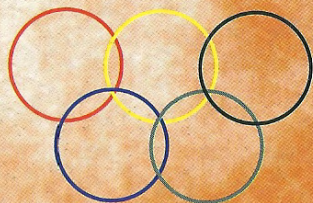


BIBLIOTECZKA OLIMPIADY WIEDZY O ŻYWIENIU



Witaminy

praca zbiorowa pod redakcją prof. Jana Gawęckiego



Biblioteczka Olimpiady Wiedzy o Żywieniu

Zeszyt 5

Witaminy

praca zbiorowa pod redakcją
prof. dr. hab. JANA GAWĘCKIEGO

Wydawca

Katedra Higieny Żywienia Człowieka
Wydawnictwo Akademii Rolniczej
im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Recenzenci

prof. dr. hab. Anna Gronowska-Senger
doc. dr. hab. Maria Wartanowicz

Poznań 2000

Biblioteczka Olimpiady Wiedzy o Żywieniu

REDAKCJA

Redaktor naczelny: prof. dr hab. JAN GAWĘCKI
Zastępca redaktora naczelnego: prof. dr hab. JAN PIKUL
Sekretarz redakcji: mgr inż. MAŁGORZATA ZIELKE

KOMITET REDAKCYJNY

dr JOLANTA CZARNOCIŃSKA (Poznań), prof. dr hab. JAN GAWĘCKI (Poznań),
dr ANNA KOLLAJTIS-DOŁOWY (Warszawa), dr JÓZEF KORCZAK (Poznań),
mgr inż. HALINA LIMANÓWKA (Szczecin), prof. dr hab. JAN PIKUL (Poznań),
dr LIDIA WĄDOŁOWSKA (Olsztyn), mgr inż. MAŁGORZATA ZIELKE (Poznań)

RADA PROGRAMOWA

prof. dr hab. ROMAN CICHON – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn
prof. dr hab. JANUSZ CZAPSKI – Akademia Rolnicza, Poznań
prof. dr hab. ANNA GRONOWSKA-SENGER – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
prof. dr hab. HENRYK GERTIG – Akademia Medyczna, Poznań
prof. dr hab. JAN PIKUL – Akademia Rolnicza, Poznań
prof. dr hab. WOJCIECH ROSZKOWSKI – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
mgr inż. EWA SUPERCZYŃSKA – Wojewódzki Ośrodek Metodyczny, Poznań
dr n. med. LUCJAN SZPONAR – Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa
prof. dr hab. ANNA BRZOZOWSKA – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
prof. dr hab. ŚWIATOSŁAW ZIEMLAŃSKI – Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa

ADRES REDAKCJI

Katedra Higieny Żywienia Człowieka
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu
60-624 Poznań, ul. Wojska Polskiego 31
tel. (0-61) 8487332 fax (0-61) 8487332

Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

ISBN 83-7160-215-4

Skład komputerowy, opracowanie graficzne rycin, okładka
TOM – Usługi Wydawnicze

Opracowanie redakcyjne
Anna Zielińska

Druk: Zakład Graficzny Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 67

SPIS TREŚCI

OD REDAKCJI	5
1. WITAMINY JAKO SKŁADNIK POŻYWIENIA – Jan Gawęcki	7
Pojęcie witamin i historia ich odkrycia	7
Budowa chemiczna i aktywność biologiczna witamin	11
2. ŹRÓDŁA WITAMIN W DIECIE I ICH STRATY W PROCESACH PRZETWÓRCZYCH – Irena Nadolna, Beata Przygoda	15
Charakterystyka produktów spożywczych z punktu widzenia zawartości witamin ..	15
Główne źródła witamin w diecie	27
Straty w procesach technologicznych i możliwości ich ograniczania	29
Wzbogacanie produktów spożywczych w witaminy	34
3. ZALECANE SPOŻYCIE WITAMIN Z ŻYWNOSCIĄ I SUPLEMENTAMI – Jan Gawęcki, Małgorzata Nogala-Kałucka	37
Normy spożycia witamin	37
Suplementacja witaminami	40
4. ROLA WITAMIN I SKUTKI ICH NIEDOBORU LUB NADMIARU W ORGANIZMIE CZŁOWIEKA – Małgorzata Nogala-Kałucka, Jan Gawęcki	45
5. WITAMINY W METABOLIZMIE – Jacek Koziół	55
Witaminy grupy B w metabolizmie węglowodanów	57
Witaminy grupy B w metabolizmie tłuszczów	58
Witaminy grupy B w metabolizmie białek	60
6. WSPÓLDZIAŁANIE FOLIANÓW I WITAMINY B₁₂ – Zenon Schneider ...	64
Niedobory witaminy B ₁₂ i folianów	68
7. WITAMINY ANTYOKSYDACYJNE – Światosław Ziemiański	71
8. WITAMINY A PRAKTYKA KULINARNA – Józef Korczak	78
Przechowywanie surowców	79
Obróbka wstępna	82

EO-00/1000/12



18.03.

[15,-]

K 110040
93203 II

Rozdrabnianie	85
Rozmrażanie mięsa	87
Obróbka cieplna	88
Przechowywanie potraw w stanie gorącym	95
Podsumowanie	97

9. WITAMINY W PYTANIACH I ODPOWIEDZIACH – Jan Gawęcki, <i>Małgorzata Zielke</i>	99
---	----

LITERATURA	106
-------------------------	-----

OD REDAKCJI

To już piąty zeszyt wydawany w ramach Biblioteczki Olimpiady Wiedzy o Żywieniu. Kończy on serię publikacji prezentujących podstawowe grupy składników odżywczych w aspektach: biochemicznym, towaroznawczym, żywieniowym, technologicznym i zdrowotnym. W ich powstawaniu czy to w charakterze autorów, czy recenzentów uczestniczyło szerokie grono specjalistów z całego kraju, wśród których nie zabrakło najwybitniejszych polskich żywieniowców i technologów żywienia. Dzięki temu kolejne tomiki były opracowane w sposób perfekcyjny i nowatorski, a jednocześnie przystępny, dlatego cieszyły się dużym zainteresowaniem nie tylko wśród nauczycieli i uczniów szkół średnich uczestniczących w Olimpiadzie, lecz także u studentów i kadry naukowej wyższych uczelni oraz osób zawodowo związanych z żywieniem człowieka.

W tym miejscu chciałbym złożyć serdeczne podziękowania wszystkim, którzy w jakikolwiek sposób przyczynili się do powstania naszej Biblioteczki w jej obecnej postaci, a w szczególności Fundacji Promocji Zdrowego Żywienia INSTYTUTU DANONE, która od początku wspierała finansowo tę inicjatywę.

Obecna książka poświęcona jest witaminom, będącym najbardziej wrażliwymi składnikami naszego pożywienia. Mając to na uwadze, główny akcent położyliśmy w niej na sprawy zachowania wartości witaminowej produktów i potraw. Współczesna wiedza o poszczególnych witaminach, acz z pewnością niepełna, jest tak rozległa, że szczegółowe jej przedstawienie przekraczałoby wielokrotnie ramy niniejszej publikacji. Dlatego charakteryzując budowę chemiczną witamin oraz ich właściwości i znaczenie dla organizmu człowieka, staraliśmy się, podobnie jak to miało miejsce w książeczce o składnikach mineralnych, ująć rzecz całościowo, zwracając uwagę na powiązania i interakcje między różnymi witaminami. W końcowym rozdziale spróbowaliśmy wyjaśnić najczęściej występujące wątpliwości i kontrowersje, stosując formułę pytań i odpowiedzi.

Zachęcając do lektury, życzę wszystkim Czytelnikom, aby znaleźli w niej interesujące informacje i inspirację do dbania o własne zdrowie, a nauczycielom i uczestnikom V Olimpiady Wiedzy o Żywieniu, której tematem wiodącym będą właśnie witaminy, wytrwałości i sukcesów

Prof. dr hab. JAN GAWĘCKI
Przewodniczący Komitetu Głównego
Ogólnopolskiej Olimpiady Wiedzy o Żywieniu

Katedra Higieny Żywienia Człowieka

Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

1. WITAMINY JAKO SKŁADNIK POŻYWIENIA

Pojęcie witamin i historia ich odkrycia

Witaminy to związki organiczne, w niewielkich ilościach niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu, które powinny być stale dostarczane z pożywieniem. Witaminy nie są dla naszego ustroju ani źródłem energii, ani materiałem budulcowym, ale spełniają w komórkach i tkankach różnorakie funkcje regulacyjne, decydując o rozwoju, stanie zdrowia i wydolności fizycznej człowieka.

Termin „witamina” wprowadził w 1911 roku polski badacz, Kazimierz Funk, który stwierdził, że wyodrębniona przez niego z otrąb ryżowych substancja przywracająca zdrowie chorym na porażenie wielonerwowe (choroba „beri-beri”) jest pod względem chemicznym aminą. Nazwał ją witamina, tzn. amina niezbędna do życia (od łacińskiego *vita* – życie). Nazwa ta przyjęła się i do dziś jest powszechnie stosowana, mimo iż większość odkrytych później witamin nie ma charakteru aminowego, a część w ogóle nie zawiera azotu.

Pojęcie witamin jako substancji egzogennych jest gatunkowo specyficzne i na przykład kwas askorbinowy jest witaminą jedynie dla człowieka, małpy i świnki morskiej, natomiast inne gatunki zwierząt zdolne są same wytwarzać potrzebne ilości tego kwasu i nie stanowią dla nich witaminy. Wprawdzie niektóre witaminy mogą w pewnym zakresie powstawać także w organizmie człowieka, ale produkcja ta jest niewystarczająca i nie pokrywa naszego fizjologicznego zapotrzebowania. Dotyczy to:

- większości witamin grupy B i witaminy K – wytwarzanych przez mikroflorę w jelitach,
- witaminy D₃ – syntetyzowanej w skórze z 7-dehydrocholesterolu (prowitamina D) pod wpływem promieni ultrafioletowych,
- witaminy PP – wytwarzanej z aminokwasu tryptofanu,

• witaminy A – powstające w organizmie z beta-karotenu (prowitamina A) i niektórych innych karotenoidów w wyniku tzw. biokonwersji.

Z wprowadzeniem pojęcia witamin wiąże się pewien istotny przełom w sposobie myślenia o powstawaniu chorób. Do tego czasu przez stulecia przyczyn chorób upatrywano w działaniu czynników zewnętrznych takich, jak: zjawiska atmosferyczne (np. piorun), trucizny, bakterie, wirusy, czy nawet „złe duchy” itp. (tabela 1), które obarczano winą za występowanie dolegliwości i zgony. Znano też cztery grupy składników pokarmowych, które człowiek powinien otrzymywać w pożywieniu. W początkach XX wieku coraz więcej zwolenników zaczęło zdobywać pogląd, że choroba również może pochodzić z wewnątrz organizmu i być wywołana brakiem lub niedoborem nieznanych a potrzebnych do życia substancji. Wcześniejsze obserwacje nad leczeniem niektórych schorzeń za pomocą produktów żywnościowych doprowadziły ówczesnych uczonych do słusznego wniosku, że źródłem tych substancji powinno być właściwe odżywianie. Zapoczątkowało to trwający blisko 40 lat okres odkrywania witamin, które najogólniej mówiąc, sprowadzało się do:

- zaobserwowania związku między ustępowaniem objawów jakiejś choroby a spożywaniem określonego pokarmu,
- wyizolowania z tego pokarmu substancji odpowiedzialnej za ów leczniczy efekt,
- określenia natury chemicznej tej substancji i jej właściwości,
- sprawdzenia skuteczności leczniczej danej substancji i ogłoszenia jej nową witaminą z nadaniem odpowiedniego symbolu literowego.

Tabela 1. Ewolucja poglądów na czynniki żywieniowe decydujące o zdrowiu człowieka i przyczyny chorób

Wiek	Niezbędny dla zdrowia czynnik związany z pożywieniem	Przyczyna choroby
V p.n.e.	jeden czynnik odżywczy („materia”, woda)	„złe duchy”, zjawiska atmosferyczne
I p.n.e.	cztery elementy odżywcze (o różnym smaku i wartości) – tzw. „tetraedr odżywczy”	przejedzenie, trucizna
XVIII	energia wyzwolana w procesie spalania	
XIX	białka, tłuszcze, węglowodany, składniki mineralne	bakterie chorobotwórcze
XX (I połowa)	witaminy	hipoalimentacja, wirusy
XX (II połowa)	NNKT, błonnik pokarmowy, oligosacharydy, polifenole, probiotyki	substancje antyodżywcze, skażenie środowiska

Aspiracje wielu uczonych do wpisania się na listę odkrywców doprowadziły do tego, że w latach pięćdziesiątych mianem witamin określano blisko 30 substancji, oznaczając je literami niemal całego alfabetu, a samych witamin B było siedemnaście. W tym też czasie nauka o witaminach wyodrębniła się jako oddzielna dyscyplina wiedzy i przyjęła nazwę **witaminologii**. Jej rozwój stopniowo doprowadził do wykluczenia z wykazu witamin wielu substancji, które bądź to nie spełniały wymagań przyjętej definicji, bądź też okazały się być pochodnymi związków wcześniej odkrytych. Do substancji, które utraciły status witamin zalicza się:

- niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe – NNKT (linolowy, linolenowy i arachidonowy) – niegdyś nazywane witaminą F, które są nam potrzebne w większych ilościach (10-12 g) i stanowią źródło energii;
- kwas paraaminobenzoesowy (witamina B_x), mezoinozytol (witamina B₈) i rutyna (witamina P), które nie okazały się niezbędne dla organizmu człowieka;
- kwas pangamowy (witamina B₁₅), którego aktywności witaminowej u ludzi nie potwierdzono.

Obecnie wyróżniamy 13 witamin, z czego 4 są rozpuszczalne w tłuszczach, a 9 rozpuszczalnych w wodzie. W tabeli 2 zestawiono symbole tych witamin, dane o ich odkryciu i nazwy chemiczne. Należy zaznaczyć, że w większości przypadków ustalenie ścisłego roku odkrycia konkretnej witaminy i jej odkrywcy jest niełatwe, a niekiedy wręcz niemożliwe, gdyż w proces odkrywania, który trwał kilka, a czasem kilkanaście lat, zaangażowanych było wielu badaczy. Zawarte w tabeli dane należy więc traktować jako orientacyjne.

Tradycyjnie dzieli się witaminy na dwie grupy, biorąc pod uwagę ich rozpuszczalność:

– witaminy rozpuszczalne w tłuszczach: A, D, E i K, które mają zdolność do gromadzenia się w niektórych naszych tkankach. Witaminy te nie muszą być koniecznie w wymaganej ilości spożywane codziennie, a ich dostępność zależy od obecności w pożywieniu tłuszczu i prawidłowego jego wchłaniania.

– witaminy rozpuszczalne w wodzie, tzw. witaminy grupy B (B₁, B₂, B₆, B₁₂, PP, biotyna, folacyna i kwas pantotenowy) oraz witamina C. Witaminy te nie kumulują się w organizmie, a ich nadmiar jest wydalany z moczem, dlatego muszą być codziennie dostarczane w pożywieniu.

Ostatnio spotyka się także inny podział witamin, oparty na różnicach w mechanizmie działania w organizmie oraz na kryterium obecności azotu w cząsteczce. Zgodnie z tą klasyfikacją witaminy dzielimy na:

- witaminy będące związkami azotowymi (wszystkie witaminy grupy B), które działając jako koenzymy, regulują zachodzące w organizmie procesy metaboliczne,
- witaminy nie zawierające azotu, czyli bezazotowe (A, D, E, K i C), które pełnią w organizmie głównie pozakoenzymatyczne funkcje regulacyjne.

Tabela 2. Witaminy i historia ich odkrywania

Witamina (symbol literowy)	Rok odkrycia	Odkrywcy	Nazwa chemiczna	Inne formy**
B ₁	1897 (1912)	Eijkman, Łunin, Funk	tiamina	chlorowodorek tiaminy
A	1909 (1915)	Hopkins, Stepp, Davis	retinol (A ₁)	retinal, kwas retinowy, dehydroretinol (A ₂), estry retinylu
C	1912	Szent- Györgyi, Haworth	kwas askorbinowy	kwas dehydroaskorbinowy
D	1918 (1922)	Mc Collum	cholekalcyferol (D ₃)	ergokalcyferol (D ₂)
B ₂	1920 (1933)	Kuhn	ryboflawina	fosforan ryboflawiny
E	1922	Evans, Bishop	alfa-tokoferol	inne tokoferole i tokotrienole
B ₁₂	1926 (1948)	Whipple, Minot, Murphy	cyjanokobalamina	hydroksykobalamina, metylokobalamina
K	1929 (1939)	Damm, Doisy	filochinon (K ₁)	menachinon (K ₂), menadion (K ₃)
B ₅ *	1933 (1939)	Williams	kwas pantotenowy	pantotenol, pantotenan wapnia
H*	1935 (1942)	Boas, Kogl, Harris	biotyna	biocytyna, oksybiotyna
B ₆	1935 (1939)	Gyorgy, Kuhn	pirydoksyna	pirydoksał, pirydoksamina
PP (B ₃)	1936	Warburg, Goldberger	niacyna	kwas nikotynowy
B ₉ (M)*	1938 (1946)	Snell, Wills	folacyna	kwas foliowy, foliany

* Do określenia tych witamin dziś powszechnie stosuje się nazwy chemiczne, jedynie sporadycznie odwołując się do ich pierwotnych symboli literowych.

** Formy koenzymatyczne witamin grupy B – patrz rozdział 5.

Budowa chemiczna i aktywność biologiczna witamin

Witaminy są grupą związków o bardzo różnorodnej budowie chemicznej, przy czym jak wyżej wspomniano, tworzą dwie rodziny różniące się obecnością azotu w cząsteczce.

Z rycin 1, II, VI i VII (patrz wkładka), na których przedstawiono wzory chemiczne podstawowych związków utożsamianych z poszczególnymi witaminami wynika, że zdecydowana większość z nich ma budowę pierścieniową lub zawiera w swoim składzie takie struktury pierścieniowe. Wyjątek stanowią jedynie kwasy: askorbinowy i pantotenowy. Stosując bardziej ściśle kryteria klasyfikacji związków organicznych, oba te kwasy zalicza się do związków alifatycznych, witaminy A i D do związków alicyklicznych, witaminę K do związków aromatycznych, zaś wszystkie pozostałe witaminy do związków heterocyklicznych.

Zwraca uwagę fakt, że witaminę B₁ i biotynę wyróżnia dodatkowo posiadanie w swoim składzie siarki, a witaminę B₁₂ – kobaltu. Kilka witamin po dołączeniu dodatkowych grup (np. reszta kwasu fosforowego, adenina i ryboza) przekształca się w formy koenzymatyczne (patrz rozdziały 5 i 6 oraz barwne ryciny VI i VII).

W miarę rozwoju biochemii witamin poznawano coraz to nowe występujące w przyrodzie związki chemiczne, które w większym lub mniejszym stopniu mają właściwości określonej witaminy i wykazują zdolność zapobiegania charakterystycznym objawom niedoboru. Na dodatkowe rozszerzenie gamy tych związków wpłynęła produkcja syntetycznych preparatów witaminowych przeznaczonych do wzbogacania żywności lub zażywania w postaci tabletek. Niektóre związki wymagają wcześniejszego przekształcenia w organizmie we właściwą witaminę, dlatego nazywa się je *provitaminami*. I tak, beta-karoten do dziś określa się mianem prowitaminy A, zaś 7-dehydrocholesterol mianem prowitaminy D. Inne związki różnią się od podstawowej formy witaminy grupami funkcyjnymi (np. hydroksykobalamina, retinal), wiązaniami podwójnymi (np. tokotrienole, dehydroretinol, ergokalcyferol), łańcuchem bocznym (np. menachinon) albo są jej solą (np. pantotenan wapnia) lub estrem (np. palmitynian retinylu). Te drobne niekiedy różnice w budowie chemicznej mogą skutkować odmienną rozpuszczalnością i stabilnością, a także zmieniać stopień absorpcji z przewodu pokarmowego i efektywność oddziaływania w organizmie. W tej sytuacji zaistniała konieczność wprowadzenia do nauki o witaminach dwóch pojęć: biodostępność i aktywność biologiczna.

Biodostępność wyraża stopień, w jakim dany związek jest uwalniany w przewodzie pokarmowym z połączeń występujących w żywności, a następnie wchłaniany i rozprzodkowany do tkanek i narządów.

Aktywność biologiczna, inaczej nazywana bioaktywnością, jest pojęciem szerszym i określa stopień, w jakim określony związek jest przyswajany z pożywienia, przekształcany w postaci aktywnej witaminy i zapobiega objawom niedoboru.

Na bioaktywność witamin ma wpływ wiele czynników zewnątrz- i wewnątrz-ustrojowych. Do najważniejszych należą:

- forma chemiczna,
- źródło (pożywienie, preparat farmaceutyczny) i spożyta ilość,
- obecność substancji działających antagonistycznie lub synergistycznie,
- sprawność mechanizmów wchłaniania jelitowego (w przypadku witamin A, D, E i K obecność tłuszczu oraz odpowiedni poziom wydzielania żółci i aktywności esteraazy karboksylowej – enzymu rozkładającego estry tych witamin),
- poziom białek transportujących określone formy danej witaminy (np. białka wiążące retinol RBP – Retinol Binding Protein, które przenoszą ten związek z wątroby do tkanek, czynnik wewnętrzny IF – Intrinsic Factor, wiążący witaminę B₁₂),

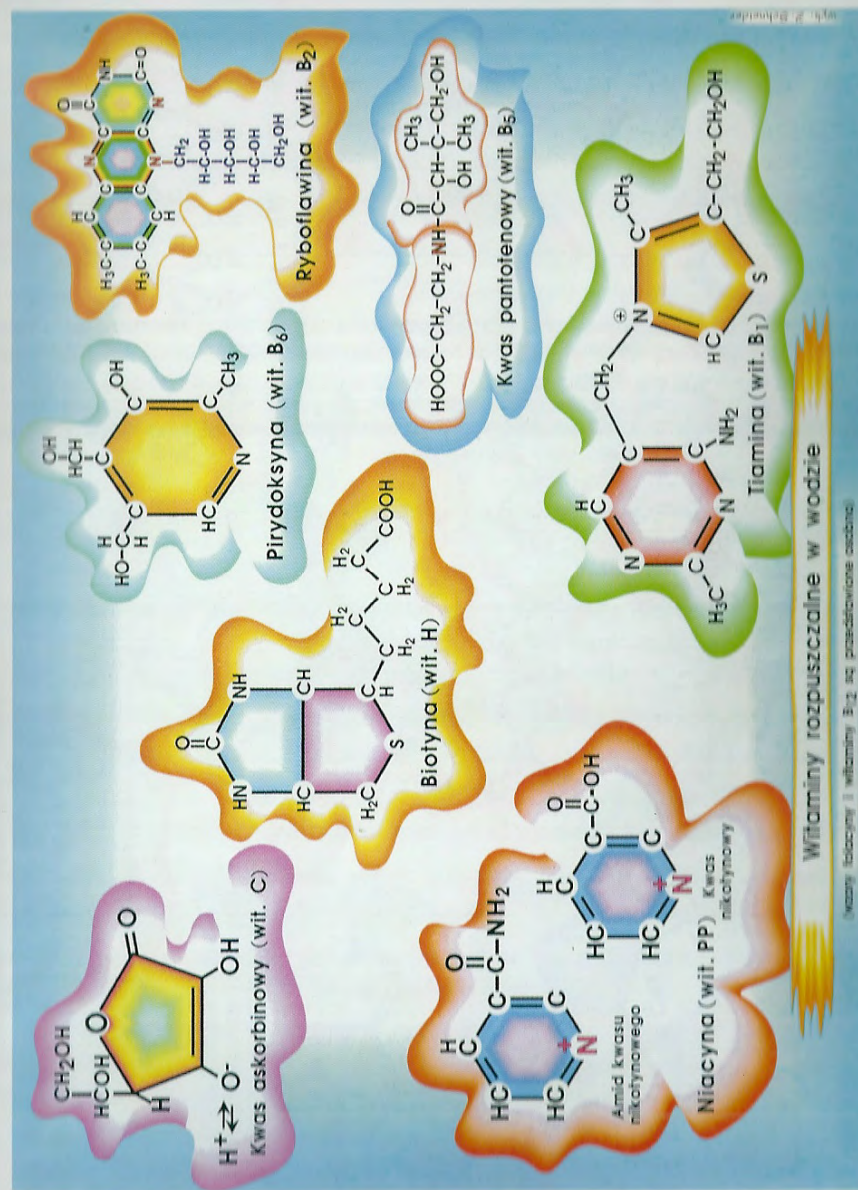
- stan odżywienia (wielkość zapasów ustrojowych),
- sprzężenia i zaburzenia metaboliczne związane z chorobami i stosowaniem leków.

