka jako substancje, gdzie proporcje ciepło do energii były najmniej korzystne w sensie wytwarzania pracy z pożywienia. Jeśli ktoś był zwolennikiem ogólnych idei wieku przemysłowego, w którym ludzkie ciało było usytuowane gdzieś, gdzie przecinały się energia, koszty i obciążenie pracą, to było bardzo wygodne. Głównym źródłem białek było mięso, które było drogie w porównaniu do zboża czy ziemniaków, które, dla odmiany były głównym źródłem węglowodanów²⁰. Ponieważ robotnicy powinni przemieniać swoje „pożywienie” w „pracę”, wydawało się oczywiste, że mięso nie było w żadnym wypadku niezbędne dla ich normalnego życia. W konsekwencji, mięso, drogi towar,

powinno być dawane jako „jedzenie dla mózgu” tylko osobom pracującym intelektualnie.



Rys. 5. Jubileuszowy znaczek pocztowy Justusa von Liebig'a, wydany przez „Bundespost“ (Niemiecki Federalny Urząd Pocztowy) w 2003 roku, w dwusetne urodziny Liebig'a; von Liebig jest w ramce pomiędzy „mięsnym ekstraktem”, prekursorem dzisiejszych zupek błyskawicznych, a „pięciokulkowym urządzeniem” (wcześniej zwanym „Kali-apparat”, „Potassium Apparatus”), z użyciem którego ilość węgla w nieznannej substancji mogła być określana.

Jeśli weźmiemy pod uwagę fakt, że czasami ludzkie ciało nie potrzebuje energii do przemienienia jej w pracę mechaniczną, dojdziemy do alternatywnego wniosku.

Historia „mięsnego ekstraktu” Liebig'a pokazuje, że mięso nie jest idealnym pożywieniem dla mózgu. W połowie XIX wieku, profesor chemii, Justus von Liebig, stał się znany w środowisku chemików. Większość eksperymentów, które przeprowadzał były z obszaru nowej chemii organicznej, gałęzi nauki, o której naukowcy myśleli, że nie może być badana poza żywymi organizmami²¹. Badania z zakresu chemii organicznej próbowały określić skład prawie każdej substancji organicznej. Liebig wynalazł aparat, zwany „pięciokulkowym urządzeniem” (Rys. 5), za pomocą którego mógł określać ilość węgla w każdej substancji organicznej.

Jednakże, był on najbardziej znany ze swojej pracy nad fizjologią zwierząt oraz nad „chemią rolniczą”. Kluczowym założeniem Liebig'a było, w zasadzie, to, że proces wytwarzania tłuszczu podczas może być w pełni zademonstrowany za pomocą chemii laboratoryjnej. Mimo, że za jego życia wywoływało ono mocne dyskusje, założenie to okazało się być poprawne, i w związku z tym

¹⁹ Elizabeth Neswald, prywatny komunikat

²⁰ Max Rubner, *Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung*, Leipzig 1902

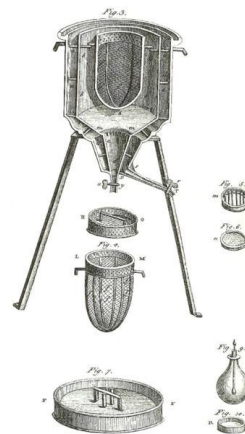
²¹ Friedrich Wöhler zmienił to w eksperymentach pomiędzy 1824 a 1828r., kiedy to zsyntetyzował substancje organiczne, kwas szczawiowy i karbamid.

Liebig był pierwszym naukowcem, który z sukcesem połączył chemię, fizjologię i medycynę.

Jego ważny wkład w świat odżywiania, „mięśny ekstrakt Liebiga”, jest produktem ubocznym próby niesienia pomocy córce przyjaciela pogrążonej w poważnej chorobie. W 1853 roku, Emma Muspratt, córka angielskiego przyjaciela Liebiga, dotkliwie cierpiała na dur brzuszny podczas swego pobytu w Monachium, gdzie Liebig był profesorem od 1852 roku. Była niezdolna do jedzenia, a jej jelita i tak nie byłyby w stanie strawić stałego pokarmu. Liebig wiedział, że nie było żadnej standardowej metody karmienia kogoś, kto cierpiał na dur brzuszny, i przez to odkrył, że jedynym sposobem nakarmienia pacjentki byłoby wprowadzenie ekstraktu mięsnego do jej organizmu. Ekstrakt został zrobiony z mielonego mięsa kurczaka, które następnie zostało umiejscowione w wodnym roztworze kwasu solnego. Po 12 godzinach, Liebig przefiltrował resztki mięsa z płynu, który zawierał prawie nietknięte białko. Następnie zneutralizował kwas i podał Emmie Muspratt do wypicia. Wyzdrowiała w krótkim czasie²². Ekstrakt mięsny nie mógł być zamieniony w sukces handlowy, ponieważ produkcja ekstraktu była bardzo zawiła. Mimo to, był on produkowany przez farmaceutę z Monachium, von Pettenkofer'a, jako lekarstwo dla chorych osób, które nie mogły jeść.

Fizyczna i fizjologiczna ogólna wartość kaloryczna

Wiedza o istnieniu tlenu nie była wystarczająca by wyjaśnić dlaczego składniki pokarmowe miałyby być spalane w ciele, a przynajmniej nie dopóki francuski chemik Antoine Lavoisier, był w stanie zaprojektować eksperymenty, w których doszedł do wniosku, że pewne formy spalania muszą mieć miejsce wewnątrz ludzkiego ciała.



Rys. 6. Kalorymetr wodno-lodowy według projektu Laplace'a i Lavoisier'a (1780). Lód był włożony do ścianki działowej, aby izolować komorę od środowiska laboratorium, a także do głównej komory (z koszykiem). Przedmiot zawierający lub wywołujący ciepło był umieszczony w koszyku i roztopiał lód. Ilość osuszonej wody była równa ciepłu wywołanemu reakcją.

Wytwarzanie ciepła w procesach chemicznych było kluczowym punktem zainteresowań francuskich naukowców, Simon'a Laplace'a i Antoine'a Lavoisier'a. Wynaleźli oni kalorymetr wodno-lodowy, zaawansowane urządzenie służące do określania ilości ciepła wytworzonego przez zwierzę, lub które zostało znalezione ukryte w ciałach stałych²³. Ciepło było używane do topienia lodu, a ilość wody pochodzącej z procesu była równa ilości ciepła pochodzącemu z reakcji chemicznej (Rys. 6).

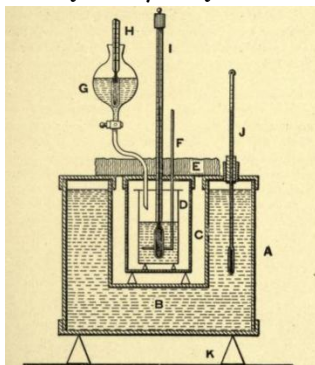
Wraz ze swym asystentem, Armand'em Séguin'em, Lavoisier prowadził również eksperymenty dotyczące tego, jak wdychane powietrze jest zmieniane przez spalanie podczas pracy fizycznej. Wynalazł doświadczalny układ, gdzie testowana osoba podczas pomiarów mogła wdychać powietrze atmosferyczne za pomocą maski na całą twarz. Maskę tę była specjalnie przystosowana do prowadzenia wydychanego powietrza do fiolki zawierającej płyn zasadowy. Dwutlenek węgla w fiolce powodował reakcję chemiczną, w której nierozpuszczalna zasada węglanowa była wytwarzana. Wydychane powietrze mogło być zaobserwowane w fiolce jako bąbelki, zasada dwutlenku węgla przyspieszała podczas procesu i akumulowała się na dnie fiolki.