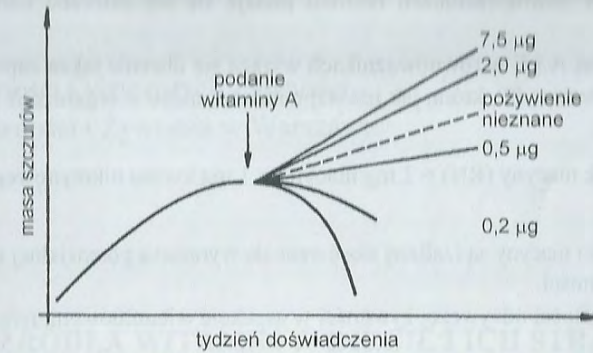
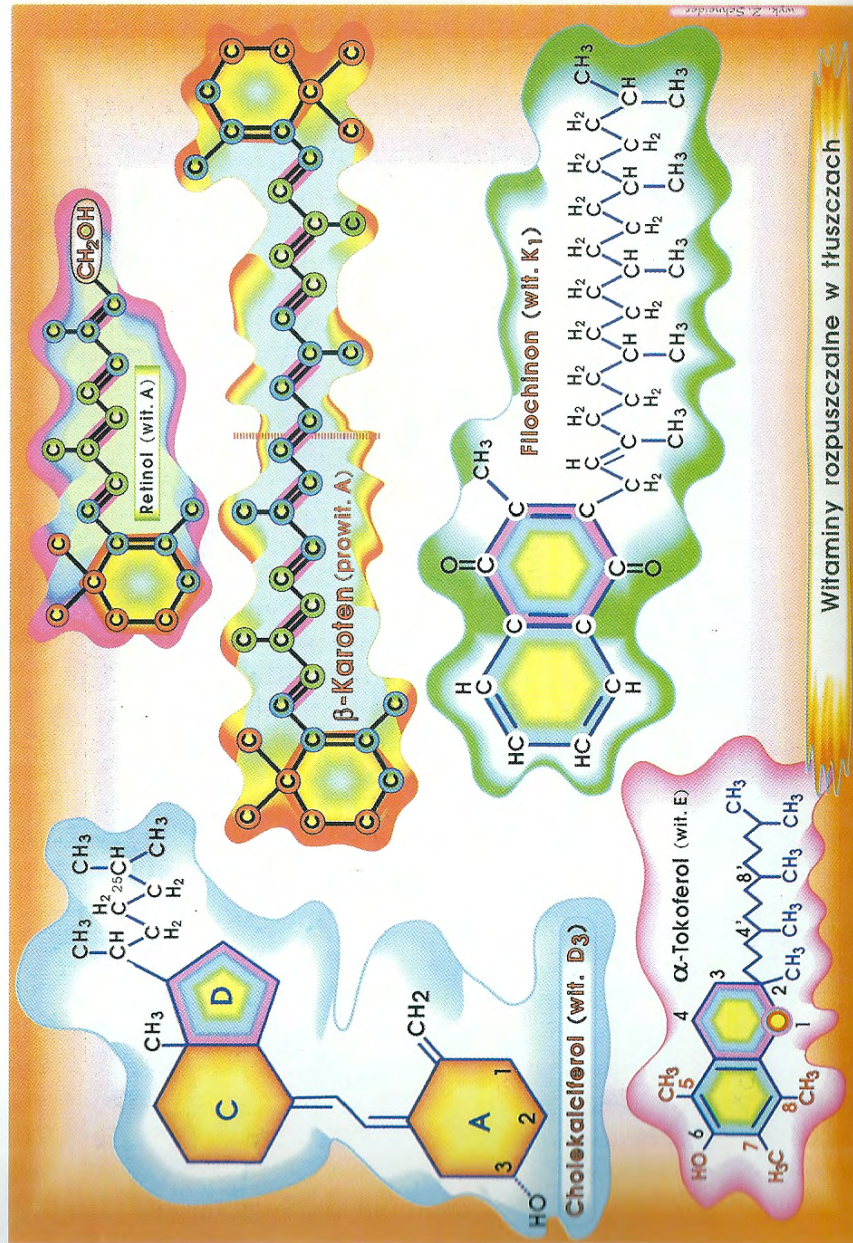
W tabeli 3 porównano aktywność biologiczną różnych związków o charakterze witamin A i E. Należy pamiętać, że aktywność biologiczna preparatów witaminowych w postaci estrów lub soli jest zmniejszona przez obecność w cząsteczkach tych związków poza uwalniającą w przewodzie pokarmowym aktywną witaminą (np. retinol lub kwas pantotenowy) także fragmentów nie wykazujących żadnej aktywności witaminowej (np. reszta kwasu cytrynowego lub palmitynowego, jon wapnia itp.). Im większy jest udział takiego fragmentu w gramocząsteczce danego związku, tym niższa jest jego aktywność biologiczna. Stąd na przykład cytrynian retinolu ma aktywność 87-procentową, podczas gdy palmitynian retinolu jedynie 56-procentową.

Tabela 3. Aktywność biologiczna różnych związków zaliczanych do witamin A i E

Forma witaminy A	Bioaktywność (%)	Forma witaminy E	Bioaktywność (%)
Trans-retinol	100	Alfa-tokoferol	100
Cis-retinol	23-75	Octan alfa-tokoferolu	21-100
Dehydroretinol	30	Beta-tokoferol	50
Estry retinolu	10-90	Gamma-tokoferol	10
Alfa-karoten	8	Delta-tokoferol	3
Beta-karoten	17	Alfa-tokotrienol	30
Gamma-karoten	5	Beta-tokotrienol	5
Kryptoksantyna	9	Gamma-tokotrienol	4

Mnogość związków wykazujących w różnym zakresie aktywność biologiczną witamin, w szczególności A i E, uczyniła koniecznym ujednoczenie sposobu wyrażania zapotrzebowania organizmu na te witaminy i ich zawartości w pożywieniu z uwzględnieniem różnic w efektywności działania biologicznego. W tym celu przeprowadzano na różnych gatunkach zwierząt rozmaite testy, w których najpierw wywoływano objawy niedoboru danej witaminy, a następnie ustalano wielkość dawki potrzebnej do ich cofnięcia. Przykładami takich testów mogą być: test wzrostowy na witaminę A – wykonywany na szczurach „zubożonych” w tę witaminę (rysunek 1) lub test hemolityczny na witaminę E – wykonywany na krwinkach kurek żywnych paszą pozbawioną tej witaminy.





Rysunek 1. Test wzrostowy na witaminę A. Młode szczury pozbawione witaminy A w pożywieniu rosną przez 4-5 tygodni, dopóki nie wyczerpie się zapas witaminy w ich wątrobie, po czym przestają rosnąć i giną. Jeśli dostarczymy im w pożywieniu witaminę A, spadek masy ciała zostanie zahamowany i masa ciała ponownie zaczyna przyrastać w stopniu zależnym od zawartości witaminy w spożywanym pokarmie. Za pomocą powyższego testu można ustalać wielkość zapotrzebowania organizmu na witaminę A, a także określać jej zawartość w nieznanym pożywieniu

Początkowo do wyrażania aktywności witaminowej żywności wprowadzono pojęcie **jednostek międzynarodowych – j.m.** (*IU – International Unit*). I tak na przykład:

- 1 j.m. witaminy A = 0,3 μg trans retinolu lub 0,6 μg beta-karotenu
- 1 j.m. witaminy D = 0,025 μg cholekalciferolu lub ergokalciferolu
- 1 j.m. witaminy E = 1 mg octanu alfa-tokoferolu

Obecnie stosuje się tzw. **równoważniki (ekwiwalenty)**, które odnoszą ilość danego związku do formy wykazującej największą aktywność danej witaminy. Dla witaminy A jest to równoważnik retinolu – RR (*RE Retinol Equivalent*)

$$1 \mu\text{g RR} = 1 \mu\text{g retinolu} = 6 \mu\text{g beta-karotenu} = 12 \mu\text{g innych karotenoidów}$$

Dla witaminy E stosuje się równoważnik alfa-tokoferolu – RT (*TE Tocopherol Equivalent*)

$$1 \text{ mg RT} = 1 \text{ mg alfa-tokoferolu} = 2 \text{ mg beta-tokoferolu} = 4 \text{ mg gamma-tokoferolu} = 5 \text{ mg alfa-tokotrienolu} = 25 \text{ mg beta lub gamma-tokotrienolu}$$

Jak widać z powyższego, żeby określić rzeczywistą zawartość witaminy A w produktach, posiłkach czy całodziennych racjach pokarmowych, trzeba oznaczyć w nich zawartość retinolu, beta-karotenu i innych karotenoidów, a następnie skorzystać ze wzoru: $\text{zawartość witaminy A } (\mu\text{g RR}) = \text{ilość } \mu\text{g retinolu} + 0,167 \text{ ilości } \mu\text{g beta-karotenu} + 0,084 \text{ ilości } \mu\text{g innych karotenoidów}$

Tak właśnie od 1967 roku jest wyliczana zawartość witaminy A w poszczególnych asortymentach żywności, którą podają tabele składu i wartości odżywczych produktów

spożywczych. W równoważnikach retinolu podaje się też zalecane normy spożycia witaminy A.

Poza witaminą A i E w równoważnikach wyraża się obecnie także zapotrzebowanie organizmu na witaminę PP, która, jak już wspomniano, może w organizmie powstawać z tryptofanu. I tak:

1 równoważnik niacyny (RN) = 1 mg niacyny = 1 mg kwasu nikotynowego = 60 mg tryptofanu

Równoważniki niacyny są rzadziej stosowane do wyrażania potencjalnej zawartości tej witaminy w żywności.

Mówiąc o wartości odżywczej żywności w aspekcie witaminowym, należy rozróżnić dwa pojęcia:

produkt bogaty w witaminę, czyli produkt o bardzo dużej jej zawartości, ale spożywany sporadycznie i w niewielkich ilościach. Może służyć jako dodatek bezpośrednio wzbogacający dietę lub być stosowany do produkcji koncentratu bądź izolatu danej witaminy wykorzystywanego przy wzbogacaniu żywności, na przykład owoce dzikiej róży są bogate w witaminę C, drożdże w witaminy grupy B, zaś zarodki pszenne – w witaminę E.

dobrze źródło w żywieniu czyli produkt, który choć nie zawsze obfituje w daną witaminę, to ze względu na duże i powszechne spożycie pokrywa znaczny odsetek naszego dziennego zapotrzebowania na tę witaminę, na przykład ziemniaki są dobrym źródłem witaminy C, a produkty zbożowe – witaminy B₁.

Wartość żywności jako dostarczyciela witamin zależy nie tylko od ich zawartości i aktywności biologicznej, lecz także od takich czynników, jak:

- połączenia, w jakich witamina występuje naturalnie w produkcie, na przykład kwas nikotynowy tworzy w kukurydzy trudno przyswajalne związki z glukozą.
- zawartość w produkcie składników zwiększających zapotrzebowanie organizmu na daną witaminę, na przykład, duża zawartość węglowodanów wymaga dostarczenia większej ilości tiaminy, a duża zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych zwiększa zapotrzebowanie na witaminę E niezbędną do ich ochrony przed utlenieniem, a tym samym obniża wartość oleju jako źródła tej witaminy. Na marginesie warto wspomnieć, że optymalny stosunek zawartości witaminy E (w równoważnikach alfa-tokoferolu) do zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (w gramach NNKT) w żywieniu, znany jako wskaźnik Harrisa, wynosi 0,4-0,6.
- obecność antywitamin. *Antywitamina* to związki organiczne podobne pod względem budowy chemicznej do witamin. Mogą one wchodzić w połączenia, za których pośrednictwem witaminy spełniają swoją funkcję w organizmie, lecz są niezdolne do wykonywania tej funkcji. Antywitaminami są na przykład: dezoksyripydoksyna (dla witaminy B₆), galaktoflawina (dla witaminy B₂), czy oksytiamina (dla witaminy B₁).
- obecność substancji wiążących witaminy, na przykład zawarte w jajku kurzym białko awidyna blokuje biotynę.
- obecność enzymów rozkładających witaminy, uaktywniających się podczas niewłaściwego przygotowywania potraw (patrz rozdział 8).

Dr IRENA NADOLNA
Mgr inż. BEATA PRZYGODA

Zakład Wartości Odżywczych Żywności
Instytut Żywności i Żywienia w Warszawie

2. ŹRÓDŁA WITAMIN W DIECIE I ICH STRATY W PROCESACH PRZETWÓRCZYCH

Charakterystyka produktów spożywczych z punktu widzenia zawartości witamin

Witaminy należą do związków dość szeroko rozpowszechnionych w produktach spożywczych zarówno pochodzenia roślinnego, jak i zwierzęcego. Produkty spożywcze różnią się jednak znacznie tak pod względem występowania w nich witamin, jak i pod względem ich zawartości. Nie ma żadnego produktu, który byłby w jednakowym stopniu źródłem wszystkich witamin. Dlatego powinniśmy wiedzieć, jakie produkty są źródłem poszczególnych witamin oraz jakie czynniki są przyczyną ich strat związanych z przetwórstwem żywności na drodze od surowca do produktu gotowego do spożycia.

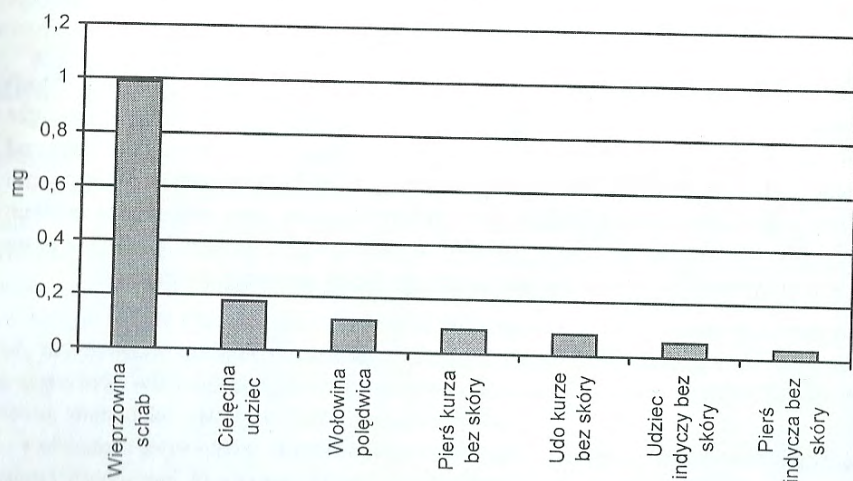
Niniejszy rozdział zawiera dane o zawartości folaeiny, witaminy B₁₂ i witaminy D pochodzące z przygotowywanego do druku suplementu witaminowego do głównego wydania tabel. Dane o zawartości pozostałych witamin w produktach pochodzą z obecnego wydania monografii: „Tabele wartości odżywczej produktów spożywczych” (H. Kunachowicz, I. Nadolna, B. Przygoda, K. Iwanow; Prace IŻŻ 85, Warszawa 1998).

Witaminy rozpuszczalne w wodzie

Tiamina

Tiamina (witamina B₁) występuje w znacznych ilościach zarówno w produktach pochodzenia roślinnego, jak i zwierzęcego. Spośród produktów roślinnych szczególnie dobrym jej źródłem są produkty zbożowe i suche nasiona roślin strączkowych. W produktach zbożowych zawartość tej witaminy waha się w zależności od gatunku zboża, wysokości wymiału oraz procesów technologicznych stosowanych w produkcji.

Produkty zwierzęce odznaczają się dość zróżnicowaną zawartością tiaminy, która zależy od udziału tłuszczu, tkanki mięśniowej oraz łącznej. Najwięcej tej witaminy znajduje się w tkance mięśniowej, stąd gatunki mięsa o dużej zawartości tłuszczu będą miały mniej tiaminy. Zawartość tiaminy waha się w szerokim zakresie w zależności od gatunku mięsa (rysunek 2). Przedstawione wartości wskazują, że najbogatszym w tiaminę gatunkiem mięsa jest wieprzowina, na przykład schab, który zawiera około 1 mg w 100 g. Do najuboższych źródeł należą: mięso drobiowe, wołowina i cielęcina, które zawierają około 10-krotnie mniej tej witaminy w stosunku do wieprzowiny.



Rysunek 2. Zawartość tiaminy w 100 g części jadalnych wybranych gatunków mięs

Pod względem zawartości tiaminy produkty spożywcze można podzielić na następujące grupy:

Zawartość tiaminy w 100 g	Produkty spożywcze
Poniżej 0,05 mg	mleko, jogurty, sery dojrzewające i twarogowe, ryby (śledzie), owoce (maliny, brzoskwinie, banany, jabłka)
0,10-0,50 mg	mąka pszenna wrocławska, pieczywo (bulki pszenne, chleb mieszany, chleb żytni razowy, chleb graham), makaron, kasza jęczmienna, płatki owsiane, ryż, ryby (makrele, łososie)
0,50-1,00 mg	wieprzowina – schab, kasze: gryczana i jaglana, strączkowe (fasola biała, soja, groch), otręby pszenne
Powyżej 1,00 mg	soczewica czerwona, nasiona słonecznika, zarodki pszenne, drożdże

Najmniej tiaminy (poniżej 0,05 mg w 100 g) zawierają: mleko, jogurty, sery dojrzewające i twarogowe, niektóre owoce (banany, brzoskwinie czy jabłka), a najwięcej (0,5 mg i powyżej 1 mg) mięso wieprzowe, kasze: gryczana i jaglana, suche nasiona roślin strączkowych (fasola, soja, groch, soczewica), ziarna słonecznika, zarodki pszenne oraz drożdże.

Ryboflawina

Ryboflawina (witamina B₂) tylko w niektórych produktach spożywczych znajduje się w większych ilościach. Szczególnie dobrym jej źródłem są: mięso i wędliny wieprzowe i drobiowe, wątroba, ziemniaki, suche nasiona roślin strączkowych (fasola) oraz produkty zbożowe. Mleko i przetwory mleczne bez względu na zawartość w nich tłuszczu, z uwagi na częstotliwość spożywania, są jednym z podstawowych źródeł ryboflawiny w diecie. Pod względem zawartości ryboflawiny produkty można podzielić na następujące grupy:

Zawartość ryboflawiny w 100 g	Produkty spożywcze
Poniżej 0,05 mg	owoce (jabłka, pomarańcze), warzywa (ogórki, pomidory), ziemniaki, ryż biały, kasze: manna, jęczmienna i pęczak, płatki kukurydziane, ryby (dorsze)
0,05-0,10 mg	mąka pszenna wrocławska, pieczywo (bulki pszenne, chleb graham), ryby (mintaje), owoce (truskawki), warzywa (kapusta biała, pietruszka – korzeń, seler), orzechy laskowe
0,10-0,50 mg	mleko, sery twarogowe i dojrzewające, banany, warzywa (brokuły, szpinak), fasola biała, kasza gryczana, płatki owsiane, kurczaki, ryby (makrele)
0,50-1,00 mg	zarodki pszenne, jaja kurze
Powyżej 1 mg	serca wieprzowe, wątróbka z kurczaka, wątroba wieprzowa, wątroba wołowa, drożdże piekarskie

Do produktów zawierających najmniej ryboflawiny (tzn. poniżej 0,05 mg w 100 g) należą między innymi: kasze manna i jęczmienna, ryż biały, ziemniaki, ogórki, jabłka i pomarańcze. Najwięcej tej witaminy (powyżej 1 mg w 100 g) zawierają drożdże piekarskie oraz podroby takie jak: wątroba (wieprzowa, wołowa i drobiowa) i serca wieprzowe.

Niacyna

Niacyna (witamina PP) w znacznych ilościach występuje w mięsie i przetworach mięsnych, zwłaszcza w mięsie drobiowym i wieprzowym oraz w wątrobie, a spośród produktów roślinnych szczególną uwagę należy zwrócić na produkty zbożowe i ziemniaki. W żywności niacyna występuje w postaci kwasu nikotynowego i jego amidu. Kwas nikotynowy znajduje się w większych ilościach w produktach pochodzenia zwierzęcego, a amid kwasu nikotynowego w produktach pochodzenia roślinnego. Należy pamiętać, że niacyna może tworzyć się w organizmie z zawartego w produktach tryptofanu (z 60 mg tryptofanu powstaje 1 mg niacyny).

Najmniej tej witaminy (poniżej 0,5 mg w 100 g) znajduje się w mleku i przetworach mlecznych, jajach, niektórych warzywach (cebula, kapusta biała, marchew) i owocach (gruszki, jabłka, pomarańcze, truskawki). Przedstawione wartości nie uwzględniają ilości niacyny, które mogą być wytworzone z tryptofanu.

Zawartość niacyny w 100 g	Produkty spożywcze
Poniżej 0,10 mg	sery topione i dojrzewające, kefir, śmietana, jaja kurcze
0,10-0,50 mg	mleko, jogurty, sery twarogowe, mąka pszenna wrocławska, płatki kukurydziane, owoce (jabłka, pomarańcze, truskawki), warzywa (kapusta biała, cebula, marchew)
0,50-1,00 mg	pieczywo (chleb mieszany, chleb żytni razowy, bułki pszenne, pumpernikiel), makaron, kasza manna, ryż biały, płatki owsiane, owoce (banany, kiwi, morele), warzywa (brokuły, brukselka)
1,00-5,00 mg	ziemniaki, chleb graham, kasze: gryczana i jęczmienna, ryż brązowy, fasola biała, pomidory, ryby (mintaje, dorsze, śledzie), mięso z piersi indyka
5,00-10,00 mg	połędwica sopocka, kurczaki, wieprzowina – schab, mięso z udźca indyka, ryby (łososie, makrele wędzone), zarodki pszenne, otręby pszenne
Powyżej 10 mg	mięso i połędwica z piersi kurczaka, wątróbka z kurczaka, wątroba wołowa i wieprzowa, orzechy arachidowe

Witamina B₆

Witamina B₆ znajduje się w zróżnicowanych ilościach zarówno w produktach roślinnych, jak i zwierzęcych. Pod nazwą witamina B₆ występują trzy jej formy: pirydoksyna, pirydoksal i pirydoksamina. W produktach pochodzenia roślinnego przeważa witamina pod postacią pirydoksyny, a w produktach pochodzenia zwierzęcego występuje głównie pod postacią pirydoksalu i pirydoksaminy. Formy te różnią się wrażliwością na warunki technologiczne stosowane w przetwórstwie żywności.

Głównym źródłem witaminy B₆ są produkty zbożowe, ziemniaki oraz mięso i wędliny. Najmniejszymi ilościami witaminy B₆ (poniżej 0,05 mg w 100 g) charakteryzują się płatki kukurydziane, mąka pszenna o najniższym wymiale, tzw. typ 500, pieczywo pszenne oraz niektóre owoce. W mleku i przetworach mlecznych znajduje się poniżej 0,10 mg tej witaminy w 100 g. Spośród warzyw najmniej zawierają: ogórki i kapusta, a z owoców: jabłka, wiśnie i porzeczki.

Produkty spożywcze pod względem zawartości witaminy B₆ można podzielić na 5 grup.

Zawartość witaminy B ₆ w 100 g	Produkty spożywcze
Poniżej 0,05 mg	mąka pszenna wrocławska, pieczywo (bułki pszenne), płatki kukurydziane, owoce (brzoskwinie, grejfruty, jabłka, wiśnie, porzeczki czerwone), warzywa (ogórki)
0,05-0,10 mg	mleko, jogurty, kasza manna, owoce (porzeczki czarne, truskawki, mandarynki, morele), warzywa (kapusta biała), ryby (mintaje)
0,10-0,50 mg	pieczywo (chleb mieszany, chleb pszenny, chleb żytni razowy), kasza jęczmienna, ryż brązowy, jaja, owoce (pomarańcze, kiwi, banany), warzywa (brokuły, marchew, brukselka), ryby (dorsz), kury
0,50-1,00 mg	mięso z piersi indyka, wątroba wieprzowa i wołowa, makrele, łososie, fasola biała, kasza gryczana, soja
Powyżej 1 mg	otręby pszenne, zarodki pszenne

Folacyna

Nazwa folacyna (foliany) obejmuje szereg pochodnych kwasu foliowego o różnym stopniu utlenienia. Witamina ta występuje w produktach spożywczych w bardzo zróżnicowanych ilościach. Dobrym jej źródłem są warzywa i owoce bogate również w witaminę C, na przykład pomarańcze, brukselka, kapusta włoska oraz warzywa i owoce będące źródłem beta-karotenu, między innymi liście pietruszki (tzw. natka), szpinak, cykorja, sałata i pomidory, a także suche nasiona roślin strączkowych (fasola, groch, soja) zawierające od 150 do 250 µg w 100 g.

Zawartość folacyny w 100 g	Produkty spożywcze
Poniżej 5 µg	połudwica sopocka, połędwica z indyka, ryby (mintaje, morszczuki, śledzie), owoce (śliwki, brzoskwinie, jabłka, morele)
5-50 µg	mleko, sery dojrzewające i twarogowe, kurczaki, indyki, ziemniaki, pieczywo, płatki kukurydziane, kasze: gryczana i jęczmienna, ryby (dorsze, makrele), owoce (banany, truskawki, kiwi), warzywa (kalafior, pomidory), orzechy laskowe
50-150 µg	warzywa (kapusta włoska, sałata, brokuły brukselka, pietruszka – korzeń), ryż brązowy, mąka pszenna wrocławska, jaja, płatki owsiane, wątroba wieprzowa
150-250 µg	warzywa (szpinak, pietruszka – liście), fasola biała, groch, wątroba cielęca
Powyżej 250 µg	wątroba wołowa, wątróbka z kurczaka, soja, zarodki pszenne, otręby pszenne, drożdże piekarskie

Do najuboższych produktów pod względem zawartości folacyny (poniżej 5 µg w 100 g) można zaliczyć ryby (mintaje, morszczuki, śledzie) oraz owoce (śliwki, brzoskwinie, morele, jabłka). Mleko i przetwory mleczne, drób, ziemniaki oraz kasze zawierają od 5 do 50 µg tej witaminy w 100 g.