²² Günther K. Judel, „Die Geschichte von Liebig's Fleischextrakt“, Spiegel der Forschung (Universität Gießen), vol. 20, nr 1, 2003, str.6 – 15

²³ Simon Laplace, Antoine de Lavoisier, „Mémoire sur la chaleur“, Mémoires de l'Académie des sciences, Année 1780, str.355

Eksperyment prowadzony był na dwa różne sposoby: pierwszy z osobą w spoczynku, i drugi z osobą w czasie pracy. Lavoisier zdążył już dojść do wniosku, że celem ludzkiego oddychania była produkcja ciepła, a nie zapewnianie tlenu organizmowi. W rezultacie, porównał produkcję wydychanych gazów do gazów wdychanych, oraz z temperaturą danej osoby. Kończącym wnioskiem z eksperymentu z Séguin'em było to, że zwierzęta spalają materiał organiczny za pomocą wdychanego tlenu.

Kalorymetry, ogólnie rzecz ujmując, mierzą „ciepło” wytworzone przez reakcje chemiczne, a Laplace i Lavoisier już udokumentowali, że zwierzęta zamieniają substancje organiczne w ciepło. Następnym krokiem było określenie ile ciepła mogło być wytwarzane przez jakąkolwiek substancję, i to ciepło było mierzone w kalorymetrach, poprzez spalanie danej substancji na popiół. Ciepło, które jest wytwarzane w dodatku do ciepła dostarczanego do reakcji, jest fizyczną wartością kaloryczną.



Rys. 7. Kalorymetr, Nevil Monroe Hopkins, Elektrochemia eksperymentalna(1905); ten kalorymetr był używany do mierzenia ciepła wytwarzanego podczas reakcji dwóch cieczy. Osuszony kontener D jest także komorą reakcji, do której druga ciecz z kontenera-magazynu G jest przenoszona. Termometry I i J są wprowadzone do komory reakcji i ścianki izolacyjnej, aby kontrolować ciepło wytworzone podczas reakcji chemicznej.

Kalorymetr w stylu Hopkina (zob. schemat powyżej – Rys. 7) określa ilość energii uwolnionej przez reakcję chemiczną poprzez nalewanie reagujących cieczy do wspólnej komory reakcji. Dwa termometry są użyte do monitorowania zmian temperatury podczas reakcji.

Fizyczna wartość kaloryczna nie jest całkowicie istotna, o ile bierzemy pod uwagę kwestię ludzkiego metabolizmu. Wartość kaloryczna jakiegokolwiek pożywienia różni się dla każdego

gatunku, który zamierza je spożyć, w związku z tym właściwą wartością w tym przypadku jest tak zwana, fizjologiczna wartość kaloryczna. Może być ona w przybliżeniu określona poprzez spalanie ekskrementów zwierzęcia lub człowieka, o którym mowa i porównanie tej wartości z fizyczną wartością kaloryczną spożytego jedzenia. Otrzymana różnica będzie fizjologiczną wartością kaloryczną. Mimo to, trzeba zaznaczyć, że fizjologiczna wartość kaloryczna nie może być postrzegana jako dokładna wartość. Różni się ona nie tylko między gatunkami, ale jest mniej więcej indywidualną wartością zwierzęcia (lub człowieka), który był badany.

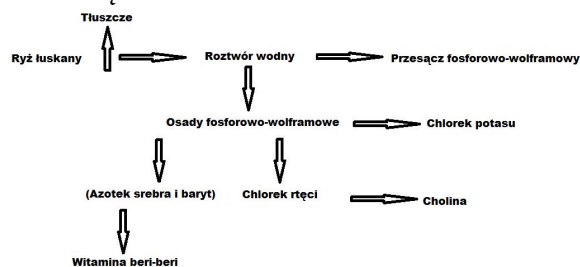
Dlaczego energia to nie wszystko: choroby spowodowane niedoborami