Witamina B₁₂

Źródłem witaminy B₁₂ są produkty pochodzenia zwierzęcego, zwłaszcza podroby: wątroba i nerki (powyżej 20 µg w 100 g). Mniejsze ilości tej witaminy znajdują w rybach i jajach (od 5 do 20 µg w 100 g). Najmniej (poniżej 1 µg w 100 g) zawierają: mleko i przetwory mleczne, mięso wieprzowe i wędliny oraz drób i wędliny drobiowe. Produkty roślinne w ogóle nie zawierają witaminy B₁₂.

Pewne ilości witaminy B₁₂ są syntetyzowane przez niektóre drobnoustroje, stąd jej obecność w produktach fermentowanych może być zwiększona. Zawartość witaminy B₁₂ w produktach spożywczych przedstawiono niżej:

Zawartość witaminy B ₁₂ w 100 g	Produkty spożywcze
Poniżej 1 µg	mleko i przetwory mleczne (śmietana, jogurty, kefir, sery twarogowe), makaron jajeczny, pierś kurczaka, wieprzowina, baleron, szynka
1-5 µg	sery dojrzewające (brie, kamamber, gouda, edamski), szynka wołowa, cielęcina, wołowina, jaja, ryby (dorsze, mintaje, morszczuki, flądry, karpie)
5-20 µg	ryby (lososie, śledzie, makrele, pstragi), króliki
Powyżej 20 µg	ryby (szczupaki), wątroby i nerki: wieprzowe, wołowe, cielęce i drobiowe

Biotyna

Biotyna, nazywana witaminą H, w produktach spożywczych występuje w stanie wolnym oraz w formie związanej z białkiem. W postaci wolnej znajduje się w mleku i przetworach mlecznych oraz warzywach, a w formie związanej – w mięsie i przetworach mięsnych oraz w drożdżach.

Najwięcej biotyny zawierają: wątroba od 100 do 200 µg w 100 g, orzechy, około 30 µg w 100 g, a z warzyw kalafior, groszek zielony i szpinak. W mięsie wieprzowym i drobiowym znajduje się od 5 do 10 µg tej witaminy w 100 g. Owoce i warzywa są ubogim źródłem biotyny i zawierają około 3 µg w 100 g, a mleko zaledwie około 2 µg w 100 g. Należy zaznaczyć, że w surowym jajku znajduje się białko awidyna, które wiąże trwale biotynę, uniemożliwia jej wykorzystanie. Podczas gotowania jaja następuje denaturacja awidyny, dzięki czemu biotyna może zostać w pełni wykorzystana.

Kwas pantotenowy

Kwas pantotenowy (witamina B₅) jest szeroko rozpowszechniony w produktach spożywczych zarówno pochodzenia roślinnego, jak i zwierzęcego. Szczególnie bogate są wyciągi z drożdży (powyżej 5000 µg w 100 g), mięso (500-3000 µg w 100 g) oraz warzywa liściaste, na przykład brokuły, które zawierają około 1000 µg w 100 g. W ziemniakach ilość kwasu pantotenowego waha się w granicach od 300 do 600 µg w 100 g. Mniejsze ilości kwasu pantotenowego znajdują się w mleku i przetworach mlecznych, produktach zbożowych i owocach.

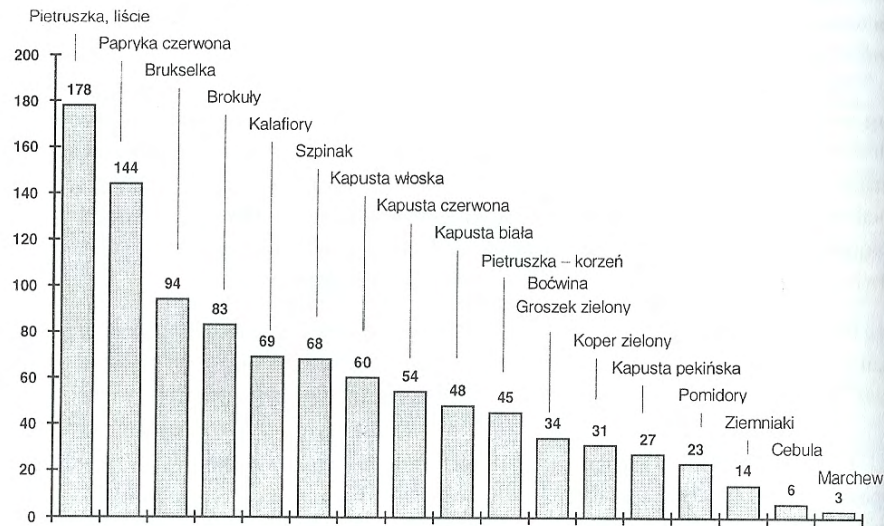
Witamina C

Podstawowym źródłem witaminy C (kwas askorbinowy) są warzywa, owoce i ziemniaki. Należy podkreślić, że poszczególne warzywa i owoce różnią się zawartością witaminy C w bardzo szerokim zakresie.

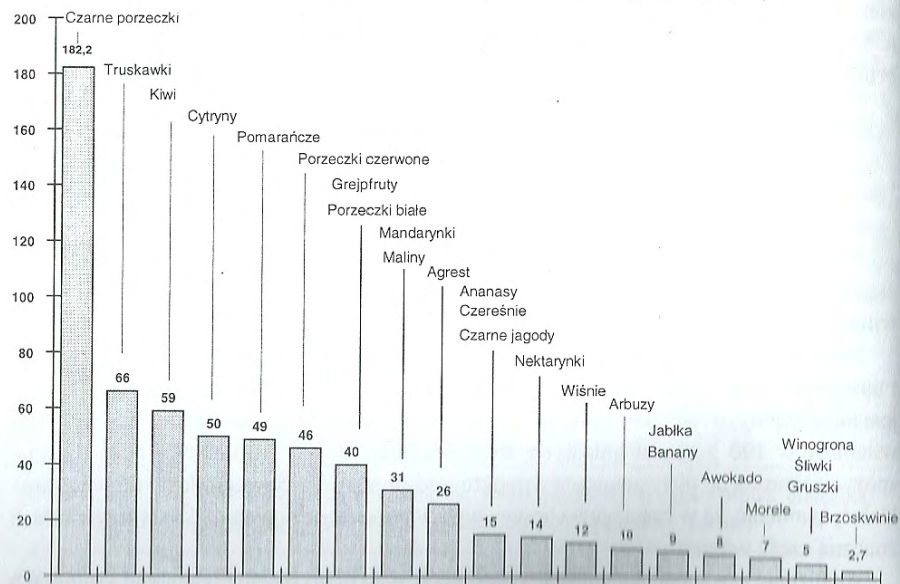
Najwięcej witaminy C stwierdzono w liściach pietruszki, tzw. natce, czerwonej papryce i następnie w warzywach kapustnych (rysunek 3). Bardzo ubogim źródłem tej witaminy jest między innymi marchew i cebula. Ziemniaki, choć zawierają średnio zaledwie 14 mg witaminy w 100 g części jadalnych, to ze względu na ich stosunkowo duże dzienne spożycie wnoszą do diety znaczące z punktu widzenia żywieniowego ilości tej witaminy. Należy pamiętać, że w czasie przechowywania w okresie zimy ziemniaki i warzywa tracą znaczną część witaminy C.

Analizując zawartość witaminy C w owocach, należy podkreślić, że wśród krajowych owoców najbogatszym źródłem są owoce jagodowe. Szczególnie bogate są czarne po-

rzeczki (około 180 mg w 100 g), podczas gdy czerwone i białe porzeczki zawierają kilkakrotnie mniej tej witaminy. Znaczących ilości kwasu askorbinowego dostarczają truskawki, maliny, a następnie owoce cytrusowe i południowe (rysunek 4). Pozostałe gatunki owoców są uboższe w witaminę C.



Rysunek 3. Zawartość witaminy C w warzywach (mg/100 g części jadalnych)



Rysunek 4. Zawartość witaminy C w owocach (mg/100 g części jadalnych)

Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach

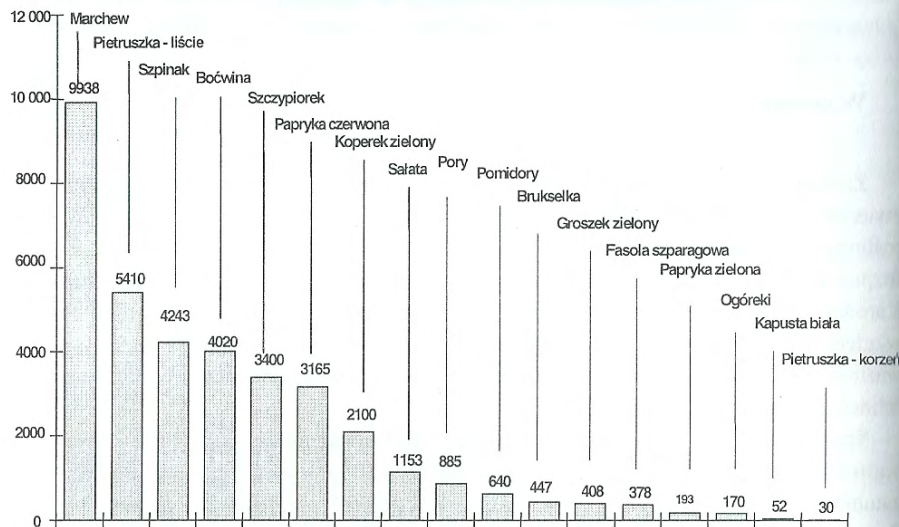
Witamina A

Źródłem witaminy A są produkty pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. W produktach zwierzęcych witamina A występuje w postaci retinolu i jego pochodnych, a w produktach roślinnych w postaci karotenoidów (prowitaminy A). Spośród karotenoidów, barwników rozpuszczalnych w tłuszczach, w żywieniu człowieka najważniejszy jest beta-karoten. Karotenoidy są znacznie gorzej wykorzystywane z pożywienia aniżeli czysty retinol. Z tego względu zawartość witaminy A w produktach określa się przez ustalenie oddzielnie zawartości retinolu i karotenoidów, a następnie przelicza na równoważniki (ekwiwalenty) retinolu.

Spośród produktów pochodzenia zwierzęcego najważniejszym źródłem retinolu są podroby, zwłaszcza wątroba zawierająca powyżej 1500 μg w 100 g, następnie niektóre gatunki ryb (tuńczyki, węgorze), jaja, masło, wzbogacane margaryny, sery dojrzewające. Znacznie mniej retinolu zawiera drób (kurczaki, kaczki), inne gatunki ryb (pstrągi, karpie, łososie, śledzie) oraz przetwory mleczne. Najmniej (poniżej 15 μg w 100 g) znajduje się w produktach o obniżonej zawartości tłuszczu, a więc w chudym mleku i przetworach mlecznych oraz produktach zbożowych.

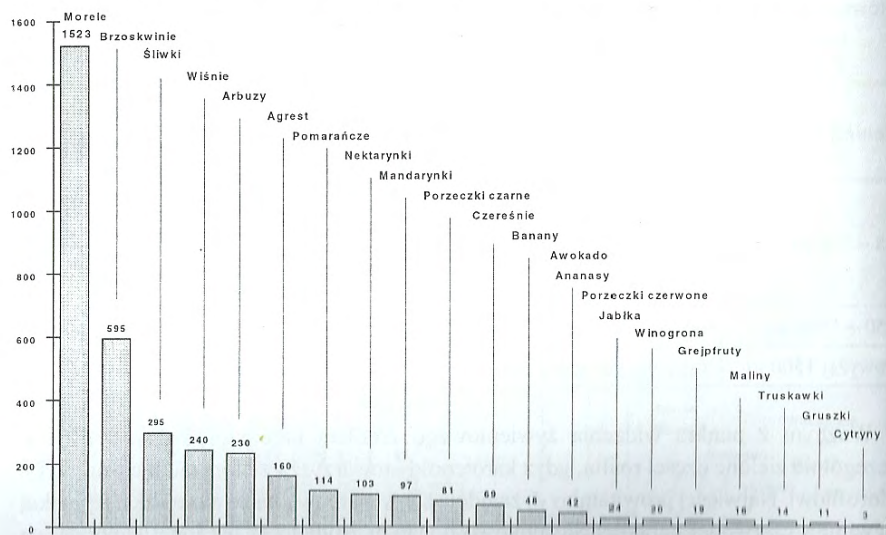
Zawartość równoważników retinolu w 100 g	Produkty spożywcze
Poniżej 15 μg	wołowina, mięso drobiowe (z piersi kurczaka i indyka), ryby (dorsze, mintaje, morskazuki), ser twarogowy chudy, jogurt naturalny, kefir, pumpernikiel, bułki kajzerki
15 – 150 μg	cielęcina, kurczaki, kaczki, ryby (śledzie, makrele, łososie, pstrągi, karpie), jogurt owocowy, mleko krowie i kozie, serki twarogowe homogenizowane, ser twarogowy półtłusty i tłusty, bułki wrocławskie, pieczywo tostowe, makaron dwujajeczny i czterojajeczny
150 – 1500 μg	sery topione, sery dojrzewające, jaja, margaryny, masło, tuńczyki, węgorze,
Powyżej 1500 μg	wątróbka kurczaka, wątroba wieprzowa i wołowa

Ważnym z punktu widzenia żywieniowego źródłem karotenoidów są warzywa, szczególnie zielone części roślin, gdyż karotenoidy towarzyszą zielonemu barwnikowi – chlorofilowi. Najwięcej witaminy A znajduje się w marchwi, natce pietruszki, szpinaku, bućwinie i czerwonej papryce. Stosunkowo bogatym źródłem są też inne warzywa, na przykład: salata, groszek zielony, brukselka, brokuły, pomidory. Najmniej karotenoidów zawierają ogórki i kapusta biała (rysunek 5).



Rysunek 5. Zawartość beta-karotenu w warzywach (mg/100 g części jadalnych)

Wśród owoców najwięcej beta-karotenu zawierają morele (około 1500 μg w 100 g), na dalszej pozycji znajdują się brzoskwinie (około 600 μg w 100 g) oraz śliwki i wiśnie (około 300 μg). Pozostałe owoce zawierają poniżej 200 μg w 100 g (rysunek 6).



Rysunek 6. Zawartość beta-karotenu w owocach ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$ części jadalnych)

Inne produkty, na przykład mleko i przetwory mleczne oraz produkty zbożowe zawierają śladowe ilości beta-karotenu.

Witamina D

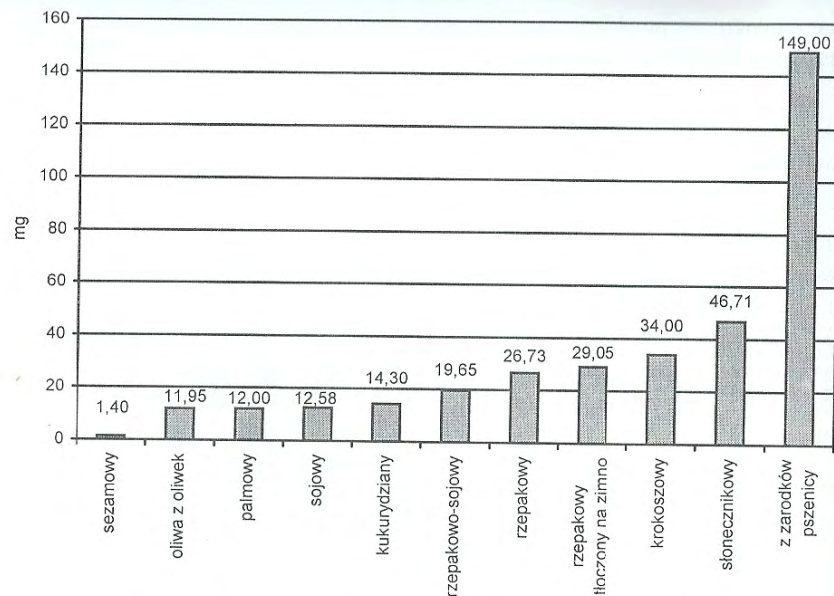
Witamina D występuje w żywności w niewielkich ilościach, głównie w świecie zwierzęcym. Szczególnie dużo tej witaminy zawierają tłuste ryby (od 5 μg do ponad 10 μg w 100 g), znacznie mniej, bo poniżej 2 μg w 100 g znajduje się w mięsie, podrobach, drobiu i przetworach mlecznych, zwłaszcza o obniżonej zawartości tłuszczu. Produkty roślinne, poza produktami wzbogaconymi w tę witaminę, na ogół nie zawierają witaminy D. Tabela przedstawia zakresy zawartości witaminy D w wybranych produktach.

Zawartość witaminy D w 100 g	Produkty spożywcze
Poniżej 2 μg	sery pleśniowe (rokoop, kamamber), sery dojrzewające (tylżycki, gouda), mięso (wieprzowina, wołowina), wątroba wieprzowa i wołowa, drób (indyki, kaczki, kury), ryby (dorsze, flądry), masło
2 - 5 μg	kurczaki, ryby (pstrągi strumieniowe, tuńczyki), pieczarki
5 - 10 μg	ryby (halibuty, karpie, makrele, sole), margaryny wzbogacane
Powyżej 10 μg	ryby (śledzie, łososie, pstrągi tęczowe, węgorze)

Witamina E

Podstawowym źródłem witaminy E są produkty pochodzenia roślinnego, a więc tłuszcze roślinne, produkty zbożowe oraz warzywa. Spośród tłuszczów należy szczególną uwagę zwrócić na oleje roślinne, w których zawartość witaminy E jest bardzo zróżnicowana, co ilustruje rysunek 7. Ilość tej witaminy w 100 g olejów waha się w szerokich granicach od 1,4 mg w oleju sezamowym do prawie 50 mg w oleju słonecznikowym i 150 mg w oleju z zarodków pszenicy.

Naturalnym źródłem witaminy E są margaryny. Jej zawartość zależy od składu recepturowego margaryn. Produkty zbożowe, aczkolwiek zawierają poniżej 1 mg witaminy E w 100 g, ze względu na wielkość spożycia są znaczącym jej źródłem w diecie. Najmniej tej witaminy (poniżej 1 mg w 100 g) znajduje się w mleku i przetworach mlecznych, mięsie, rybach i owocach.



Rysunek 7. Zawartość witaminy E w 100 g wybranych olejów roślinnych

Zawartość witaminy E w 100 g	Produkty spożywcze
Poniżej 0,5 mg	mleko i produkty mleczne, produkty zbożowe (kasze: jaglana, manna, gryczana, jęczmienna, ryż biały, płatki kukurydziane, mąka pszenna, bułki pszenne, makaron czterojajeczny), mięso (wieprzowina, wołowina, cielęcina), mięso z ud kurczaka, mięso z indyka, wątroba wieprzowa, wątroбка kurczaka, warzywa (buraki, ziemniaki, cykorja, cebula, kalafior, fasola szparagowa, sałata, ogórki), owoce (truskawki, wiśnie, gruszki, jabłka, pomarańcze, kiwi, banany), ryby (morszczuki, dorsze)
0,5 – 1 mg	drób (indyki, kurczaki), chleb żytny razowy, pumpernikiel, bułki grahamki, pieczywo tostowe, ryż brązowy, warzywa (marchew, brukselka, soja), karpie, wątroba wołowa, jaja, owoce (brzoskwinie, morele)
1– 10 mg	ryby (mintaje, makrele, śledzie, tuńczyki, łososie), płatki owsiane, otręby pszenne, orzechy włoskie, orzechy arachidowe, warzywa (dynie, pomidory, brokuły, szczypiorek, kapusta biała, jarmuż, szpinak, papryka, pietruszka), masło, owoce (porzeczki czarne, awokado)
10 – 30 mg	oliwa z oliwek, oleje (sojowy, kukurydziany, rzepakowy), margaryny produkowane na bazie wymienionych olejów, zarodki pszenne, migdały, nasiona słonecznika
Powyżej 30 mg	oleje (słonecznikowy, z zarodków pszennych), margaryny produkowane na bazie oleju słonecznikowego, orzechy laskowe

Witamina K

Człowiek otrzymuje witaminę K głównie z pożywienia roślinnego. Bogatym źródłem tej witaminy są zwłaszcza zielone liście roślin, a jej ilość jest proporcjonalna do zawartości w liściach chlorofilu. Rośliny bezchlorofilowe nie zawierają witaminy K.

Najwięcej witaminy K (powyżej 100 µg w 100 g) znajduje się w brokułach, jarmużu, sałacie, szpinaku, brukselce i w zielonej herbacie. Mniej, bo od 50 do 100 µg, zawiera wątroba wołowa, kapusta i kalafior. Owoce, podobnie jak mięso, mleko i przetwory mleczne oraz produkty zbożowe są ubogim źródłem tej witaminy (poniżej 10 µg w 100 g). Poza światem roślinnym i zwierzęcym źródłem witaminy K dla człowieka jest flora bakteryjna przewodu pokarmowego, która ma zdolność syntetyzowania tej witaminy.

Główne źródła witamin w diecie

Witaminy rozpuszczalne w wodzie

Analizując udział poszczególnych grup produktów w dostarczaniu witamin z grupy B i witaminy C w dziennej diecie przeciętnego Polaka, wykorzystano wyniki badań (wykonane w Zakładzie Wartości Odżywczych Żywności w latach 1990-1996) nad składem i wartością odżywczą racji pokarmowych rodzin pracowników zatrudnionych na stanowiskach robotniczych i nierobotniczych o średnich dochodach rocznych.

Rozpatrując udział poszczególnych grup produktów spożywczych w dostarczaniu witaminy w krajowych racjach pokarmowych, stwierdzono, że głównym jej źródłem w diecie są produkty zbożowe (około 40%), grupa mięsa i wędlin (około 30%) oraz ziemniaki (około 12%). Znacznie mniejszy udział w dostarczaniu tej witaminy miały warzywa i owoce oraz mleko i przetwory mleczne (rycina III – patrz wkładka).

Głównymi źródłami **ryboflawiny** w diecie przeciętnego Polaka są mleko i przetwory mleczne oraz mięso i przetwory mięsne, które dostarczają po około 30% tej witaminy. Produkty zbożowe wnoszą do diety około 15%, a jaja około 8% ryboflawiny.

Niacyna w racjach pokarmowych pochodzi w około 50% z mięsa i przetworów mięsnych oraz po około 17% z produktów zbożowych i ziemniaków. Mleko i przetwory mleczne są mało znaczącym źródłem tej witaminy, gdyż dostarczają zaledwie około 6% w dziennej racji.

Podobnie jak w przypadku niacyny podstawowym źródłem **witaminy B₆** w dziennej diecie Polaka są mięsa i wędliny oraz ziemniaki, które wprowadzają do dziennej diety po około 30% tej witaminy. Produkty zbożowe wnoszą około 16%, a warzywa około 10% (rycina III – patrz wkładka).

Z badań krajowych racji pokarmowych wynika, że głównym źródłem *folacyny* w dziennych racjach pokarmowych w Polsce są produkty zbożowe, dostarczające około 40% tej witaminy w stosunku do całkowitego dziennego jej spożycia. Z warzyw pochodzi około 25% folacyny, z ziemniaków około 13%, a z owoców, mleka i przetworów mlecznych oraz jaj od 6 do 7%.

Analizując udział poszczególnych grup produktów w dostarczaniu *witaminy B₁₂* w przeciętnej diecie, stwierdzono, że głównym źródłem tej witaminy są mięso i ryby oraz ich przetwory dostarczające około 60% tej witaminy, na drugim miejscu znajduje się mleko i przetwory mleczne, dostarczające około 28% witaminy w stosunku do całodziennego spożycia. Z jaj pochodzi około 9% dostarczanej z pożywieniem witaminy B₁₂.

Głównym źródłem *witaminy C* w krajowych racjach pokarmowych są ziemniaki, które wnoszą do racji około 37%, a następnie owoce – około 31% i warzywa około 28% ogólnej zawartości tej witaminy w racji pokarmowej (rycina III – patrz wkładka).

Jak wynika z powyższego omówienia, witaminy z grupy B w codziennej racji pokarmowej w przeważającej ilości pochodzą z produktów zbożowych, mięsa i przetworów mięsnych oraz ziemniaków. Wyjątek stanowi ryboflawina, której ważnym źródłem jest mleko i przetwory mleczne oraz folacyna, która w znacznych ilościach pochodzi z warzyw i owoców. Podstawowymi źródłami witaminy C w diecie są ziemniaki, warzywa i owoce.

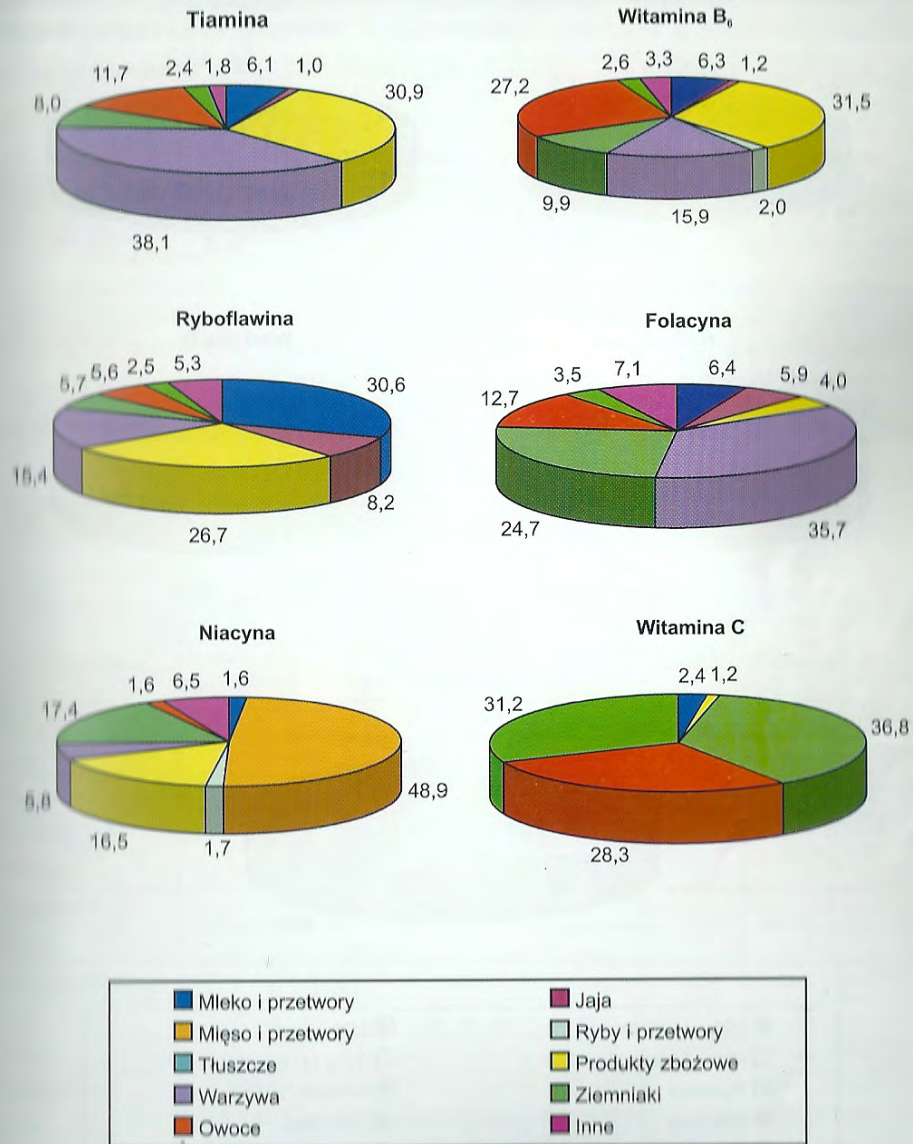
Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach

Analiza udziału grup produktów spożywczych w dostarczaniu *witaminy A* w dziennych racjach pokarmowych wykazuje, że podstawowym źródłem retinolu jest grupa mięsa i przetworów mięsnych dostarczająca go około 55%, następną grupą są tłuszcze zwierzęce (około 23%) oraz mleko i przetwory mleczne (około 11%). Warzywa, będące podstawowym źródłem beta-karotenu w dziennych racjach, dostarczają ponad 80% prowitaminy A, a owoce zaledwie około 5%. Pozostałe grupy produktów wnoszą nieznaczne ilości tej prowitaminy (rycina IV – patrz wkładka).

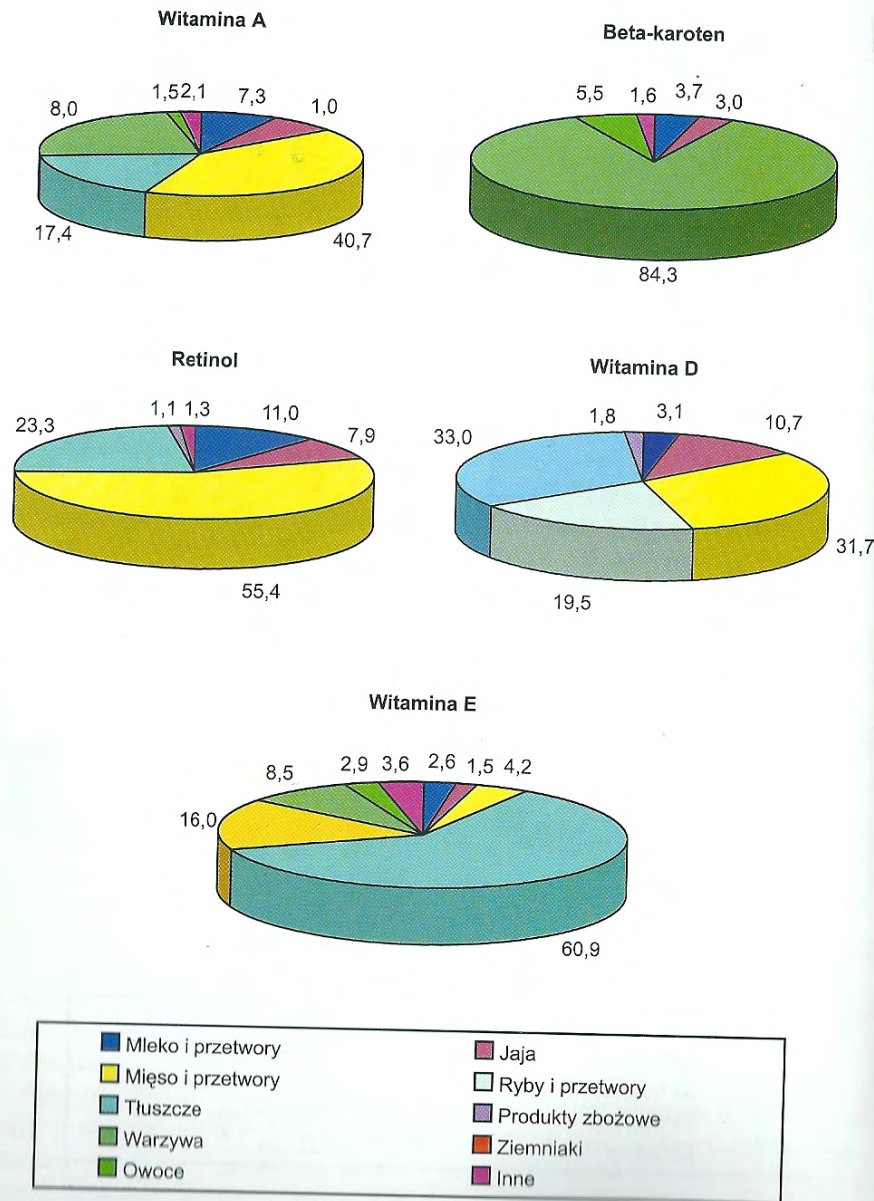
Witamina D, jak wykazały obliczenia udziału procentowego tej witaminy z różnego rodzaju produktów spożywczych w diecie, pochodzi w 37% z tłuszczów, w 36% z mięsa i przetworów oraz w 22% z ryb i przetworów rybnych. Pozostałe grupy produktów odgrywają małą rolę w dostarczaniu witaminy D w racjach pokarmowych (rycina IV – patrz wkładka).

Z badań krajowych racji pokarmowych wynika, że źródłem *witaminy E* w dziennych racjach pokarmowych w Polsce są tłuszcze, które dostarczają około 60% całkowitego dziennego spożycia. Z produktów zbożowych pochodzi około 16% tej witaminy, a z warzyw około 8%.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że z punktu widzenia realizacji norm żywieniowych dotyczących witamin należy zalecać możliwie jak największe urozmaicenie



Rycina III. Procentowy udział grup produktów spożywczych w dostarczaniu tiaminy, ryboflawiny, niacyny, witaminy B₆, folacyny i witaminy C w dziennej racji pokarmowej (I. Nadolna i in., Żywność Człowieka i Metabolizm, 2000)



jadłospisów i uwzględnianie w nich produktów pochodzących z różnych grup żywności. Witaminy bowiem należą do składników odżywczych, które muszą być dostarczone z codziennym pożywieniem, co jest trudne przy ich bardzo nierównomiernym rozmieszczeniu w produktach spożywczych.

Straty w procesach technologicznych i możliwości ich ograniczania

Wrażliwość witamin

Witaminy z grupy B i witamina C należą do składników odżywczych wykazujących stosunkowo największą wrażliwość na warunki przetwarzania oraz związane z nimi różnego rodzaju procesy kulinarne i technologiczne. W przypadku omawianych witamin należy szczególną uwagę zwrócić na straty wynikające z ich dobrej rozpuszczalności w wodzie oraz z wrażliwości na różnorodne czynniki środowiska, co przedstawia tabela 4.

Tabela 4. Wrażliwość witamin na czynniki środowiska

Witaminy	Wpływ pH środowiska			Powietrze lub tlen	Światło	Temperatura
	obojętne	kwaśne	alkaliczne			
Tiamina	+	-	+	+	-	+
Ryboflawina	-	-	+	-	+	+
Niacyna	-	-	-	-	-	-
Witamina B ₆	-	-	-	-	+	+
Folacyna	+	+	-	+	+	+
Witamina B ₁₂	-	-	+	+	+	+
Biotyna	-	-	-	-	-	+
Kwas pantotenowy	-	+	+	-	-	+
Witamina C	+	-	+	+	-	+
Retinol	-	+	-	+	+	+
Beta-karoten	-	+	-	+	+	+
Witamina D	-	-	+	+	+	+
Witamina E	-	-	-	+	+	+
Witamina K	-	+	+	-	+	-

+ wrażliwa, - niewrażliwa.

Rycina IV. Procentowy udział grup produktów spożywczych w dostarczaniu witaminy A, retinolu, beta-karotenu, witaminy D i witaminy E w dziennej racji pokarmowej (I. Nadolna i in. Żywnienie Człowieka i Metabolizm, 2000)

Tiamina, obok witaminy C, jest jedną z najbardziej wrażliwych witamin na procesy kulinarne i technologiczne wymagające wysokiej temperatury oraz na obecność tlenu, przy czym szczególną wrażliwość na działanie temperatury wykazuje w środowisku alkalicznym. Przykładem środowiska alkalicznego jest na przykład ciasto pieczone z użyciem proszku do pieczenia, w którym tiamina ulega niemal całkowitemu zniszczeniu. Mniejsze straty tiaminy zachodzą pod wpływem działania temperatury w środowisku kwaśnym i obojętnym.

W przeciwieństwie do tiaminy ryboflawina jest odporna na działanie temperatury, natomiast łatwo ulega rozkładowi pod wpływem światła, zwłaszcza w środowisku alkalicznym. Podobną wrażliwość na działanie promieni ultrafioletowych i promieniowania widzialnego bliskiego ultrafioletowi wykazuje witamina B₆.

Niacyna należy do witamin niewrażliwych na działanie wyżej omawianych czynników, natomiast znaczne jej straty są związane z bardzo dobrą rozpuszczalnością w wodzie.

Straty witaminy B₆ wynikają z jej wrażliwości na działanie światła i temperatury, przy czym należy podkreślić, że spośród trzech form tej witaminy obecnych w żywności najbardziej odporna jest pirydoksyna.

Folacyna jest witaminą wrażliwą zarówno na obecność tlenu, jak i na działanie światła oraz temperatury. Dlatego jej straty w procesach kulinarnych są bardzo duże, wynoszą powyżej 50%.

Straty witaminy B₁₂ wiążą się przede wszystkim z działaniem światła i tlenu. W mniejszym zaś stopniu mają wpływ inne czynniki, na przykład środowisko kwaśne lub zasadowe.

Biotyna należy do witamin stosunkowo niewrażliwych na działanie różnych czynników. Na jej zawartość w produktach przetworzonych może wpływać ujemnie jedynie wysoka temperatura.

Kwas pantotenowy jest na ogół stabilny w środowisku obojętnym, ulega jednak zniszczeniu w środowisku alkalicznym i kwaśnym pod wpływem wysokiej temperatury.

Witamina C to witamina o dużej wrażliwości na działanie różnych czynników środowiska. Po utlenieniu do kwasu dehydroaskorbinowego łatwo ulega dalszemu rozkładowi, tracąc jednocześnie właściwości witaminy. Rozpad witaminy C przyspiesza środowisko alkaliczne lub obojętne. Ponadto należy zwrócić uwagę, że obecne w produktach pochodzenia roślinnego enzymy z grupy oksydaz przyspieszają utlenianie kwasu askorbinowego. W środowisku kwaśnym działanie tych enzymów jest zahamowane.

Retinol i beta-karoten należą do składników wrażliwych na działanie tlenu, światła i wysokiej temperatury, zwłaszcza w środowisku kwaśnym, stąd straty w różnych procesach technologicznych. Są one jednak mniejsze niż w przypadku witamin rozpuszczalnych w wodzie.

Witamina D jest nierozpuszczalna w wodzie i stosunkowo wytrzymała na działanie temperatury, światła i tlenu, a jej straty w procesach przetwarzania są stosunkowo niewielkie.

Straty witaminy E wiążą się z działaniem tlenu. Działanie to wzmagają: obecność światła, wysoka temperatura oraz środowisko alkaliczne, zwłaszcza w obecności jonów żelaza i miedzi, a także zjełczalych tłuszczów.

Witamina K należy do witamin wrażliwych na działanie światła, zwłaszcza w środowisku kwaśnym i alkalicznym.

Podczas przechowywania żywności i procesów technologicznych oddziaływanie wymienionych czynników zwykle się nakłada, powiększając łączne straty witamin w całym cyklu od surowca do produktu przetworzonego.

Straty w procesach technologicznych

Procesy technologiczne prowadzone w warunkach domowych, jak i podczas przemysłowego przetwarzania żywności są przyczyną strat wielu witamin. Straty te mogą być bardzo zróżnicowane, ale znając wrażliwość poszczególnych witamin na omówione wcześniej czynniki, częściowo można ich uniknąć.

W procesach przemysłowego przetwarzania w grupie produktów zbożowych zachodzą straty związane z przemiałem ziarna żyta i pszenicy na mąki. Przebieg zmian zawartości witamin w mąkach różnego wymiálu wiąże się z rozmieszczeniem witamin w poszczególnych warstwach ziarna. W miarę rozjaśniania mąk zostają odrzucone te części ziaren (warstwa aleuronowa, zarodek, tarczka), w których są zgromadzone znaczne ilości witamin i stąd mąki najjaśniejsze są najuboższe w witaminy grupy B i witaminę E. Na przykład mąka pszenna, popularnie nazywana „wrocławską” czy „poznąską”, zawiera po około 13% tiaminy i folacyny, 50% ryboflawiny oraz po około 20% niacyny i witaminy B₆ w stosunku do zawartości w ziarnie pszenicy.

Na wartość witaminową chleba oprócz ilości witamin wnoszonych wraz z mąką i innymi surowcami ma również wpływ proces fermentacji i wypieku. Podczas fermentacji ciasta chlebowego przybywa witamin na skutek syntezy dokonywanej przez drożdże, dotyczy to przede wszystkim tiaminy i ryboflawiny. Z kolei w czasie wypieku częściowemu zniszczeniu ulegają tiamina, witamina B₆ i folacyna. Straty wymienionych witamin związane z wypiekiem wynoszą przeciętnie od 20% do 30% i zależą od czasu oraz temperatury wypieku, a także od wielkości bochenków.

Również w kaszach zachodzą zmiany w zawartości witamin wynikające ze stosowanej obróbki technologicznej. Część strat jest związana z obróbką mechaniczną ziaren, tj. procesami obłuskiwania oraz obtaczania, w trakcie których usuwa się części okrywy owocowo-nasiennej a wraz z nią część witamin. Na przykład, kasza jęczmienna zawiera około 70% tiaminy, ryboflawiny i niacyny w stosunku do zawartości w ziarnie. Dodatkowe straty termolabilnych witamin zachodzą podczas obróbki termicznej (parowania i prażenia) i wynoszą około 80% dla tiaminy i około 30% dla witaminy B₆.

Podczas sterylizacji owoców i warzyw w puszkach częściowemu zniszczeniu ulegają tiamina i witamina C oraz witamina B₆. Natomiast w czasie mrożenia warzyw i owoców straty witamin są niewielkie, większe wiążą się z procesem blanszowania warzyw przed ich mrożeniem, przy czym zależą one od stopnia rozdrobnienia produktu. Na zachowanie

witamin w mrożonych warzywach i owocach w znacznym stopniu mają wpływ warunki przechowywania mrozonek oraz sposób ich rozmrażania przed spożyciem.

Nowoczesne metody pasteryzacji tylko w nieznacznym stopniu obniżają wartość witaminową mleka. Najważniejszym problemem w tej grupie produktów są straty światłoczułych witamin: ryboflawiny, witaminy B₆ i folacyny. Należy zaznaczyć, że obniżanie zawartości tłuszczu w mleku nie wpływa na zmniejszenie zawartości tych witamin, natomiast wraz z obniżeniem zawartości tłuszczu zmniejsza się w chudych przetworach mlecznych zawartość rozpuszczalnych w tłuszczach witamin A i D.

W badaniach nad wartością odżywczą twarogów stwierdzono, że do serwatki przechodzi około 60-70% witamin grupy B zawartych w mleku. Natomiast w serach dojrzewających może zachodzić synteza niektórych witamin grupy B, co jest procesem korzystnym z punktu widzenia podwyższenia ich wartości odżywczej.

Straty witamin zachodzące podczas przygotowywania potraw są bardzo zróżnicowane. Przedstawiono je w tabeli 5 dla różnych rodzajów potraw. Na przykład, warzywa gotowane w związku z odlewaniem wywaru tracą znacznie więcej witamin niż duszone, podobnie makarony lub ryż w porównaniu do kasz gotowanych bez odlewania wody. Ubytek witamin w potrawach przygotowanych z mięsa zależy głównie od zastosowanej technologii, czasu trwania zabiegów termicznych, a także od wielkości kawałków mięsa i zawartości w nim tłuszczu.

Tabela 5. Straty witamin związane z przygotowaniem potraw (%)

Potrava	Proces kulinarny	B ₁	B ₂	PP	B ₆	C	A	Beta-karoten	E	Folacyna
Zupy	gotowanie	30	10	10	10	50	10	10	10	50
Mięso Ryby	gotowanie	40	20	30	30	-	20	20	20	50
	smażenie	25	10	10	25	-	20	20	20	30
	pieczenie	30	10	10	30	-	20	20	20	50
Warzywa	gotowanie*	40	30	40	40	50	20	20	20	45
	duszenie	20	10	10	20	30	20	20	20	55
	surówki	10	10	10	10	20	20	20	20	5
	konserwowe	40	30	40	40	60	20	20	20	-
Ziemniaki	gotowanie*	30	10	25	25	75	20	20	20	50
Makarony	gotowanie*	25	25	20	20	-	20	20	20	50
Ryż	gotowanie*	50	20	40	30	-	20	20	20	50
Kasze	gotowanie*	20	10	10	20	-	20	20	20	50
Potrawy warzywno-mięsne	duszenie	30	20	20	30	20	20	20	20	50
Bigos	duszenie	50	10	40	30	80	20	20	20	80
Owoce	gotowanie	30	10	10	20	75	20	20	20	50
Mleko	gotowanie	20	10	10	20	-	20	20	20	10

* Z odlewaniem wywaru.

Jak można zmniejszać straty witamin w produktach przetwarzanych?

Przy opracowywaniu najwłaściwszej technologii dla danego produktu ważne jest także ustalenie parametrów procesu, aby w maksymalnym stopniu zostały zachowane te witaminy, których produkt jest naturalnym i głównym źródłem. Mimo ubytków, które powoduje wypiek i inne procesy termiczne, największe znaczenie dla produktów zbożowych ma proces przemiału ziarna przy produkcji mąk oraz sposób obłuskiwania ziarna przy produkcji kasz. Zastosowanie wyższych wymiałów mąk, tzn. mąk ciemniejszych do produkcji pieczywa byłoby z punktu widzenia żywieniowego najsłuszniejszym kierunkiem podwyższenia jego wartości odżywczej.

Warzywa i owoce powinno się rozpatrywać przede wszystkim jako źródło witaminy C i folacyny, a także beta-karotenu. Ograniczanie strat tych witamin można uzyskać przez skracanie czasu od zbioru do konsumpcji oraz niestosowanie drastycznych metod kulinarne przetwarzania i prawidłowe przechowywanie tych produktów przed spożyciem.

W przypadku mięsa i przetworów mięsnych należy mieć na uwadze fakt, że im lepszy gatunek mięsa, im mniej zawiera tłuszczu, tym wyższa jest zawartość w nim witamin grupy B, a także pamiętać o znacznym zróżnicowaniu gatunkowym mięs pod względem zawartości witamin.

W przypadku mleka i serów, które należy traktować jako główne źródło ryboflawiny w naszej diecie, powinno się przede wszystkim ograniczać straty związane z niszczącym działaniem światła.

Podczas gotowania różnych potraw znaczne straty witamin wiążą się z ich przechodzeniem do wywarów, które są odlewane. Ubytki witamin rozpuszczalnych w wodzie są proporcjonalne do ilości wody użytej do gotowania, tzn. im więcej wody użyjemy do gotowania, tym więcej tracimy witamin. Ubytki witamin rozpuszczalnych w wodzie zachodzą również podczas długotrwałego moczenia warzyw przed gotowaniem (na przykład straty witaminy C wynoszą około 10%) oraz podczas przetrzymywania potraw z warzyw przed spożyciem. Jak wykazały badania straty witaminy C w surówkach i innych potrawach z udziałem warzyw mogą dochodzić do 15%.

Obecność tlenu znacznie przyspiesza straty witaminy C i beta-karotenu. Można je w pewnym stopniu ograniczać, na przykład przez mieszanie rozdrobnionych warzyw na surówki z sosami, olejem czy jogurtami, które zmniejszą dostęp tlenu do potrawy.

Podczas przechowywania tłuszczów w nieodpowiednich warunkach straty witamin rozpuszczalnych w tłuszczach mogą dochodzić do kilkudziesięciu procent.

Straty witamin można również ograniczać, stosując nowoczesne techniki kulinarne w warunkach domowych (np. kuchenki mikrofalowe) oraz odpowiednio modyfikując warunki przemysłowego przetwarzania żywności.

Wzbogacanie produktów spożywczych w witaminy

Rozwój cywilizacyjny powoduje zmiany w stylu życia, wynikające między innymi z urbanizacji i uprzemysłowienia, które wpływają na zmniejszenie aktywności fizycznej. Im mniej ruchliwy tryb życia się prowadzi, tym mniejsze jest zapotrzebowanie energetyczne organizmu. Wynikające z tego ograniczenie ilości spożywanego pokarmu oraz powszechne stosowanie produktów przetworzonych przemysłowo, które z jednej strony ułatwiają przygotowanie posiłków, ale z drugiej mogą odznaczać się niższą wartością odżywczą, są przyczyną zbyt małego spożycia wielu składników odżywczych, w tym również witamin.

Dlatego zagadnienie wzbogacania w witaminy produktów spożywczych przeznaczonych do powszechnego spożycia nabiera obecnie szczególnego znaczenia i wymaga określenia żywieniowych podstaw do ich wprowadzenia.

Zgodnie z aktualną definicją podawaną w Kodeksie Żywnościowym FAO/WHO: „wzbogacanie polega na dodatku jednego bądź kilku składników odżywczych do środków spożywczych, bez względu na to czy normalnie występują one w tym środku czy nie, w celu zapobiegania i korygowania niedoborów jednego lub więcej składników odżywczych w całych populacjach lub określonych grupach ludności”.

Celem wzbogacania żywności jest uzupełnianie racji pokarmowych w niedoborowe składniki, takie jak witaminy, których brak bądź niedostateczna zawartość w środkach spożywczych zostały spowodowane:

- procesami technologicznymi,
- zamianą produktów tradycyjnie spożywanych, produktami podobnymi pod względem cech organoleptycznych, lecz różniącymi się wartością odżywczą,
- koniecznością zastosowania specjalnych diet czy też zmianą sposobu żywienia.

Celowość wzbogacania żywności w wybrane składniki odżywcze powinna być oceniana na tle wartości odżywczej całej dziennej racji pokarmowej w zestawieniu z zapotrzebowaniem człowieka na poszczególne składniki odżywcze. Badania żywieniowe prowadzone w wielu krajach wskazują, że w miarę uprzemysłowienia, wzrostu dobrobytu oraz zróżnicowania ekonomicznego społeczeństwa niektóre grupy ludności nie spożywają witamin w ilości zalecanej w normach żywienia. Obserwacje dotyczące zawartości witamin w krajowych racjach pokarmowych, a także wyniki badań nad stanem odżywienia i sposobem żywienia różnych populacji w Polsce potwierdzają, że zagadnienie uzupełniania diet w witaminy nabrało szczególnego znaczenia.

Ze względu na wielkość dodatku witamin rozróżnia się dwie formy wzbogacania produktów spożywczych:

- **restytucja** – dodatek witamin w ilościach uzupełniających ich zawartość w produkcie spożywczym do poziomu naturalnie występującego w wyjściowym surowcu w celu kompensacji strat zachodzących podczas transportu, przetwarzania i przechowywania;
- **wzbogacanie** – dodatek witamin do produktów spożywczych powyżej poziomu naturalnie występującego w tych produktach.

Ważnym elementem przy podejmowaniu decyzji o wzbogacaniu jest dobór nośnika, tzn. produktu, który będzie wzbogacany. Produkt taki powinien być produktem powszechnego spożycia produkowanym na skalę przemysłową, tak aby skutki wzbogacania objęły jak największą część populacji. Dodatek witamin do produktów, w opinii żywieniowców, powinien dotyczyć przede wszystkim tych grup produktów spożywczych, które są ich naturalnym źródłem (z wyjątkiem jodowanej soli).