Jedną z najstarszych chorób znanych żeglarzom jest skorbut, o którym wiadomo dziś, że jest spowodowany niedoborem witaminy C. Najstarsze wzmianki dotyczące żeglarzy, którzy cierpieli z powodu takiego niedoboru pochodzą z czasów starożytnego Egiptu. Było wiadomo, że ludzie na pokładach statków handlowych chorowali, lecz dokładna przyczyna nie była znana. Z powodu konieczności działania jako jednostki zdolne do życia, statki miały duże ilości sucharów oraz solonego mięsa na pokładach, ponieważ mogły one być przechowywane przez długi okres. Te składniki pokarmowe, które dostarczyłyby odpowiednią bazę energii potrzebnej każdego dnia, mogły być zastąpione rybami i serem. Te dodatkowe składniki miały skłonność do psucia się w krótkim czasie, a zatem substytut był potrzebny, gdy zostały one już spożyte. W dodatku, lekarstwo nie zostało znalezione aż do XVIII wieku, kiedy to szkocki medyk, James Lind (1736 – 1812), wynalazł leczenie zdolne do pokonania tej choroby²⁴. Lind przeprowadził eksperyment na tuzinie ludzi, którzy prawdopodobnie chorowali na skorbut, i u których zaobserwowano większość znanych dotychczas, udokumentowanych objawów. Podzielił on ludzi na sześć par i dał każdej z nich określoną dietę w celu przetestowania efektów ich odżywiania, a także zachowywania higieny. Po 14

²⁴ James Lind, *A treatise on the scurvy*, London 1753, str.192 – 196

dniach, Lind był w stanie wywnioskować, że jedyna grupa, która pokonała objawy szkorbutu, miała pomarańcze i cytryny w swoim menu. Pozostawił to „doświadczeniu innych, aby potwierdzili skuteczność tych owoców”, co znaczyło, że był świadom, że znalazł lekarstwo, lecz nie był pewien powodu, dla którego lekarstwo było tak wysoce efektywne. Badania nad beri-beri, chorobą niedoborową powodowaną brakiem witaminy B1, odniosły nawet większy sukces. Zaczęły się od różnych podejrzeń dotyczącymi tego, co powoduje chorobę, i były oparte na nieprawidłowym wniosku o tym, dlaczego może być leczona. Głównym naukowcem badającym beri-beri był Holender, Christian Eijkman (1858 – 1930), który miał szansę zbadać przyczynę oraz lekarstwo na beri-beri w tak zwanych dziś, “badaniach na wielką skalę”. Po zaawansowanym szkoleniu w Niemczech, gdzie Koch niedawno zidentyfikował bakterię jako przyczynę gruźlicy i cholery, Eijkman był przekonany, że beri-beri było również powodowane przez gatunkowe zarazki i próbował to udowodnić w ostrożnie kontrolowanych badaniach²⁵. Java, gdzie Eijkman prowadził swoje eksperymenty miała jakieś 280,000 więźniów w tym czasie. Eijkman kazał podawać tym więźniom dietę złożoną z łuskanego ryżu, z ryżu niełuskanego i mieszankę obu. Prowadził zapisy dotyczące pojawiania się beri-beri wśród więźniów²⁶. Dodatkowo, inne czynniki dotyczące higieny, które mogły spowodować chorobę, takie jak wentylacja czy przepuszczalność wody w podłogach, zostały wykluczone. Eijkman doszedł do wniosku, że więźniowie, którzy zachowywali dietę zawierającą łuskany ryż, byli bardziej atakowani przez beri-beri niż inni. Ale co powodowało taki efekt? Eijkman wywnioskował z innego badania, że biały ryż zawierał zarazki, które powodowały beri-beri, oraz że czerwona otoczka, która była usuwana przy polerowaniu ryżu, dostarczała antytoksynę. Ten punkt jest przełomowy w zrozumieniu, dlaczego udane eksperymenty wciąż mogą prowadzić do złych