W przypadku witamin syntetycznych ważne jest, by były one dobrze przyswajalne, a także, by nie powodowały zmian cech sensorycznych produktu wzbogaconego. Przy wzbogacaniu żywności wielkość dodatku witamin powinna uwzględniać naturalną zawartość witamin w produktach, a także ograniczać możliwość toksycznego ich działania.

W Polsce celowe jest uzupełnianie w witaminę C tych soków i napojów owocowych, warzywnych lub mieszanych, które zawierają niewielkie jej ilości pochodzące z surowców. Podnoszenie zawartości witaminy C może odbywać się przez łączenie soków z owoców i warzyw ubogich w witaminę C z takimi, które są bogatym jej źródłem lub przez dodatek syntetycznej witaminy do poziomu naturalnie występującego w sokach bogatych w tę witaminę.

Korzystne z punktu widzenia żywieniowego jest również wzbogacanie jasnych mąk pszennych w witaminy grupy B, z uwagi na znaczne straty podczas przemiału ziarna na mąkę. Jasne mąki pszenne są o wiele uboższym źródłem witamin od mąk pszennych razowych. Uzupełnianie zatem mąk pszennych jako produktów powszechnego spożycia w witaminy B₁, B₂, PP, B₆, B₁₂ i kwas foliowy jest oczywiste z punktu widzenia podwyższania spożycia tych składników w diecie.

W szczególności nabiera obecnie problem wzbogacania produktów w kwas foliowy. Problem właściwego spożycia kwasu foliowego należy zaliczyć do czołowych zagadnień w żywieniu ze względu na fakt, że niedobór tej witaminy jest przyczyną występowania wrodzonych wad cewy nerwowej u noworodków (NCW), a także przedwczesnego rozwoju miażdżycy, niektórych chorób nowotworowych oraz stanów depresyjnych.

Formą wzbogacania w witaminy jest również dodatek naturalnych produktów będących bogatym źródłem witamin, na przykład dodatek ziaren zbóż, soi, słonecznika, a także dodatek mleka do pieczywa zarówno pszennego, jak i żytniego. Ponadto cennym źródłem witamin są wszelkiego rodzaju wzbogacane płatki zbożowe, zwłaszcza zawierające owoce i orzechy.

Celowe jest również wzbogacanie mleka i przetworów mlecznych o mniejszej zawartości tłuszczu w witaminy A i D. Obniżenie zawartości tłuszczu powoduje bowiem spadek ilości obu tych witamin.

Ze względu na zalecenia żywieniowe dotyczące obniżania spożycia tłuszczów zwierzęcych na korzyść zwiększenia spożycia tłuszczów roślinnych ważnym zagadnieniem staje się dodatek witamin A i D do margaryn stołowych, do poziomu naturalnie występującego w maśle. Również w przypadku witaminy E wzbogacanie olejów o niskiej naturalnej jej zawartości, na przykład oleju sojowego czy rzepakowego do poziomu naturalnie występującego w oleju słonecznikowym jest także zalecane przez żywieniowców (tabela 6.).

Tabela 6. Wzbogacanie żywności w witaminy antyoksydacyjne*

Składnik odżywczy Fortyfikant	Wzbogacany produkt	Dodawana ilość
Witamina A (retinol, octan retinyłu, palmitynian retinyłu, <u>beta-karoten</u>)	<u>Margaryny</u> , oleje roślinne, mleko, mąka, przetwory zbożowe, makarony, desery, napoje, cukier glutaminian sodu	0,1-2 mg ≤ 0,9 mg/100g 3000-60000 j.m./kg ≤ 30000 j.m./kg
Witamina E (octan alfa-tokoferolu, <u>koncentraty tokoferoli</u> , <u>gamma- i delta-tokoferol</u>)	<u>Oleje roślinne</u> , smalec, margaryny, <u>tluszcze</u> <u>cukiernicze</u> , dressingi, sosy салатowe	5-20 mg/100 g ≤ 20 mg/100g
Witamina C (kwas L-askorbinowy)	<u>Napoje owocowe</u> , <u>gazowane</u> i w proszku, <u>mleko w proszku</u> , <u>przetwory warzywne</u> , suche produkty zbożowe, cukierki, sól	1-1000 mg/100 g ≤ 25 mg/100 g

* Podkreślone fortyfikanty, produkty i dawki są dopuszczone do stosowania w Polsce.

Źródło: J. Gawęcki, L. Hryniewiecki. Żywność człowieka. Podstawy nauki o żywieniu. PWN, Warszawa 1998.

Podstawą pokrycia zapotrzebowania człowieka na witaminy powinna być urozmaicona dieta, a w niej dodatkowym źródłem witamin – produkty wzbogacane. Dotyczy to zwłaszcza diet o obniżonej wartości energetycznej. Aby umożliwić odpowiedni dobór produktów spożywczych zarówno niewzbogacanych, jak i wzbogacanych konieczna jest odpowiednia edukacja żywieniowa w tym zakresie oraz prawidłowe i czytelne znakowanie produktów wzbogacanych.

Prof. dr hab. JAN GAWĘCKI

Dr hab. MALGORZATA NOGALA-KALUCKA

Katedra Higieny Żywnienia Człowieka

Katedra Biochemii i Analizy Żywności

Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

3. ZALECANE SPOŻYCIE WITAMIN Z ŻYWNOCIĄ I SUPLEMENTAMI

Normy spożycia witamin

Pożywienie jest bez wątpienia podstawowym źródłem witamin dla człowieka. Nie zmienia tego fakt, że niektóre z nich są w ograniczonych ilościach wytwarzane w naszym ustroju lub produkowane przez mikroflorę przewodu pokarmowego, a wszystkie możemy uzyskać w postaci pigulek, tabletek czy musujących napojów.

W celu zapewnienia takiej ilości witamin w spożywanych przez nas pokarmach, aby pokryte było zapotrzebowanie organizmu, opracowuje się, podobnie jak dla innych składników odżywczych, normy żywieniowe (RDA – Recommended Dietary Allowance). Podstawą określania zapotrzebowania organizmu na poszczególne witaminy jest profilaktyka stanów niedoboru uwzględniająca przyswajanie, kumulowanie i wydalanie z organizmu. Normy żywieniowe dla poszczególnych grup ludności, wyodrębnionych ze względu na wiek, płeć, aktywność fizyczną i stany fizjologiczne w odniesieniu do witamin są opracowywane zasadniczo na dwóch poziomach:

1. Bezpieczny poziom spożycia – BPS (*safe level of intake*).
2. Zalecane spożycie – ZS (*recommended intake*).

Pierwsze z nich służą do oceny żywienia, a drugie są przeznaczone do planowania żywienia.

Bezpieczny poziom spożycia witaminy – to taka jej ilość w dziennym pożywieniu, która pokrywa zapotrzebowanie fizjologiczne 97,5% osobników zaliczających się do danej grupy ludności. Natomiast **zalecane spożycie** witaminy jest to ilość pokrywająca całkowicie indywidualne zapotrzebowanie na daną witaminę wszystkich osobników należących

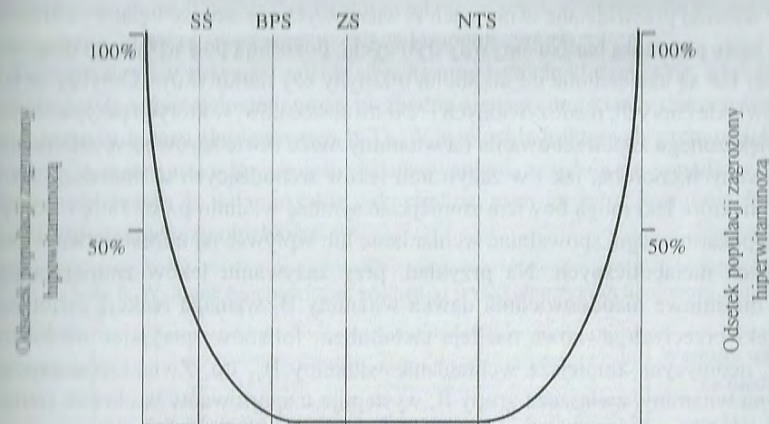
do danej populacji, nawet tych najczęściej potrzebujących, a przy tym uwzględniająca pewną rezerwę na zaspokojenie zwiększonych potrzeb związanych ze zwyczajami żywieniowymi i warunkami życia. Normy dla obu poziomów spożycia podawane są w odpowiednich dla danej witaminy jednostkach (mg, µg bądź równoważnikach retinolu, tokoferolu lub niacyny) przeliczonych na dzień i osobę. Należy zaznaczyć, że wartości zalecanego spożycia są o 20-40% większe od bezpiecznego poziomu spożycia.

Coraz większy zakres wzbogacania żywności w witaminy i upowszechnianie się stosowania suplementów witaminowych są powodem poważnego zaniepokojenia żywieniowców i lekarzy, którzy dostrzegają rosnące zagrożenie nadmiarem spożywanych witamin. Efektem tego są prace nad ustaleniem norm ograniczających od góry wysokość dziennego spożycia witamin. Ostatnio do nauki o żywieniu wprowadzono pojęcie **najwyższego tolerowanego spożycia NTS** (*tolerable upper intake level – UL*), które oznacza najwyższy poziom spożycia witaminy lub składnika mineralnego (z żywnością, wodą lub suplementami), jaki jest biologicznie tolerowany i w dłuższym czasie nie niesie ryzyka niekorzystnego efektu zdrowotnego u wszystkich osobników należących do danej grupy ludności. Normę NTS (UL) ustala się na podstawie najwyższej dawki nie powodującej niekorzystnych objawów NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*) lub najniższej dawki, która wywołuje niekorzystne objawy LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level*). Następnie wielkość jednej z dwóch wymienionych dawek dzieli się przez tzw. współczynnik niepewności. Ponieważ od dawna wiadomo, że największe zagrożenie przedawkowaniem występuje w przypadku witaminy D, dla tej właśnie witaminy opracowano w 1997 roku pierwszą normę najwyższego tolerowanego spożycia UL. Norma ta wynosi dla dorosłych kobiet 50 µg/dzień i jest 10-krotnie większa niż zalecane spożycie dla tej grupy ludności (5 µg/dzień). W 1998 roku Rada ds. Żywności i Żywienia w USA ustaliła wartości UL dla witaminy B₆ i folacyny, które dla różnych grup wiekowych przedstawiają się następująco:

Wiek (lata)	Witamina B ₆ (mg/dzień)	Folacyna (µg/dzień)
1-3	30	300
4-8	40	400
9-13	60	600
14-19	80	800
>19	100	1000

Na rysunku 8. przedstawiono porównanie omówionych wyżej norm spożycia w kontekście występującego w populacji zagrożenia zdrowia wywołanego niedoborem lub nadmiarem danej witaminy.

W tabeli 7. zestawiono normy żywieniowe witamin na poziomie zalecanego spożycia - ZS opracowane w 1995 roku przez zespół pracowników Instytutu Żywności i Żywienia w Warszawie pod kierunkiem Światosława Ziemiańskiego.



Rysunek 8. Normy spożycia witamin a zagrożenie zdrowia populacji:

SS – średnie spożycie, BPS – bezpieczny poziom spożycia, ZS – zalecane spożycie, NTS – najwyższe biologicznie tolerowane spożycie

Tabela 7. Zalecane spożycie witamin w przeliczeniu na dzień i osobę

Witamina	Kobiety* 19-60 lat	Kobiety ciężarne	Kobiety karmiące	Mężczyźni* 19-60 lat	Starsi powyżej 60 lat**
H ₁ mg	1,5-1,8	1,7	2,0	1,6-2,0	1,4-1,5
H ₂ mg	1,6-2,2	2,4	2,6	2,4-2,8	2,0-2,2
H ₃ mg	1,8-2,2	3,0	2,9	2,2-2,6	2,2-2,4
PP mg RN	19-22	21	23	21-25	18-20
Folacyna µg	220-260	400	480	260-290	300-320
H ₁₂ µg	3,0	4,0	4,0	3,0	2,5
C mg	70	80	100	70	60-70
A µg RR	800	1 250	1 600	1 000	800-1 000
E mg RT	9-10	12	14	10	10
H µg	5	10	10	5	10

k – ok. 1 µg /kg masy ciała

kwas*** pantotenowy – 5 mg

Biotyna*** – 30 µg

Źródło: Ś. Ziemiański i in. Normy żywienia dotyczące witamin. „Witaminy”. Nowa Medycyna (1. 1995).

RR – równoważniki retinolu, RT – równoważniki alfa-tokoferolu, RN – równoważniki niacyny,

*Wyższe wartości dla osób o dużej aktywności fizycznej.

**Wyższe wartości dla mężczyzn.

***Przybliżone zapotrzebowanie (AI) proponowane przez National Federal Board, USA (1998).

Ilości witamin przewidziane w normach żywieniowych nie zawsze będą wystarczające dla osób, które prowadzą bardzo aktywny tryb życia, pozostają pod wpływem długotrwałego stresu lub są uzależnione od alkoholu, nikotyny czy narkotyków. Dotyczy to także osób przewlekle chorych, niedożywionych i rekonwalescentów, w których przypadku przyczyna zwiększonego zapotrzebowania na witaminy może tkwić zarówno w zaburzeniach spowodowanych chorobą, jak i w zażywaniu leków wchodzących w interakcje z witaminami. Niektóre leki mogą bowiem zmniejszać syntezę witamin przez florę bakteryjną przewodu pokarmowego, spowalniać wchłanianie lub wpływać na uczestnictwo witamin w procesach metabolicznych. Na przykład, przy zażywaniu leków zmniejszających napięcie mięśniowe nieodpowiednia dawka witaminy B₁ wzmaga reakcję zwiótnienia mięśni, leki przeciwdrgawkowe nasilają metabolizm folianów sprzyjając niedoborom folacyny, neomycyna zmniejsza wchłanianie witaminy B₁₂ itp. Zwiększone zapotrzebowanie na witaminy, zwłaszcza grupy B, występuje u sportowców w okresie startów i natężonego treningu oraz u ludzi wykonujących ciężką pracę fizyczną.

Suplementacja witaminami

Z pełnym pokryciem potrzeb witaminowych organizmu mogą z różnych powodów mieć kłopoty następujące grupy ludności:

- sportowcy i osoby ciężko pracujące fizycznie o wysokim wzroście i dużej masie ciała (ze względu na szczególnie duże zapotrzebowanie),
- kobiety ciężarne i karmiące,
- wegetarianie i inni zwolennicy jednostronnych diet (u ścisłych wegetarian dotyczy to głównie witamin D i B₁₂, które nie występują w pokarmach roślinnych),
- ludzie starsi i osoby z upośledzonym wchłanianiem,
- osoby z defektami genetycznymi i chorzy wymagający restrykcyjnego żywienia dietetycznego,
- osoby uzależnione od alkoholu, nikotyny czy narkotyków i spożywające nadmierne ilości używek,
- osoby systematycznie przyjmujące antybiotyki.

Wszystkim tym grupom ludzi, a także osobom, u których badania biochemiczne wykazały istnienie w organizmie stanu niedoboru (tabela 8), zapobiegawczo lub leczniczo zaleca się suplementację witaminową.

Suplementacja to indywidualne przyjmowanie składnika odżywczego w postaci jednego lub wieloskładnikowych preparatów, które zależnie od dawki mogą być suplementami lub lekami. W pierwszych zawartość witaminy w jednostkowej dawce (tabletki, drażetki itp.) zwykle nie przekracza 100% zalecanego spożycia określonego w normach żywieniowych, w drugich jest zdecydowanie wyższa. W przypadku niektórych preparatów mówi się też

o **megadawkach** czyli ilościach witamin przekraczających wielokrotnie zapotrzebowanie fizjologiczne, które są stosowane w celach terapeutycznych.

Do suplementów żywności zalicza się witaminy i składniki mineralne, a także niektóre aminokwasy (np. S-metylometyonina), niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (zwłaszcza z rodziny kwasu linolenowego n-3). W wieloskładnikowych preparatach, które z założenia są zestawami odpowiednio zbilansowanymi, znajdują się ponadto substancje o działaniu zbliżonym do witamin takie, jak: cholina, mezoinozytol, karnityna, kwasy liponowy i pangamowy czy ubichinon.

Tabela 8. Wybrane biochemiczne wskaźniki wysokiego ryzyka niedoboru witamin

Witamina	Wskaźnik	Wartości wskazujące na niedobór
B ₁	wydalenie tiaminy z moczem transketolaza w erytrocytach	poniżej 27 µg* poniżej 1,25
B ₂	wydalenie ryboflawiny z moczem reduktaza glutationowa w erytrocytach	poniżej 27 µg* powyżej 1,4
PP	wydalenie N-metylonikotynamidu z moczem	poniżej 0,5 µg*
B ₁₂	stężenie kobalaminy w surowicy krwi	poniżej 10 ng/dl
Folacyna	stężenie kwasu foliowego w surowicy krwi stężenie kwasu foliowego w erytrocytach	poniżej 300 ng/dl poniżej 15 µg/dl
C	stężenie kwasu askorbinowego w surowicy krwi stężenie kwasu askorbinowego w leukocytach	poniżej 0,2 mg/dl poniżej 7,0 mg/dl
A	stężenie retinolu w surowicy krwi	poniżej 10 µg/dl
E	stężenie tokoferoli w surowicy krwi	poniżej 0,5 mg/dl
D	stężenie 25-OH cholekalcyferolu w surowicy krwi	poniżej 5,0 ng/dl

*Wydalenie wyraża się w przeliczeniu na 1 g kreatyniny zawartej w badanej próbce moczu.

Witaminy używane do produkcji preparatów mogą być otrzymywane w dwojaki sposób: na drodze izolowania z bogatych w nie naturalnych źródeł (np. metodą ekstrakcji) lub w wyniku syntezy chemicznej. Izolacja „naturalnych” witamin jest zazwyczaj procesem kosztownym i czasochłonnym, a przy tym wymagającym dużego zużycia surowca. Na przykład do wyprodukowania tabletki witaminy C o zawartości 500 mg kwasu askorbinowego trzeba zużyć minimum 20 cytryn. Dlatego obecnie znakomita większość preparatów przeznaczonych do suplementacji zawiera syntetyczne witaminy, definiowane jako **identyczne z naturalnymi**, których produkcja opiera się na nowoczesnych technologiach i urządzeniach. Struktura chemiczna takich witamin jest na ogół taka sama jak witamin naturalnie występujących w przyrodzie. Czasem może być ona jednak specjalnie zmodyfikowana po to, aby zwiększyć trwałość, co nie pozostaje bez wpływu na aktywność biologiczną preparatu.

Preparaty stosowane do suplementacji produkują się w postaci kapsulek, drażetek, tabletek do ssania, tabletek lub proszków musujących, syropów, kropli lub ampulek do iniekcji.

Obecnie na polskim rynku dostępnych jest sto kilkadziesiąt preparatów witaminowych lub witaminowo-mineralnych o zróżnicowanym składzie i przeznaczeniu. Produkowane są specjalne preparaty dla kobiet ciężarnych i karmiących, dla dzieci, dla osób starszych, dla sportowców itp. Każde opakowanie lub zawarta w nim ulotka informuje o tym, jaka jest zawartość poszczególnych witamin w jednostkowej dawce danego preparatu. W tabeli 9. podano skład kilku bardziej znanych preparatów wielowitaminowych.

Tabela 9. Skład wybranych wieloskładnikowych preparatów witaminowych

Witamina	„Biovital” drażetka	„Centrum” tabletki	„Falvit” drażetka	„Plusssz” tabletki musująca	„Vitalar” drażetka	„Multivita- minum” drażetka
B ₁	0,6 mg	1,5 mg	3,0 mg	1,1 mg	1,0 mg	5,0 mg
B ₂	0,6 mg	1,7 mg	2,0 mg	1,1 mg	2,0 mg	2,5 mg
B ₆	1,0 mg	2,0 mg	10,0 mg	1,4 mg	1,2 mg	1,5 mg
PP	10 mg	20 mg	20 mg	11 mg	10 mg	5 mg
B ₁₂	2 µg	6 µg	2 µg	5 µg	1 µg	–
Kwas foliowy	–	0,4 mg	–	–	0,2 mg	–
Kwas pantotenowy	–	10 mg	1 mg	10 mg	1 mg	2,5 mg
Biotyna	–	30 µg	–	–	–	–
C	20 mg	60 mg	50 mg	75 mg	30 mg	25 mg
A	–	5 000 j.m.	5 000 j.m.	–	4 000 j.m.	1 250 j.m.
D	–	400 j.m.	500 j.m.	–	1 000 j.m.	500 j.m.
E	–	30 j.m.	–	7 mg	2,5 mg	2,5 mg
K	–	25 µg	–	–	–	–
Inne składniki	Fe, Mn	Mg, Ca, P, Fe, Cu, K, Zn, Mn, I, Cr, Mo, V, Se, Ni, Si	Ca, Fe, K, Mg, Zn, Mn	–	Ca, Fe, F, K, Mg, Zn Mn, Mo, I, Co, Cu, Kw. borny, rutozyd	–

Źródło: Ś. Ziemiański i in. Normy żywienia dotyczące witamin. „Witaminy”. Nowa Medycyna 11, 1995.

Suplementacja jest najlepszą formą pokrywania niedoborów witaminowych. W krótkim czasie powoduje przywrócenie właściwego stanu wysycenia organizmu i ustąpienie objawów hypowitaminozy. Stosowana w sposób niekontrolowany może stać się jednak przyczyną pogorszenia stanu zdrowia.

Bardzo długo panowało przekonanie, że witamin nie można przedawkować (z wyjątkiem witaminy D, której toksyczność poznano stosunkowo wcześniej) i że dla organizmu niebezpieczny jest jedynie ich niedobór. Toteż wraz z odkrywaniem coraz to nowych korzystnych aspektów działania witamin w organizmie, a jednocześnie dostępnością tanich preparatów syntetycznych pojawiała się tendencja do zażywania ich bez ograniczeń. Często udwojowano się przy tym do autorytetów, na przykład wiadomo, że Linus Pauling, dwukrotny laureat Nagrody Nobla, u schyłku swego życia spożywał po kilka gramów witaminy C dziennie.

Wszystko to wsparte umiejętną reklamą w środkach masowego przekazu, hojnie opłaconą przez firmy farmaceutyczne, spowodowało, że dziś powszechnie sięga się po preparaty witaminowe także wtedy, kiedy nie jest to potrzebne. Ludziom chcącym uchronić się przed stresem, ładnie i młodo wyglądać, a przy tym cieszyć się ciężką fizyczną i zdrowiem zażywanie pigulek witaminowych wydaje się o wiele prostsze niż spożywanie urozmaiconej diety, obfitującej w witaminy. Polacy niewiele różnią się pod tym względem od mieszkańców Ameryki i Europy Zachodniej, stając się coraz bardziej zagrożeni szkodliwymi następstwami przedawkowania witamin. Coraz więcej zwolenników zyskuje też u nas profilaktyczne stosowanie suplementów witaminowych mających uchronić przed różnymi chorobami: od grypy po nowotwory. Z badań nad suplementacją diety witaminami w wybranych populacjach w Polsce (tabela 10) wynika między innymi, że ponad 1/3 ankietowanych osób dorosłych stosujących suplementację diety zażywała preparaty, które zawierały dawki witamin C, B₁, A i E ponad pięciokrotnie przewyższające zalecany poziom spożycia.

Nadmiar witamin jest często względny. Skutki przedawkowania pojawiają się lub nie, w zależności od poziomu spożycia innego składnika. Na przykład, zbyt duże nagromadzenie witaminy K w organizmie może wywołać krwawienia, ale tylko wtedy, gdy równocześnie zażywa się dużo witaminy E, która sama w sobie jest wyjątkowo bezpieczna. Podobnie jest z witaminą B₁₂, której przedawkowanie staje się przyczyną krwotoków z uszu i nosa przy jednoczesnym nadmiarze w organizmie witaminy C, zaś przy niskim poziomie spożycia witaminy B₁₂ suplementacja kwasem foliowym może powodować zaburzenia metaboliczne, tzw. „pułapkę folianową” (patrz rozdział 6).

Wydaje się, że w świetle obecnej wiedzy żywieniowej dłuższą suplementację witaminami, która przez Światową Organizację Zdrowia uważana jest za strategię interwencyjną, należy stosować w uzgodnieniu z lekarzem, wówczas gdy wystąpią kliniczne objawy niedoboru lub zaistnieje realne zagrożenie takim niedoborem. Jeśli zachodzi potrzeba suplementacji dawką terapeutyczną, należy przede wszystkim stosować preparaty jednoskładnikowe, odpowiednio ustalając sposób ich przyjmowania. Bez większych obaw o przedawkowanie można natomiast przez krótki czas „zasilać” organizm witaminami na wiosnę, gdy nasze pożywienie jest tradycyjnie uboższe w witaminy, przy stosowaniu diet

odchudzających, objawach przemęczenia czy przeziębieniach albo w okresach szczególnie intensywnej pracy fizycznej i umysłowej. Najlepiej wówczas stosować preparaty wieloskładnikowe, które zawierają nie więcej witamin, niż powinno się spożyć w ciągu dnia zgodnie z normami zalecanego spożycia, a przy tym są odpowiednio zbilansowane. Pozwala to uniknąć niepożądanego zakłócenia proporcji niektórych współdziałających ze sobą witamin.

Tabela 10. Suplementacja witaminami według wielkości stosowanych dawek (%)
(odsetek osób przyjmujących różne dawki danej witaminy według Pietruszki 1997 [8])

Witamina	Liczba osób stosujących suplementację daną witaminą	do 1 × ZS	1-3 × ZS	3-5 × ZS	5-10 × ZS	> 10 × ZS
C	379	25,3	15,3	15,6	25,9	17,9
B ₁	287	10,5	38,3	18,8	24,7	7,7
B ₂	268	11,6	51,5	16,4	11,9	8,6
B ₆	277	31,0	32,1	13,4	13,4	10,1
B ₁₂	171	47,4	36,3	6,4	5,3	4,7
PP	265	28,7	41,1	8,7	15,5	6,0
Kwas foliowy	71	85,9	11,3	1,4	-	1,4
Kwas pantotenowy	217	55,3	38,2	4,1	1,4	0,9
A	254	21,3	40,6	9,1	2,8	26,4
D	191	18,8	47,6	22,0	9,4	2,1
E	197	27,9	27,9	5,1	13,7	25,4

*Wielkość dawki wyrażano jako wielokrotność zalecanego spożycia (ZS).

Szczególne przypadki stanowią witaminy, które są przepisywane przez lekarzy w dawkach wielokrotnie przekraczających dzienne zapotrzebowanie organizmu jako leki na dolegliwości nie związane bezpośrednio z aktywnością witaminową, na przykład niacyna w dawkach 1-3 g/dzień stosowana bywa jako lek obniżający poziom cholesterolu we krwi, a witamina B₆ w dawkach 200-500 mg jest wykorzystywana jako lek antydepresyjny. Tak wysokie dawki, przekraczające wartości UL, nie są jednak dla organizmu bezpieczne i wywołują dotkliwe skutki uboczne.

Dr hab. MALGORZATA NOGALA-KALUCKA

Prof. dr hab. JAN GAWĘCKI

Katedra Biochemii i Analizy Żywności

Katedra Higieny Żywnienia Człowieka

Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

4. ROLA WITAMIN I SKUTKI ICH NIEDOBORU LUB NADMIARU W ORGANIZMIE CZŁOWIEKA

Każdy żywy organizm potrzebuje do swego istnienia dostarczania z pokarmem kilkudziesięciu różnych składników odżywczych, z których jedne spełniają funkcję źródła energii, inne są materiałem dla budowy i odbudowy struktur komórkowych, a jeszcze inne regulują zachodzące w nim procesy. To ostatnie zadanie jest domeną witamin. Dzięki bardzo zróżnicowanej budowie chemicznej ich zakres oddziaływań i możliwości regulacyjnych jest bardzo szeroki.

Organizm człowieka bez witamin obejść się nie może, a sam nie potrafi ich wytwarzać lub wytwarza w niewystarczających ilościach. Dlatego nieuchronnym następstwem nieprawidłowego odżywiania, które nie zapewnia odpowiedniej podaży witamin (patrz rozdział 3), jest powstawanie niedoborów wyrażających się charakterystycznymi objawami czynnościowymi. Bardziej zaawansowane niedobory z reguły prowadzą do zmian strukturalnych w komórkach i narządach. Niepożądane skutki zdrowotne może powodować także spożywanie witamin w nadmiernych ilościach, co stanowi zagrożenie dla ludzi stosujących suplementację, zwłaszcza przyjmujących megadawki preparatów farmaceutycznych.

Z dostarczaniem witamin nieadekwatnym do potrzeb organizmu wiąza się trzy pojęcia: *Hipowitaminoza* – stan umiarkowanego niedoboru określonej witaminy objawiający się charakterystycznymi zakłóceniami w funkcjonowaniu organizmu.

Awitaminoza – zespół chorobowy wywołany głębokim i długotrwałym niedoborem (brakiem) danej witaminy.

Hipervitaminoza (z greckiego *hyper* – za dużo) – niedomaganie organizmu spowodowane toksycznym działaniem nadmiaru spożywanej witaminy.

Dla odróżnienia sytuacji, w których mamy do czynienia z niedoborem (brakiem) jednej witaminy lub kilku witamin jednocześnie, niektórzy autorzy stosują odpowiednio pojęcia: *monohipowitaminozy* (*monoawitaminozy*) lub *polihipowitaminozy* (*poliawitaminozy*).

I tak, według dzisiejszego stanu wiedzy, typowymi monoawitaminami są: gnilec i beri-beri, zaś za poliwitaminizację można uznać pelagrę, krzywicę i niedokrwistość.

Gnilec, zwany inaczej skorbutem, jest chorobą powstającą na tle braku kwasu askorbinowego, która objawia się krwawymi wylewami, nadmiernym rogowaceniem naskórka, obrzmieniem i krwawieniem dziąseł oraz wypadaniem zębów i łamliwością kości (rycina Va – patrz wkładka). Choroba ta znana jest od bardzo dawna, przy czym zapadali na nią najczęściej mieszkańcy północnych rejonów świata i marynarze odbywający dalekomorskie podróże (m.in. uczestnicy wyprawy Kolumba do Ameryki), których pożywienie przez dłuższy czas było pozbawione świeżych warzyw i owoców.

Beri-beri, inaczej zapalenie wielonerwowe, wywołuje głęboki niedobór tiaminy, powodujący zmiany w układzie nerwowym i sercowo-naczyniowym. Ludzie dotknięci tą chorobą wskutek porażenia nerwów i zaniku mięśni kończyn dolnych chodzą w szczególny sposób, powłócząc nogami (stąd nazwa choroby oznaczająca w języku hindi „owczy chód”). Beri-beri rozprzestrzeniła się w krajach Azji południowo-wschodniej, w których podstawę wyżywienia stanowił obłuszczonego ryż. Dla ograniczenia rozmiarów jej występowania w latach pięćdziesiątych z inicjatywy Światowej Organizacji Zdrowia przeprowadzono tzw. eksperyment filipiński, który był finansowanym przez wspólnotę międzynarodową programem wzbogacania obłuszczonego ryżu w witaminy B₁ i B₂. Warto zauważyć, że beri-beri praktycznie nie występuje w Indiach i niektórych innych krajach, gdzie także jada się bardzo dużo ryżu, ale w inny sposób przygotowuje się go do spożycia (tzn. obłuszcza po parowaniu).

Pelagra, pierwotnie znana jako rumień lombardzki, jest chorobą wywołaną przede wszystkim głębokim niedoborem niacyny, czyli witaminy PP (Przeciw Pelagrycznej). Fakt, że podanie tej witaminy nie całkowicie usuwa objawy choroby uznawane jest za dowód, iż w jej powstawaniu odgrywają rolę także inne witaminy grupy B. Typowymi objawami pelagry (rycina Vb – patrz wkładka) są zaczerwienienie i szorstkość skóry, od którego pochodzi nazwa choroby (z języka włoskiego *pelle agra* – chropowata skóra), a także biegunki, łuszczenie się naskórka, zmiany w jamie ustnej i na języku oraz zaburzenia nerwowe i psychiczne (np. utrata pamięci). Chorobę odkrył w Lombardii we Włoszech wiąże się z dużym spożyciem kukurydzy. Stosunkowo rzadko chorują na nią natomiast mieszkańcy Ameryki Środkowej, których podstawowe wyżywienie także jest oparte na kukurydzy, ale przed spożyciem zwykle gotowanej w wodzie wapiennej. Ta tradycyjna obróbka kulinarna uwalnia kwas nikotynowy z występującego w kukurydzy nieprzyswajalnego dla człowieka połączenia z glukozą.

Krzywica (rachitis) – jest to choroba występująca w okresie wzrostu kości, w której powstawaniu zasadniczą rolę odgrywa niedobór witaminy D w organizmie, a także niedobory witamin A i C oraz wapnia i fosforu. Objawia się ona m.in. charakterystycznym paląkowym wygięciem nóg i zniekształceniem klatki piersiowej (rycina Vc) w następstwie nadmiernego rozwoju nieprawidłowej tkanki kostnej i jej niedostatecznego uwapnienia. Na podstawie wykopalisk wiemy, że z krzywicą spotykano się już w bardzo odległych czasach. Analizując jej występowanie w różnych regionach świata, zauważono ścisły związek między zapadalnością na krzywicę a intensywnością nasłonecznienia. Dział

wiemy, że wiąże się to z powstawaniem w skórze witaminy D pod wpływem promieni ultrafioletowych obecnych w świetle słonecznym.

Niedokrwistość, inaczej anemia, jest to choroba polegająca na zmniejszeniu ogólnej objętości krwi, liczby czerwonych krwinek (erytrocytów) lub koncentracji hemoglobiny, wskutek czego upośledzone jest zaopatrzenie komórek w tlen. Choroba ta może być spowodowana różnymi czynnikami, między innymi: niedoborami folacyny, witaminy B₁₂, witaminy B₆, witaminy PP i witaminy C, a także niewystarczającym spożyciem białka i żelaza. Istnieją różne odmiany niedokrwistości, na przykład: **niedokrwistość niedobarwliwa** – charakteryzująca się obniżonym poziomem hemoglobiny i mniejszymi rozmiarami erytrocytów, **niedokrwistość megaloblastyczna** – w której krwinki czerwone są duże lecz niedojrzałe, **niedokrwistość hemolityczna** – objawiająca się przyspieszonym rozpadem erytrocytów, **niedokrwistość złośliwa** – w której zmniejszona jest liczba krwinek czerwonych przy prawidłowej lub zwiększonej koncentracji hemoglobiny.

W okresie odkrywania witamin i początków witaminologii, kiedy w przeciwieństwie do czasów obecnych, zaawansowane niedobory były zjawiskiem powszechnym, rolę poszczególnych witamin w organizmie sprowadzono do zapobiegania określonej awitaminiozie. Znajdowało to swój wyraz w nazewnictwie. Na przykład witaminę PP określano jako przeciwpelagryczną, witaminę K – przeciwkrwotoczną, witaminę B₁ utożsamiano z czynnikiem zapobiegającym chorobie beri-beri, witaminę D – z czynnikiem zapobiegającym krzywicy, a witaminę A tzw. „kurzej ślepoty”.

W miarę rozwoju badań i poszerzania naszej wiedzy o witaminach ujawnia się coraz więcej szczegółów na temat mechanizmów ich działania i roli w różnych procesach fizjologicznych. Dziś wiemy, że z racji funkcji spełnianych w organizmie, które okazują się coraz bardziej złożone i wzajemnie zależące, witaminy można podzielić na:

- * witaminy tworzące formy koenzymatyczne, które po połączeniu z różnymi białkami funkcjonalnymi biorą udział w charakterze biokatalizatorów w przemianach metabolicznych (patrz rozdziały 5 i 6),

- * witaminy pełniące pozakatalityczne funkcje regulacyjne, których szczególnie ważną podgrupę stanowią witaminy antyoksydacyjne odpowiedzialne za unieszkodliwianie wolnych rodników i aktywnych form tlenu (patrz rozdział 7).

W tabelach 11 i 12 zestawiono aktualne informacje na temat najważniejszych funkcji oraz objawów niedoboru i nadmiaru poszczególnych witamin. Zwraca uwagę fakt, że wiele wyliczonych w niej objawów niedoboru jest wspólnych dla kilku różnych witamin, są to na przykład: zaburzenia w układzie nerwowym, zmiany zapalne w obrębie języka i jamy ustnej, biegunki czy zmiany skórne. Wiele objawów jest ze sobą ściśle powiązanych, czy wręcz dotyczy tej samej dysfunkcji, ale przy różnym zaawansowaniu niedoboru i czasie jego trwania.

Tabela 11. Witaminy rozpuszczalne w wodzie

Witamina	Funkcje	Objawy hipowitaminozy (niedoboru)	Objawy hipervitaminozy (nadmiaru)
B₁ Tiamina	<ul style="list-style-type: none"> • składnik tkankowych układów enzymatycznych związanych z dekarboksylacją (np. kwasu piroglutowego i ketoglutarowego) • współuczestniczy w prawidłowym działaniu układu nerwowego • wspomaga pracę układu sercowo-naczyniowego • wpływa na układ pokarmowy (uczestniczy w procesie spalania cukrów) • wspomaga proces wzrostu 	<ul style="list-style-type: none"> • porażenie nerwów i atrofia mięśni kończyn (choroba berti) • zaburzenia obwodowego układu nerwowego (oczopląs, zaburzenia pamięci, koncentracji, zakłócenia równowagi emocjonalnej) • niewydolność serca (szybka czynność serca, powiększenie serca, obrzęki kończyn górnych i dolnych) • zakłócenia w procesie trawienia (utrata łaknienia, nudności, wymioty, biegunki) 	<ul style="list-style-type: none"> • objawy przedawkowania są rzadkie, ale megadawki mogą wywoływać zawroty głowy, powodować objawy nadwrażliwości, drżenie mięśni, arytmie serca i reakcje alergiczne
B₂ Riboflawina	<ul style="list-style-type: none"> • składnik układów enzymatycznych oddychania tkankowego • współdziała w prawidłowym funkcjonowaniu układu nerwowego • uczestniczy w przemianach aminokwasów i lipidów • współuczestniczy z witaminą A w prawidłowym funkcjonowaniu błon śluzowych dróg oddechowych, śluzówki przewodu pokarmowego, nabłonka naczyń krwionośnych i skóry • uczestniczy w procesie widzenia 	<ul style="list-style-type: none"> • opóźnienie wzrostu oraz uszkodzenia galek ocznych i rogówki • nadwrażliwość na światło • zmiany w obrębie jamy ustnej, pęknięcia i owrzodzenia w kącikach warg • zapalenie śluzówki jamy ustnej i nosa • zawroty głowy • bezsenność • zaburzenia oddechowe 	<ul style="list-style-type: none"> • przy silnym przedawkowaniu mogą wystąpić nudności i wymioty
PP Niacyna	<ul style="list-style-type: none"> • składnik dwóch koenzymów katalizujących proces przenoszenia atomów wodoru ze zredukowanego substratu na odpowiedniego biorcę elektronów i protonów w procesie tkankowego oddychania • współdziała w syntezie hormonów płciowych (estrogeny, progesteron) • uczestniczy w utrzymaniu odpowiedniego stanu skóry 	<ul style="list-style-type: none"> • zaburzenia w procesie glikolizy i łańcuchu oddechowym • dysfunkcje układu trawiennego objawiające się upośledzeniem syntezy w szczególności kwasów tłuszczowych (biegunki, spadek masy ciała, osłabienie) • zakłócenia centralnego i obwodowego układu nerwowego (bezsenna, zawroty i bóle głowy, zapalenia nerwów, zaburzenia pamięci i stany rozstroju nerwowego) • szorstkość i zaczerwienienie skóry tzw. rumień łomardzki (pelagra) 	<ul style="list-style-type: none"> • stosowanie przez dłuższy czas dużych dawek może powodować narwiącą wątroby, arytmie serca, zaburzenia skórne (pieczenie i swędzenie) oraz podniesienie poziomu glukozy w osoczu krwi

B₆ Pirydoksyna	<ul style="list-style-type: none"> • uczestniczy w przemianie aminokwasów i metabolizmie kwasów tłuszczowych • niezbędna w syntezie porfiryn (synteza hemu do hemoglobiny) i hormonów (np. histamina, serotonina) • wpływa na funkcjonowanie układu nerwowego • podnosi odporność immunologiczną organizmu i uczestniczy w tworzeniu przeciwciał 	<ul style="list-style-type: none"> • stany zapalne skóry - dermatitis (dyktakowe zmiany na twarzy, podrażnienie języka i błon śluzowych jamy ustnej, podobne jak w przypadku braku witaminy B₁₂ i PP) • zmiany w obwodowym układzie nerwowym (apatia, bezsenność, nadwrażliwość, napady drgań) • zwiększona podatność na infekcje • zwiększone tworzenie się i wydzielenie kwasu szczawowego, a w efekcie powstawanie kamieni nerkowych • niedokrwistość 	<ul style="list-style-type: none"> • organizm dobrze toleruje większe dawki witaminy B₆. Przy dłuższym spożywaniu pirydoksalu w ilości powyżej 2 g dziennie mogą wystąpić zaburzenia neurologiczne
Kwas pantotyczny	<ul style="list-style-type: none"> • składnik koenzymu A, który bierze udział w syntezie i rozkładzie kwasów tłuszczowych, syntezie cholesterolu i hormonów steroidowych • uczestniczy w syntezie hemu do hemoglobiny i cytochromów • podnosi odporność błon śluzowych • bierze udział w regeneracji komórek skóry • uczestniczy w wytwarzaniu przeciwciał • wspomaga pigmentację włosów • wpływa na prawidłowy wzrost 	<ul style="list-style-type: none"> • zespół piekających stóp • zmęczenie, osłabienie, bóle głowy i brzucha, mdłości, wymioty • zaburzenia w działaniu centralnego i obwodowego układu nerwowego – osłabienie refleksu • zmniejszenie odporności immunologicznej • zmiany skórne i zaburzenia w pigmentacji włosów 	<ul style="list-style-type: none"> • w przypadku podawania kwasu pantotenowego w dawce 10 g/dzień rzadko występował nieznaczny rozstrój układu trawiennego i biegunka. • u niektórych osób stwierdzano objawy uczuleniowe
Kwas foliowy	<ul style="list-style-type: none"> • bierze udział jako koenzym w przenoszeniu reszt jednowęglowych na odpowiednie receptory • uczestniczy w syntezie puryn, pirymidyn i niektórych aminokwasów • bierze udział w procesie podziału komórek, uczestnicząc w syntezie kwasu nukleinowego • współuczestniczy z witaminą B₁₂ w regulacji, tworzeniu i dojrzewaniu krwinek czerwonych 	<ul style="list-style-type: none"> • powstawanie ciężkich zaburzeń rozwojowych u płodu (wadę cewy nerwowej) • niedokrwistość megaloblastyczna • spowolnienie syntezy DNA i replikacji komórek (osłabienie wchłaniania w przewodzie pokarmowym (biegunka tropikalna)) • upośledzenie funkcji układu nerwowego (nadpobudliwość i trudności w zasypianiu) 	<ul style="list-style-type: none"> • spożywanie 15 mg dziennie kwasu foliowego może powodować zburzenia układu nerwowego i pokarmowego. U niektórych osób mogą tworzyć się szkodliwe kryształy foliowy w moczu, mogą również wystąpić alergiczne odczyny na skórze

cd. Tabeli 11

Biotyna	<ul style="list-style-type: none"> • bierze udział w reakcjach przenoszenia grup karboksylowych na odpowiednie receptory • uczestniczy w syntezie kwasów tłuszczowych • współuczestniczy w przemianach aminokwasów i cukrów • wpływa na układ immunologiczny • współdziała z witaminą K w syntezie protrombiny (odpowiedzialna za krzepnięcie krwi) 	<ul style="list-style-type: none"> • tłuszczowce zmiany skóry na dłoniach, nogach i ramionach, wysuszenie i przebarwienie skóry oraz błon śluzowych • podwyższenie poziomu cholesterolu i białek żółciowych we krwi • bóle mięśniowe, osłabienie i apatia 	<ul style="list-style-type: none"> • do tej pory nie określono toksycznego wpływu biotyny na organizm ludzi
B ₁₂ Cyanokobalamina	<ul style="list-style-type: none"> • uczestniczy w przemianach puryn i pirymidyn • czynnik zapobiegający anemii żelazowej • bierze udział w syntezie DNA • tworzy osłonki komórek nerwowych • jako koenzym uczestniczy w przemianach metabolicznych tłuszczów i węglowodanów • uczestniczy w transmetylacji • współdziała w przemianie kwasu foliowego do biologicznie aktywnego tetrahydrofolianu 	<ul style="list-style-type: none"> • choroby w układzie krwiotwórczym (nieodkrytość żółtaka, megaloblastyczna) • zaburzenia w układzie nerwowym • zmiany zwyrodnieniowe błony śluzowej żołądka i zakłócenia we wchłanianiu • hiperhomocysteinemia 	<ul style="list-style-type: none"> • przy stosowaniu przez dłuższy czas megadawk tej witaminy zaobserwowano u niektórych ludzi objawy uczuleniowe
C Kwas askorbinowy	<ul style="list-style-type: none"> • uczestniczy w wielu procesach metabolicznych jako substancja przenosząca elektrony • współdziała w biosyntezie kolagenu, przyspiesza proces gojenia się ran i zrostania kości • uczestniczy w metabolizmie tłuszczów, cholesterolu i kwasów żółciowych • bierze udział w biosyntezie hormonów kory nadnercza • współdziała z witaminą E, powodując jej regenerację przez reaktywny rodnik anionowy • ułatwia przyswajanie nietemnowego żelaza • jako silny reduktor przeciwdziała procesom utleniania wywołanym przez wolne rodniki i tlen singletowy • podnosi odporność organizmu • hamuje powstawanie w żołądku rakotwórczych nitrozoamin 	<ul style="list-style-type: none"> • występowanie szkorbutu (<i>gnilca</i>) objawiającego się obrzękaniem i krwawieniem dziąseł oraz wypadaniem zębów • zaburzenia w tworzeniu kolagenu (zwiększona łamliwość kości, wolniejsze gojenie ran) • zaburzenia w przemianie kwasów tłuszczowych • osłabienie naczyń włosowatych i możliwości powstawania mikrokrwotoków w różnych narządach • niedokrwistość • zmniejszona odporność na infekcje • bóle mięśniowe, zmęczenie, apatia i brak apetytu 	<ul style="list-style-type: none"> • witamina C w większych dawkach nie jest toksyczna. U niektórych osób spożywających większe ilości tej witaminy przez dłuższy czas może być przyczyną łatwiejszego tworzenia się kamieni w nerkach i częstszego oddawania moczu

Tabela 12. Witaminy rozpuszczalne w tłuszczach

Witamina	Funkcje	Objawy hipowitaminozy (nieodboru)	Objawy hipervitaminozy (nadmiaru)
A Retinol	<ul style="list-style-type: none"> • uczestniczy w procesie widzenia – główny składnik purpury wzrokowej (<i>rodopsyn</i>) w fotoreceptorach oka • czynnik wzrostowy • uczestniczy w rozwoju i różnicowaniu komórek (szczególnie dotyczy to nabłonka i tkanki kostnej) • bierze udział w syntezie hormonów kory nadnerczy i wydzielaniu tyroksyn w tarczycy • zapobiega niekontrolowanemu utlenianiu kwasów tłuszczowych (karotenoidy współdziałają z witaminą E i C) • wpływa na układ immunologiczny • zmniejsza ryzyko powstawania komórek nowotworowych 	<ul style="list-style-type: none"> • zaburzenie funkcji siatkówki oka, polegające na pogorszeniu widzenia o zmierzchu (<i>kurza ślepot</i>), wysychanie rogówki, a w późniejszym stadium do jej rozmiękczenia i martwicy prowadzącej do utraty wzroku • rogowacenie skóry i uszkodzenie błon śluzowych przewodu pokarmowego, dróg oddechowych i układu moczowego • zmiany w układzie nerwowym • zmniejszona odporność na infekcje • zahamowanie wzrostu • zaburzenia w procesach reprodukcyjnych 	<ul style="list-style-type: none"> • na skutek zazywania nadmiernych ilości witaminy A występuje tzw. porażenie suchością • towarzyszy temu łamliwość paznokci i wypadanie włosów • mogą występować bóle stawów i kości, ponadto stwierdza się powiększenie wątroby i śledziony • symptomami ostrego zatrucia są bóle głowy, mdłości połączone z wymiotami, światłowstręt i drgawki
D Kalciferol	<ul style="list-style-type: none"> • wpływa na regulację wchłaniania wapnia i fosforu w jelcicie cienkim i utrzymanie stałego poziomu w osoczu krwi • odpowiada za prawidłowy przebieg mineralizacji kości i zębów • reguluje odpowiedni poziom fosforu w nerkach • oddziałuje na gruczoły przytarczyczne • wpływa na mięśnie szkieletowe 	<ul style="list-style-type: none"> • demineralizacja kości: • u dzieci <i>krzywica</i> (łakki piersiowej, kości czaszki i odkształcanie kończyn, spowolnienie wyrastania zębów mlecznych) • u dorosłych rozmiękanie kości (<i>osteomalacja</i>) i nadmierna kruchość kości (<i>osteoporoza</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • toksyczność wysokich dawek tej witaminy objawia się osłabieniem mięśni, bólami stawów, utratą apetytu, nudnościami i wymiotami, towarzyszy temu zwiększone wydalanie wapnia z moczem; może także wystąpić zwapnienie miękkich narządów i tkanek (serca, płuc, nerek) • dawka toksyczna witaminy D dla dorosłego człowieka to 1,25 mg

cd. Tabeli 12

E Tokoferol	<ul style="list-style-type: none"> • wykazuje właściwości ochronne w stosunku do nienasyconych kwasów tłuszczowych i beta-karotenu • zapewnia właściwą budowę i przepuszczalność błon komórkowych, działa jako naturalny antyoksydant wchodząc w reakcje z wolnymi rodnikami powstającymi w wyniku procesów metabolicznych • bierze udział w syntezie niektórych hormonów • współdziałając z witaminami A, C i karotenoidami, zapobiega zmianom nowotworowym • zapobiega niedokrwistości makrocytarnej u dzieci • zapobiega występowaniu zmian skórnych 	<ul style="list-style-type: none"> • uszkodzenie błon komórkowych wskutek utleniania nienasyconych kwasów tłuszczowych • niedokrwistość u niemowląt i dzieci (skrócenie okresu życia czerwonych krwinek, podatność na hemolizę, obniżenie syntezy hemoglobiny) • zaburzenia neurologiczne • rogowacenie i wczesne starzenie się skóry • bolesność i zanik mięśni (dystrofia) 	<ul style="list-style-type: none"> • witamina spożywana przez dłuższy czas w dawkach większych niż 1000 mg octanu alfa-tokoferolu na dzień u osób dorosłych może powodować zmęczenie, bóle głowy, osłabienie mięśni i zaburzenia w procesie widzenia • większe dawki powodują też antagonyistyczne oddziaływanie w stosunku do witaminy K, powodując zmniejszenie krzepliwości krwi
K Filibinosis	<ul style="list-style-type: none"> • niezbędna do wytwarzania czynnika przeciwkrwotocznego w wątrobie (przede wszystkim protrombiny) • uczestniczy w formowaniu tkanki kostnej • wpływa na zmiany metabolizmu kwasów nukleinowych • może uczestniczyć w karboksylacji białek (współudział w syntezie osteokalcyny) • zapobiega określonym rodzajowi hemofilii • posiada właściwości przeciwbakteryjne oraz przeciwgrzybicze • działa przeciwzapalnie i przeciwbólowo 	<ul style="list-style-type: none"> • obniżony poziom protrombiny we krwi (dotyczy to ludzi starszych, u których występują zaburzenia przewodzenia pokarmowego (w wydzieleniu żółci, wchłanianiu w jelicie cienkim) lub dysfunkcje wątroby • wydłużony czas krzepnięcia krwi (krwotoki z nosa, układu pokarmowego i moczowego) • skaza krwotoczna noworodków – <i>hemorragia</i> (wymioty krwią z jelit) 	<ul style="list-style-type: none"> • nadmierne dawki mogą wpływać niekorzystnie na pracę wątroby • podawana w formie iniekcji może wywoływać odczyn alergiczny, powodować skoki ciśnienia tętniczego oraz bóle serca • u noworodków może być przyczyną anemii hemolitycznej, żółtaczki i hiperbilirubinemii

Niektóre objawy niedoborów mają bardziej złożone przyczyny, bowiem do prawidłowego funkcjonowania wielu narządów i układów oprócz określonych witamin konieczna jest obecność odpowiednich składników mineralnych (tabela 13). Makro- i mikroelementy wpływają na prawidłowy przebieg procesów fizjologicznych, uczestnicząc w przemianach metabolicznych wspólnie z witaminami rozpuszczalnymi zarówno w wodzie, jak i w tłuszczach.