wniosek. Dziś wiemy, że beri-beri jest chorobą deficytu, a zatem nie ma żadnego aktywnego zarazka, który powoduje infekcję lub coś podobnego. Jest ona powodowana permanentnym brakiem substancji, której nasze ciało potrzebuje do prawidłowej pracy. Kazimierz Funk był prawdopodobnie pierwszym badaczem, który był w stanie zawrzeć wszystkie efekty chorób niedoborowych w konstruktywnej teorii²⁷. Tłumaczył, że powodem szkorbutu, beri-beri i wielu innych chorób, które wybuchały, „nieurozmaicona dieta spożywana przez długie okresy”, ze względu na „niedobory substancji, która jest niezbędna w przemianie materii”. Funk twierdził, że wszystkie choroby wypisane w jego pracy z 1912 roku mogły być leczone przez zwykłe dodanie nowej klasy substancji organicznych, które nazwał witaminami (od vital amin, odnoszące się do struktury chemicznej nowej substancji) do pożywienia człowieka. Rozróżnił witaminy już odkryte przez współczesnych mu badaczy poprzez określenie, które choroby zostałyby dzięki nim wyleczone, np. dzisiejsza „witamina C” byłaby „witaminą szkorbutową”, „witamina B1” byłaby „witaminą beri-beri”. Funk również zilustrował jak i do jakiej ilości „witamina beri-beri” mogłaby być wytrącona z roztworu wodnego, i w końcu zaprezentował formułę chemiczną dla witamin.



Schemat Funka procesu destylacji w celu otrzymania witaminy beri-beri. Został on umieszczony w jego publikacji z 1912 r. i podobny proces mógłby być użyty do otrzymania osadu witamin zapobiegających szkorbutowi. Rysunek jest reprodukcją z pracy Funka „Etiologia i choroby z powodu braku witamin”, Journal of State Medicine, vol. 20 (1912), str. 347.

Funk również zilustrował efekty lecznicze przez dawanie dawki „witaminy beri-beri” ptakom

²⁵ Douglas Allchin, „Christiaan Eijkman & the Cause of Beriberi“ w: Doing Biology, Harper Collins, Glenview 1996

²⁶ Christiaan Eijkman, „Ein Versuch zur Bekämpfung der beri-beri“, Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie für klinische Medizin, vol. 149, str. 187 – 194

²⁷ Casimir Funk, „The etiology of deficiency diseases beriberi, polyneuritis in birds, epidemic deoppsy, scurvy, experimental scurvy in animals, infantile scurvy, ship beri-beri, pellagra“ w: Journal of State Medicine, vol. 20 (1912), str. 341 - 368

cierpiącym na tę chorobę. „Drobna dawka 40mg” wystarczała, aby wyleczyć gołębia w bardzo krótkim czasie, a także aby zapobiec nawrotowi tej choroby przez okres od siedmiu do dwunastu dni, nawet jeśli gołąb był znów poddany diecie zawierającej polerowany ryż. Po tym eksperymencie, dwie sprawy wydawały się oczywiste. Po pierwsze, witamina, jako czynnik leczniczy zdawał się aktywować proces leczniczy, a po drugie, ciało jest zdolne do przechowywania i oszczędnego używania witamin.

Tło historyczne: Jedzenie, energia i praca – rozwój nauki o żywieniu zostało napisane przez Andreasa Junka²⁸ przy wsparciu Komisji Europejskiej (projekt nr 518094-LLP-1-2011-1-GR-COMENIUS-CMP) i Uniwersytetu we Flensburgu, Niemcy. Publikacja odzwierciedla jedynie poglądy autorów i Komisja Europejska nie może być odpowiedzialna za jakiegokolwiek wykorzystanie oparte na informacjach w niej zawartych.

²⁸ Autor (a.junk@pchysol.com) pragnie podziękować Don’owi Metz’owi za dokonanie korekty manuskryptu.