Tabela 13. Współdziałanie witamin i składników mineralnych w organizmie człowieka

Witaminy i składniki mineralne	Narządy, układy oraz obszary współdziałania
A, E	• wzrok – regeneracja nabłonka rogówki, rozwój siatkówki i ochrona naczyń krwionośnych
A, D	• słuch – rozwój chrząstek w uszach i błon śluzowych ucha środkowego
A, E, B ₁₂ , B ₆ , folacyna, potas, magnez	• serce – zapobieganie powstawaniu miażdżycy, wspomaganie akcji serca
A, B ₆	• żołądek – utrzymanie właściwej kondycji błon śluzowych
A, kwas pantotenowy (B ₅), selen	• wątroba – detoksykacja trucizn przez usuwanie substancji toksycznych, biorą udział w wydalaniu metali ciężkich
D, K, A, wapń, fosfor, fluor	• kości i zęby – budowa i mineralizacja kości (gęstość i masa kości), regulacja gospodarki wapniowo – fosforanowej
A, E, B ₁₂ , niacyna (PP), kwas pantotenowy (B ₅), cynk	• skóra – utrzymanie właściwego poziomu nawilżenia, zapobieganie stanom zapalnym naskórka i umożliwienie jego regeneracji
D, B ₁₁ , B ₁₂ , wapń, potas	• mięśnie – regulacja gospodarki wapniowej, regulacja skurczu mięśni i wytwarzanie energii w komórkach mięśniowych
B ₁₁ , B ₁₂ , niacyna (PP), folacyna, K, C, E, potas, żelazo	• układ krwiotwórczy i krew – wytwarzanie i dojrzewanie krwinek w szpiku kostnym, synteza hemu, utrzymywanie prawidłowej krzepliwości krwi, działanie przeciwagregacyjne
B ₁₁ , B ₁₂ , E, magnez, potas	• układ nerwowy – przewodzenie bodźców nerwowych z narządów i mięśni
A, E, C, biotyna (H), magnez, cynk, żelazo	• układ immunologiczny – wytwarzanie ciał odpornościowych, zwalczanie bakterii i wirusów (uaktywnianie fagocytozy), neutralizacja wolnych rodników

Do przykładów obrazujących te zależności należy współdziałanie witamin D, A i K z wapniem, fosforem i fluorem, które jest wymagane dla budowy i utrzymania odpowiedniej struktury mineralnej układu kostnego i zębów. Mocne kości i zęby zawdzięczamy przede wszystkim obecności witaminy D odpowiedzialnej za przyswajanie wapnia i fosforu.

Wspierana przez witaminę A, uaktywnia ona wyspecjalizowane komórki jelita cienkiego, w których zachodzi wchłanianie wapnia i fosforu, a następnie utrzymuje stałe stężenie tych pierwiastków we krwi przez regulację ich wydalania z moczem. Rola witaminy K w tym procesie polega na przyspieszaniu karboksylacji białek enzymatycznych uczestniczących w mineralizacji tkanki kostnej, natomiast fluor współuczestniczy w budowie szkliwa nazębnego. Przy niedoborze wapnia w pożywieniu, w szczególności u ludzi starszych, następuje uwalnianie tego pierwiastka z kości, powodując ich rozmiękanie (*osteomalacja*), a przy długotrwałych niedoborach witaminowo-mineralnych występuje zwiększona kruchość i ubytek masy kostnej (*osteoporoza*). Dlatego odpowiednia podaż współdziałających witamin i składników mineralnych w pożywieniu ma duże znaczenie, w szczególności u dzieci i młodzieży w okresie wzrostu, zapewniając odpowiednią budowę i właściwą strukturę kośćca oraz zębów.

W tabeli 13 podano również inne przykłady współdziałania witamin ze składnikami mineralnymi w organizmie, potwierdzając słuszność suplementacji z zastosowaniem preparatów farmaceutycznych, w których skład wchodzi nie tylko witaminy, lecz także niektóre składniki mineralne.

Prof. dr hab. JACEK KOZIOL

Instytut Towaroznawstwa
Akademia Ekonomiczna w Poznaniu

5. WITAMINY W METABOLIZMIE

Nasze życie jest możliwe dzięki dokonującej się nieustannie w tkankach i komórkach przemianie materii i energii, którą określa się mianem **metabolizmu**. Jeden rodzaj tych przemian, określanych jako kataboliczne, polega na degradacji związków złożonych do związków prostszych, co pozwala organizmowi pozyskiwać energię i niezbędne materiały budulcowe. Drugi rodzaj to przemiany anaboliczne, w których po dostarczeniu energii ze związków prostszych powstają związki złożone. Przykładem przemiany katabolicznej jest glikogenoliza, czyli przemiana glikogenu w glukozę lub beta-oksydacja, czyli przemiana kwasów tłuszczowych do acetyloCoA. Z kolei jako przykłady przemian anabolicznych można podać biosyntezę białka z aminokwasów czy glukoneogenezę, czyli wytwarzanie glukozy z mleczanu, pirogronianu, glicerolu lub niektórych aminokwasów. Przemiany metaboliczne zachodzą przy udziale specjalnych białek zwanych enzymami, które pełnią funkcje biologicznych katalizatorów. W naszym organizmie jest kilka tysięcy różnych enzymów, przy czym większość z nich, aby spełniać swoje funkcje katalityczne, wymaga połączenia z określonym składnikiem niebiałkowym (kofaktorem), którym mogą być jony metali lub *koenzymy*. Wśród tych ostatnich jest grupa związków, których człowiek i zwierzęta nie potrafią wytwarzać. W wielu przypadkach są one jednakże zdolne przekształcić w koenzymy cząsteczki o podobnej budowie syntetyzowane przez rośliny i mikroorganizmy. Takimi nieukończonymi formami koenzymów są niektóre witaminy.

Wszystkie najważniejsze przemiany kataboliczne i anaboliczne przebiegają w naszym organizmie w środowisku wodnym, stąd też mogą w nich brać udział jedynie witaminy należące do grupy umownie określanej jako rozpuszczalne w wodzie witaminy grupy B.

Witaminy grupy B są bardzo zróżnicowane pod względem budowy chemicznej (tabela 14), a ich funkcje metaboliczne wiążą się z udziałem w budowie rozmaitych enzymów. Witaminy te przeprowadzone do formy koenzymu najczęściej zawierają dodatkowe czony umożliwiające połączenie z częścią białkową zwaną *apoenzymem* i utworzenie aktywnego enzymu (*holoenzymu*). Regułą jest połączenie ko- i apoenzymu stosunkowo słabymi wiązaniami umożliwiającymi dysocjację i asocjację kompleksu, co pozwala na absorpcję

witamin z przewodu pokarmowego i odtworzenie enzymu w tkankach organizmu (rzadkie formy witamin kowalently związanych z apoenzymami obecne w pożywieniu najczęściej nie mogą być wykorzystane).

Tabela 14. Formy występowania witamin grupy B

Witamina	Formy biologicznie aktywne	Dodatkowe człony
Tiamina (witamina B ₁)	difosforan tiaminy	grupy fosforanowe
Ryboflawina (witamina B ₂)	mononukleotyd flawinowy (FMN) flawino-adenino-dinukleotyd (FAD)	grupa fosforanowa adenina, ryboza grupy fosforanowe
Pirydoksyna (wit. B ₆)	fosforan pirydoksalu (oraz pirydoksyny i pirydoksaminy)	grupa fosforanowa
Niacyna (kwas nikotynowy)	amid kwasu nikotynowego, jego dinukleotyd adeninowy (NAD) i fosforan (NADP)	adenina, ryboza, grupy fosforanowe
Kwas pantotenowy	koenzym A (CoA)	adenina, ryboza, tio-etanolamina, grupy fosforanowe
Biotyna	biotyna, bisnorbiotyna, biocytyna	L-lizyna
Kobalamina (witamina B ₁₂)	metylokobalamina, deoksyadenozylkobalamina	
Folacyna (foliany, kwas foliowy)	tetrahydrofoliany (H ₄ -foliany)	

Koenzymatyczne formy witamin występują w wielu rodzajach enzymów katalizujących reakcje oksydoredukcyjne, reakcje przenoszenia grup i izomeryzacji, a także reakcje prowadzące do tworzenia wiązań kowalencyjnych (tabela 15). Koenzymatyczna część tylko współdecyduje o specyfice działania enzymu, dlatego w połączeniu z odmiennymi apoenzymami może katalizować różne reakcje. Rola koenzymu polega na redukowaniu substratu, a w reakcjach przenoszenia na łączeniu się przejściowo z przenoszoną grupą.

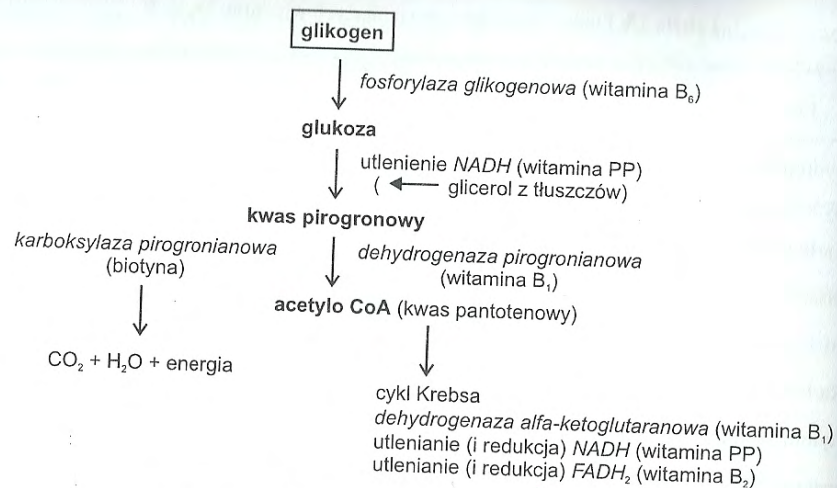
Przebieg metabolicznych przemian składników pożywienia z udziałem enzymów zawierających witaminy grupy B w części koenzymatycznej jest znany w ogólnych zarysach i uzupełniany wynikami stale prowadzonych badań. Schemat przemian najlepiej można zobrazować oddzielnie, omawiając udział enzymów zawierających witaminy grupy B w metabolizmie węglowodanów, białek i tłuszczów.

Tabela 15. Funkcje enzymów zawierających witaminy grupy B

Enzym	Przenoszony fragment	Koenzym
Dehydrogenaza	wodór/elektrony	Dinukleotyd adenino-flawinowy
Dehydrogenaza	wodór/elektrony	Dinukleotyd nikotyn-amidoadeninowy
Dekarboksylaza	grupa karboksylowa	Fosforan pirydoksalu
Transaminaza	grupa aminowa	Fosforan pirydoksalu
Dehydrogenaza	2-węglowa grupa acylowa	CoA (kw. pantotenowy)
Dekarboksylaza	grupa karbonylowa	Difosforan tiaminy
Metylotransferaza	grupa metylowa	Tetrahydrofolian
Transmetylaza	grupa metylowa przegrupowana	Metylokobalamina, Deoksyadenozylkobalamina
Karboksylaza	1-węglowe fragmenty	Biotyna

Witaminy grupy B w metabolizmie węglowodanów

W przewodzie pokarmowym makrocząsteczki węglowodanów (skrobia, glikogen, dekstryna) ulegają strawieniu do glukozy, która jako jedyny cukier prosty może pełnić w organizmie funkcje metaboliczne (pewne ilości fruktozy i galaktozy pochodzące z sacharozą i laktozą przechodzą z przewodu pokarmowego do wątroby, gdzie ulegają przekształceniu w glukozę). Spalanie glukozy jest podstawową drogą pozyskiwania energii w komórkach i tkankach organizmu. W zależności od warunków przebiegu glikolizy (beztlenowych lub tlenowych) w czasie katabolizmu glukozy powstaje odpowiednio tylko 2 lub aż 38 moli wysokoenergetycznego ATP na 1 mol glukozy. Skrócony schemat katabolizmu węglowodanów przedstawiono na rysunku 9. Wynika z niego wyraźnie, że enzymy z koenzymami zawierającymi witaminy grupy B kontrolują przebieg metabolizmu węglowodanów. Pierwszy etap glikolizy zachodzi w cytoplazmie, wymagając utlenienia NADH do NAD. Równoległe może mieć miejsce uruchomienie zapasów glikogenu przez jego fosforylację do glukozo-1-fosforanu z udziałem specyficznej fosforylasy (w formie fosforylasy glikogenowej obecnej w mięśniach szkieletowych znajduje się około 80% ustrojowych zasobów witaminy B₆). W fazie tworzenia się kwasu pirogronowego może włączyć się glicerol uwolniony w procesie metabolizmu tłuszczów. Dalsze przemiany kwasu pirogronowego (cykl Krebsa) wymagają przeniesienia do wnętrza mitochondriów.



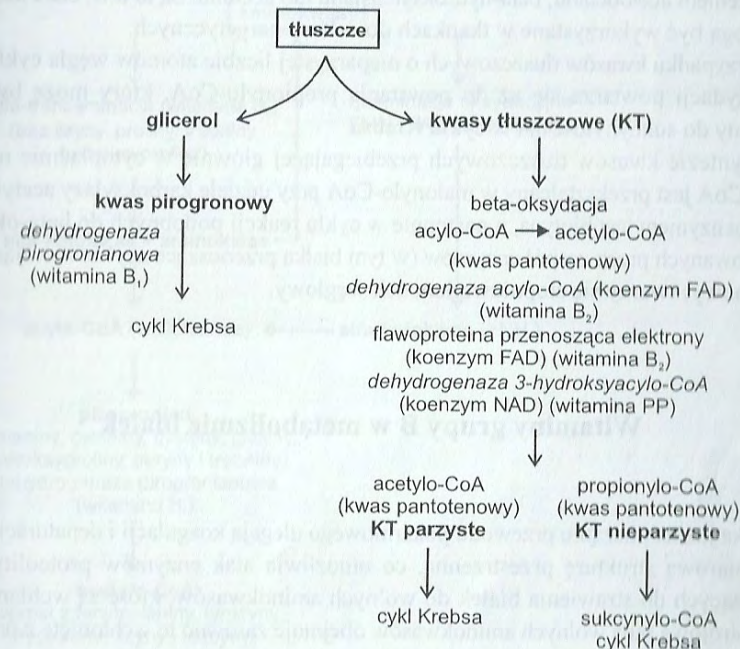
Rysunek 9. Skrócony schemat katabolizmu węglowodanów

Tam przy udziale enzymów zwanych kompleksem dehydrogenazy pirogronianowej (koenzymem jest witamina B₁, podobnie jak w dehydrogenazie alfa-ketogluutaranowej w cyklu Krebsa) następuje dekarboksylacja oksydacyjna pirogronianu do acetylo-CoA (zawierającego kwas pantotenowy). Przy udziale karboksylazy pirogronianowej (koenzymem jest biotyna) może nastąpić przekształcenie pirogronianu w szczawiooctan potrzebny w cyklu Krebsa. Cyklowi kolejnych złożonych reakcji zwanych łańcuchem oddechowym towarzyszy utlenianie i redukcja z udziałem enzymów, których koenzymami są amid kwasu nikotynowego (NAD) i ryboflawina (FAD).

Witaminy grupy B w metabolizmie tłuszczów

Lipazy obecne w ślinie i soku żołądkowym rozszczepiają tłuszcze pożywienia mało skutecznie ze względu na ich niezdolność do dyspersji w środowisku wodnym. Dopiero po zemulgowaniu tłuszczów w dwunastnicy za pomocą wydzieliny pęcherzyka żółciowego (kwasy żółciowe i fosfolipidy) do postaci miceli łatwo penetrowanych przez lipazy jelitowe następuje szybkie trawienie tłuszczów do glicerolu, 2-monoacyloglicerolu i wolnych kwasów tłuszczowych (odczepionych z pozycji 1 i 3 glicerolu). W śluzówce jelita następuje odtworzenie struktur tłuszczowych, które w postaci chylomikronów (makrocząsteczki lipoproteinowe zawierające w centrum cząsteczki tłuszczów) przedostają się do limfy. Tłuszcze z chylomikronów przenikają do komórek tkanki tłuszczowej, gdzie w miarę

potrzeb organizmu są rozkładane przez lipazy i w formie wolnych kwasów tłuszczowych oraz glicerolu przechodzą do płynów ustrojowych, mięśni i wątroby dla dalszych przekształceń. Synteza potrzebnych organizmowi tłuszczów przebiega głównie w cytoplazmie, a katabolizm dla potrzeb energetycznych w strukturach mitochondrialnych. Skrócony schemat katabolizmu tłuszczów przedstawiono na rysunku 10.



Rysunek 10. Skrócony schemat katabolizmu tłuszczów

Podstawowym cyklem przemian kwasów tłuszczowych jest beta-oksydacja polegająca na kolejnym odczepianiu reszt dwuwęglowych od acylo-CoA (acyl kwasu tłuszczowego z CoA) poprzez oksydacyjne rozerwanie wiązania pomiędzy węglami alfa i beta w stosunku do grupy karbonylowej kwasu tłuszczowego. W sekwencji reakcji wiązanie to jest utleniane przez dehydrogenazę acylo-CoA z FAD w roli koenzymu, w dalszej kolejności następuje wysycenie podwójnego wiązania przez przyłączenie cząsteczki wody, odwodowanie na węglu 3 przez dehydrogenazę 3-hydroksyacylo-CoA (koenzymem jest NAD) i ostateczne rozerwanie wiązania pomiędzy węglami 2 i 3 przez enzym tiolazę. W rezultacie powstają acetylo-CoA i acylo-CoA zawierający łańcuch uboższy o 2 atomy węgla niż wchodzący do reakcji kwas tłuszczowy. Acetylo-CoA zostaje wiązany w cykl Krebsa i oba acetylowe atomy węgla ulegają utlenieniu do CO₂ i wody, zaś acylo-CoA ponownie wchodzi na szlak beta-oksydacji. W przypadku kwasu palmitynowego (16-węglowy łańcuch) przedstawiony cykl reakcji może zostać powtórzony 8-krotnie, doprowadzając do pełnego utlenienia tego kwasu tłuszczowego. W przebiegu reakcji na 1 cząsteczkę kwasu trzeba zu-

żyć energią 2 cząsteczek ATP (aktywacja kwasu tłuszczowego), uzyskując w toku przemian po 5 cząsteczek ATP na każdą z 7 pierwszych cząsteczek acetylo-CoA (razem 35) oraz 12 cząsteczek ATP z 8 cząsteczek acetylo-CoA w cyklu Krebsa (razem 96). Sumaryczny zysk energetyczny wynosi więc aż 129 cząsteczek ATP.

W końcowej fazie procesu może dochodzić do kondensacji 2 cząsteczek acetylo-CoA z utworzeniem acetoctanu, beta-hydroksymaślanu lub acetonu. Są to tzw. ciała ketonowe, które mogą być wykorzystane w tkankach do celów energetycznych.

W przypadku kwasów tłuszczowych o nieparzystej liczbie atomów węgla cykl reakcji beta-oksydacji powtarza się aż do powstania propionilo-CoA, który może być przekształcony do sukcylo-CoA w cyklu Krebsa.

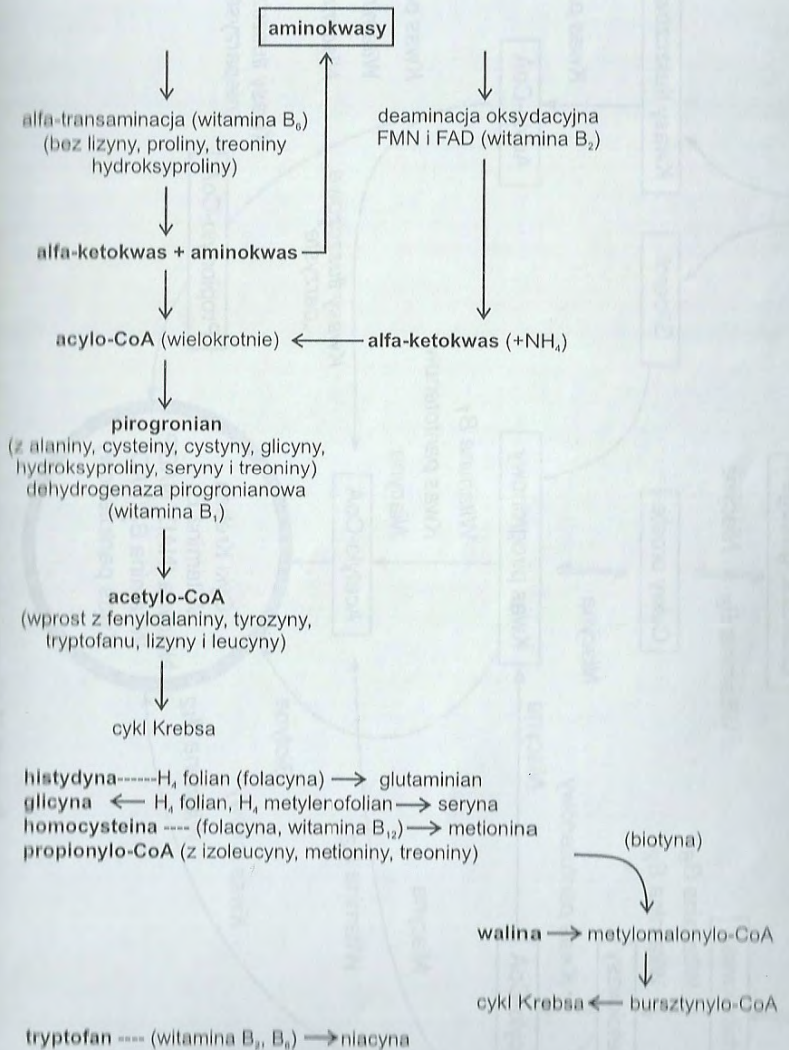
W syntezie kwasów tłuszczowych przebiegającej głównie w cytoplazmie najpierw acetylo-CoA jest przekształcany w malonylo-CoA przy udziale karboksylazy acetylo-CoA, której koenzymem jest biotyna, a następnie w cyklu reakcji podobnych do beta-oksydacji i katalizowanych przez zespół enzymów (w tym białka przenoszące acyl zawierający kwas pantotenowy) tworzy się stopniowo łańcuch węglowy.

Witaminy grupy B w metabolizmie białek

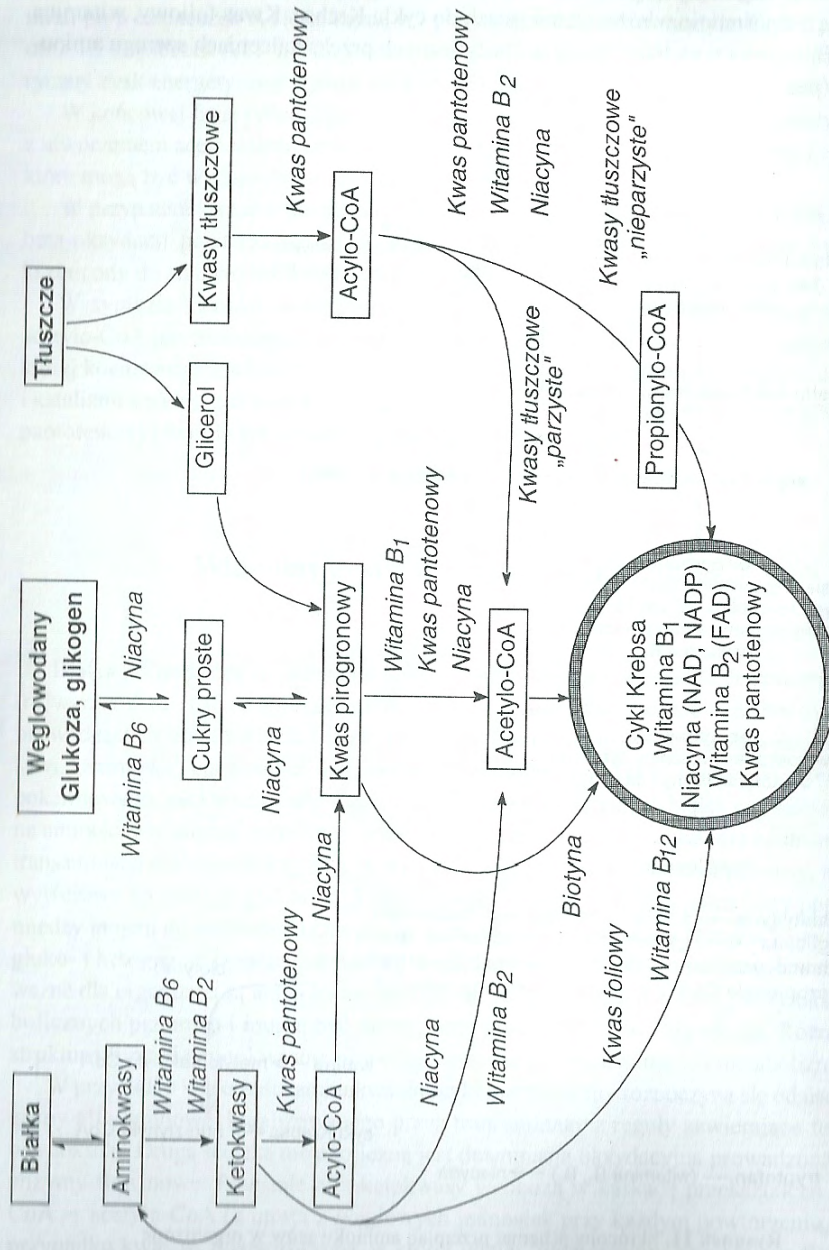
Białka już na początku przewodu pokarmowego ulegają koagulacji i denaturacji, tracąc trójwymiarową strukturę przestrzenną, co umożliwia atak enzymów proteolitycznych prowadzących do strawienia białek do wolnych aminokwasów, które są wchłaniane do krwi. Ustrojowa pula wolnych aminokwasów obejmuje zarówno te wchłonięte z przewodu pokarmowego, jak i te uzyskane z katabolizmu stale wymienianych białek organizmu. Wolne aminokwasy ulegają różnym przekształceniom polegającym głównie na deaminacji, transaminacji czy dekarboksylacji, w wyniku czego powstają nowe aminokwasy, związki wyjściowe do syntezy glukozy (13 aminokwasów glukogennych), ketokwasy potrzebne między innymi do wydłużania łańcuchów kwasów tłuszczowych (ketogenna leucyna oraz gluko- i ketogenne: izoleucyna, lizyna, fenyloalanina, tryptofan i tyrozyna). Szczególnie ważne dla organizmu są aminokwasy egzogenne, które nie mogą powstać w wyniku metabolicznych przemian i muszą być dostarczone organizmowi w pożywieniu. Różnorodność struktur i funkcji aminokwasów powoduje znaczne zróżnicowanie ich metabolizmu.

W przypadku większości aminokwasów cykl metaboliczny rozpoczyna się od usunięcia grupy alfa-aminowej katalizowanego przez transaminazy z reguły zawierające fosforan pirydoksalu. Drugą ścieżką metaboliczną jest deaminacja oksydacyjna prowadzona przez enzymy flawinowe. Powstałe alfa-ketokwasy wchodzi w kaskadę przekształceń acylo-CoA → acetylo-CoA (z utratą 2-węglowych jednostek przy każdym powtórzeniu, jak w przypadku kwasów tłuszczowych), w której udział biorą enzymy zawierające flawiny i niacynę. Utworzony pirogronian po dekarboksylacji przez dehydrogenazę pirogronianową (witamina B₃) tworzy acetylo-CoA (kwas pantotenowy), a następnie wchodzi w cykl

Krebsa i ulega degradacji do CO₂ i wody. Kilka aminokwasów po podobnych przemianach włącza się bezpośrednio w różnych miejscach do cyklu Krebsa. Kwas foliowy, witamina B₁₂, B₃, B₆ oraz biotyna biorą udział w specyficznych przekształceniach szeregu aminokwasów (patrz rysunek 11).



Rysunek 11. Skrócony schemat przemian aminokwasów w organizmie



Rysunek 12. Uczestnictwo witamin w procesach metabolicznych

Część przedstawionych reakcji z udziałem witamin grupy B zachodzi również w cyklu anabolicznym i bez popełnienia błędu można stwierdzić, że odgrywają one decydującą rolę w metabolizmie białek.

Jak wynika z rysunku 12, wszystkie procesy przemian materii odbywają się z udziałem różnych witamin.

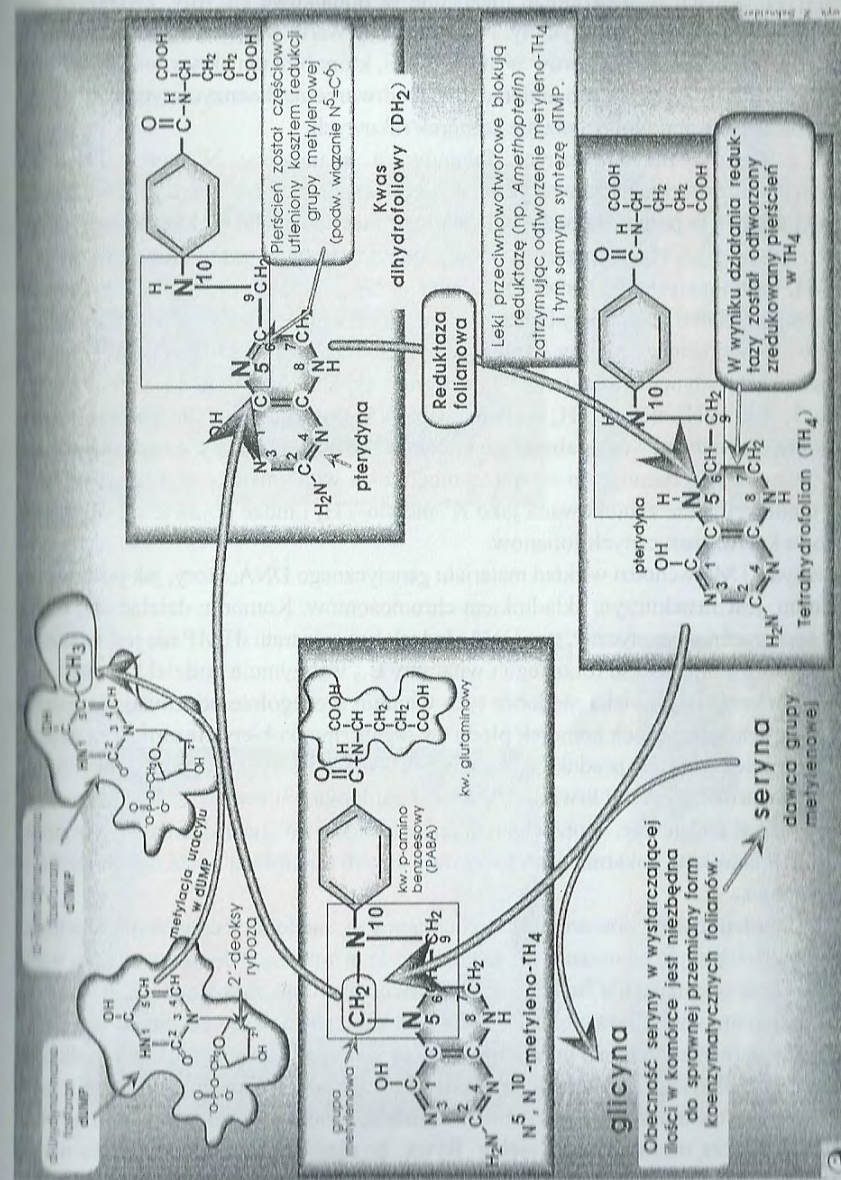
Katedra Biochemii i Biotechnologii
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

6. WSPÓLDZIAŁANIE FOLIANÓW I WITAMINY B₁₂

Zarówno foliany, jak i witamina B₁₂ reprezentują grupę związków aktywnych biologicznie. Związki te, stanowiąc część niebiałkową enzymu, współdziałają z białkami enzymatycznymi w katalizowaniu reakcji chemicznych we wszystkich organizmach żywych. W porównaniu z wielkością molekuly białkowej witaminy są zaledwie małą cząstką enzymu jednak bardzo ważną, gdyż znajdują się w centrum aktywnym białka i mają zasadniczy wpływ na przebieg katalizowanej reakcji. W wielu przypadkach witaminy są chemicznie przystosowywane przez nasz organizm do funkcji katalitycznej z białkiem. Taka odpowiednio przystosowana forma witaminy nosi nazwę koenzymu. Bez wbudowanego koenzymu białko enzymatyczne nie może funkcjonować, toteż w warunkach niedoboru witaminy określony proces metaboliczny zostaje upośledzony bądź zatrzymany.

W przypadku witaminy B₁₂ i folianów organizm człowieka może wykorzystywać zarówno dostarczone z pokarmem formy koenzymatyczne, jak również takie, które najpierw trzeba poddać odpowiedniej „obróbce”. Do suplementacji diety wykorzystuje się głównie cyjanokobalaminę (sprzedawaną w aptekach) – formę trwałą chemicznie, która jest przekształcana przez enzymy w wątrobie i innych tkankach do dwóch form koenzymatycznych witaminy B₁₂: metylokobalaminy i adenozylokobalaminy (rycina VI – patrz wkładka). Te dwa koenzymy B₁₂ współdziałają w komórkach z dwoma różnymi enzymami syntetazą metioninową i mutazą metylo-malonylo-CoA. Chociaż witamina B₁₂ zaangażowana jest zaledwie w dwóch enzymach na kilka tysięcy enzymów działających w naszym organizmie, jej głęboki niedobór nieuchronnie powodował śmierć ludzi aż do lat dwudziestych ubiegłego wieku, kiedy odkryto mechanizm jej działania i zaczęto zapobiegać oraz leczyć niedobory.

Podobnej transformacji chemicznej do form koenzymatycznych podlega aplikowany w lekach kwas foliowy i foliany pozyskane z żywności bądź z jelitowych mikroorganizmów (rycina VII – patrz wkładka). Koenzymatyczne formy folianów uczestniczą w enzymach przenoszących fragmenty jednowęglowe do wielu różnych związków. W trakcie tych przemian ulegają one transformacji z jednej formy koenzymatycznej w inną (rysunek 13).



Rysunek 13. Przykłady funkcjonowania koenzymatycznych form folianów i ich wzajemnych przemian

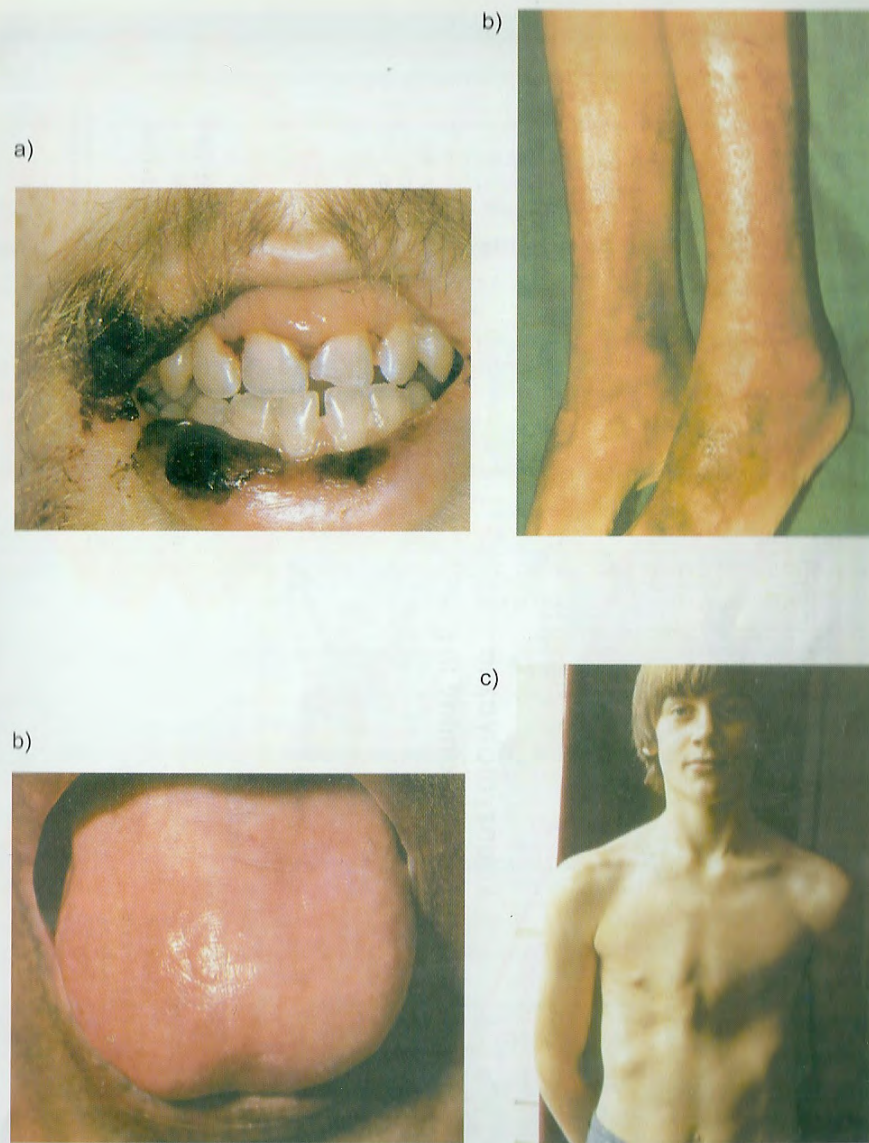
W rezultacie obserwuje się ciągłą wzajemną przemianę różnych form koenzymatycznych. Na niektórych etapach tych przemian niezbędne są dodatkowe enzymy, zwłaszcza do redukcji fragmentu folianu – pterydyny. Na marginesie warto wspomnieć, że specjaliści zajmujący się leczeniem nowotworów wymyślili leki, które blokują aktywność enzymów redukujących, aby w ten sposób uniemożliwić odtworzenie koenzymatycznych form folianów, niezbędnych do mnożenia się komórek rakowych.

Jedną z form koenzymatycznych folianów, a mianowicie N^5 -metylo- TH_4 , do transformacji w inną formę koenzymatyczną wymaga współdziałania koenzymu witaminy B_{12} . Transformacja ta polega na pozbyciu się grupy metylowej. Jak pokazano na rycinie VIII (patrz wkładka), CH_3 - B_{12} przenosi w akcie enzymatycznym grupę metylową od N^5 -metylo- TH_4 na homocysteinę, syntetyzując przy okazji metioninę – aminokwas bardzo potrzebny organizmowi do budowy białek. Natomiast odtworzony TH_4 może być wręczgnięty ponownie do syntezy tyminy – wbudowanej do nukleotydu oznaczonego skrótem dTMP (dezyksytymidynomonofosforan) – jednego ze składników DNA. Przy niedoborze witaminy B_{12} folian N^5 -metylo- TH_4 zostanie złapany w pułapkę, gdyż nieznana jest inna reakcja, która prowadziłaby do pozbycia się grupy metylowej z tej formy koenzymatycznej folianu. Zatem przy utrzymującym się dłużej niedoborze witaminy B_{12} większość folianu zostanie nieodwracalnie zablokowana jako N^5 -metylo- TH_4 i może pojawić się niedobór innych form koenzymatycznych folianów.

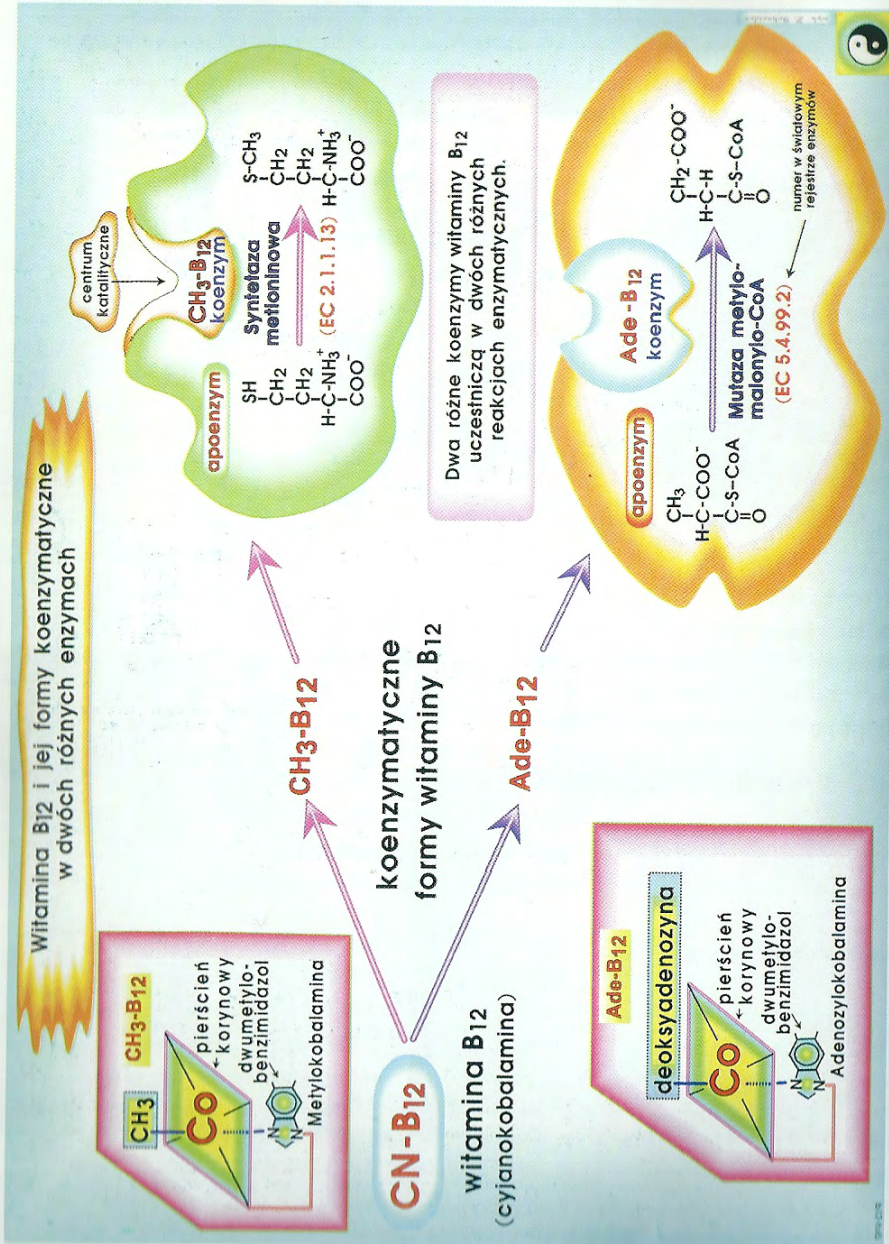
Nukleotyd dTMP wchodzi w skład materiału genetycznego DNA, który, jak powszechnie wiadomo, jest zasadniczym składnikiem chromosomów. Komórka dzieląc się, musi podwoić swój materiał genetyczny, tzn. DNA. Jednak bez substratu dTMP nie jest w stanie tego zrobić. Zatem brak kwasu foliowego i witaminy B_{12} wstrzymuje podział komórki. W przypadku zwierząt i człowieka niedobór tych witamin szczególnie odczuwają komórki szybko się namnażające. Obok komórek płodu (w organizmie kobiety ciężarnej) są to komórki szpiku kostnego, które produkują krwinki czerwone, limfocyty, krwinki fagocytujące (monocyty, neutrofile) i płytki krwi oraz komórki nabłonka jelitowego, które muszą być odnawiane niemal codziennie, w przeciwnym razie dochodzi do upośledzenia wchłaniania strawionych składników pokarmu oraz folianów i innych witamin, a także do zapalenia i owrzodzeń jelita.

Objawami niedoborów obu omawianych witamin są: niedobór czerwonych krwinek zwany niedokrwistością, zaburzenia w rozwoju płodu prowadzące do powstawania wad wrodzonych oraz upośledzenie funkcji układu nerwowego i pokarmowego.

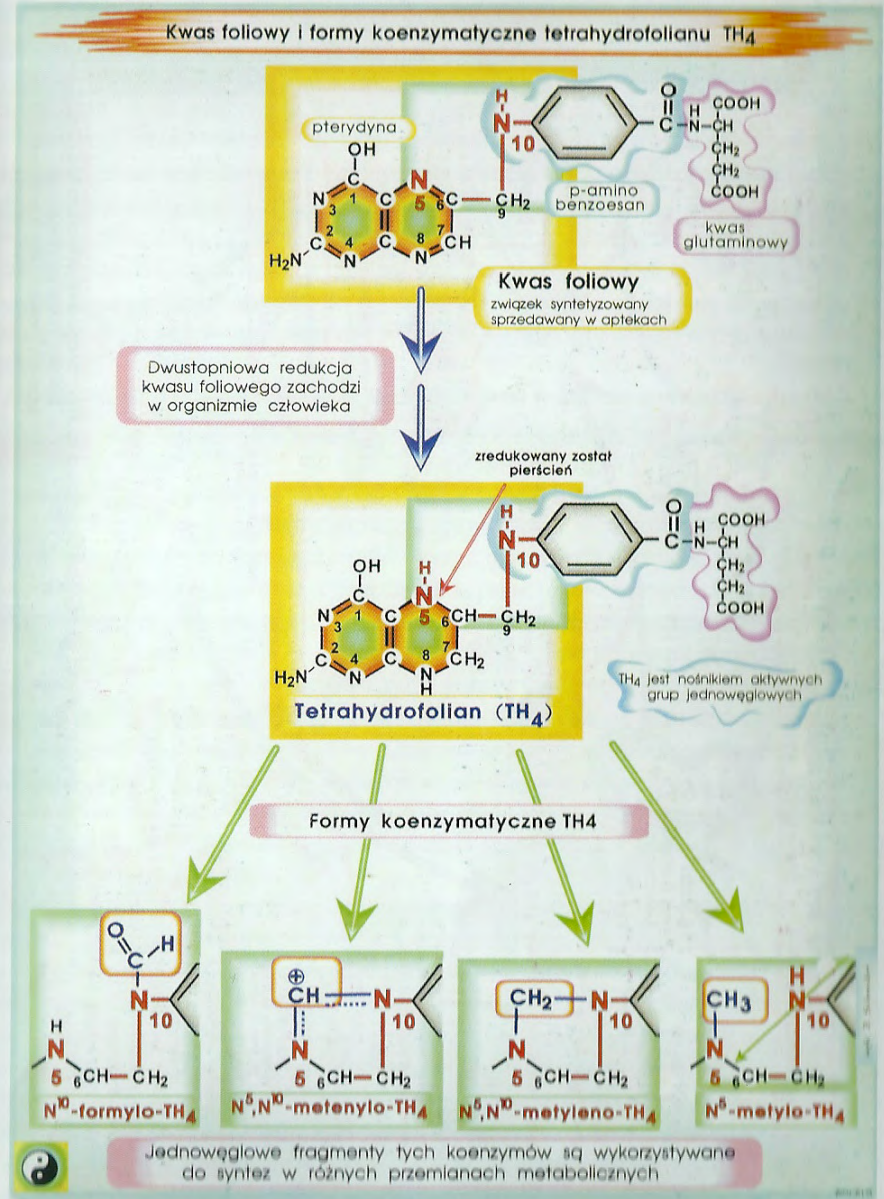
Jak wspomniano wyżej, kwas foliowy i witamina B_{12} współdziałają ze sobą w określonych procesach metabolicznych, gdzie funkcjonują jako koenzymy w różnych białkach enzymatycznych. Z tych samych bądź podobnych form koenzymatycznych witamin korzystają również inne białka enzymatyczne, katalizując procesy, w których witamina B_{12} i foliany uczestniczą niezależnie od siebie. Bywa, że różne białka enzymatyczne mają niejednakowy dostęp do koenzymów bądź wiążą słabiej koenzymatyczne formy witamin z powodu defektu genetycznego ludzi. Fakt ten może spowodować daleko idące skutki w warunkach umiarkowanego niedoboru określonej witaminy. Bowiem gdy nie starcza witaminy do wysycenia wszystkich potrzebujących białek, w pierwszej kolejności są obsa-



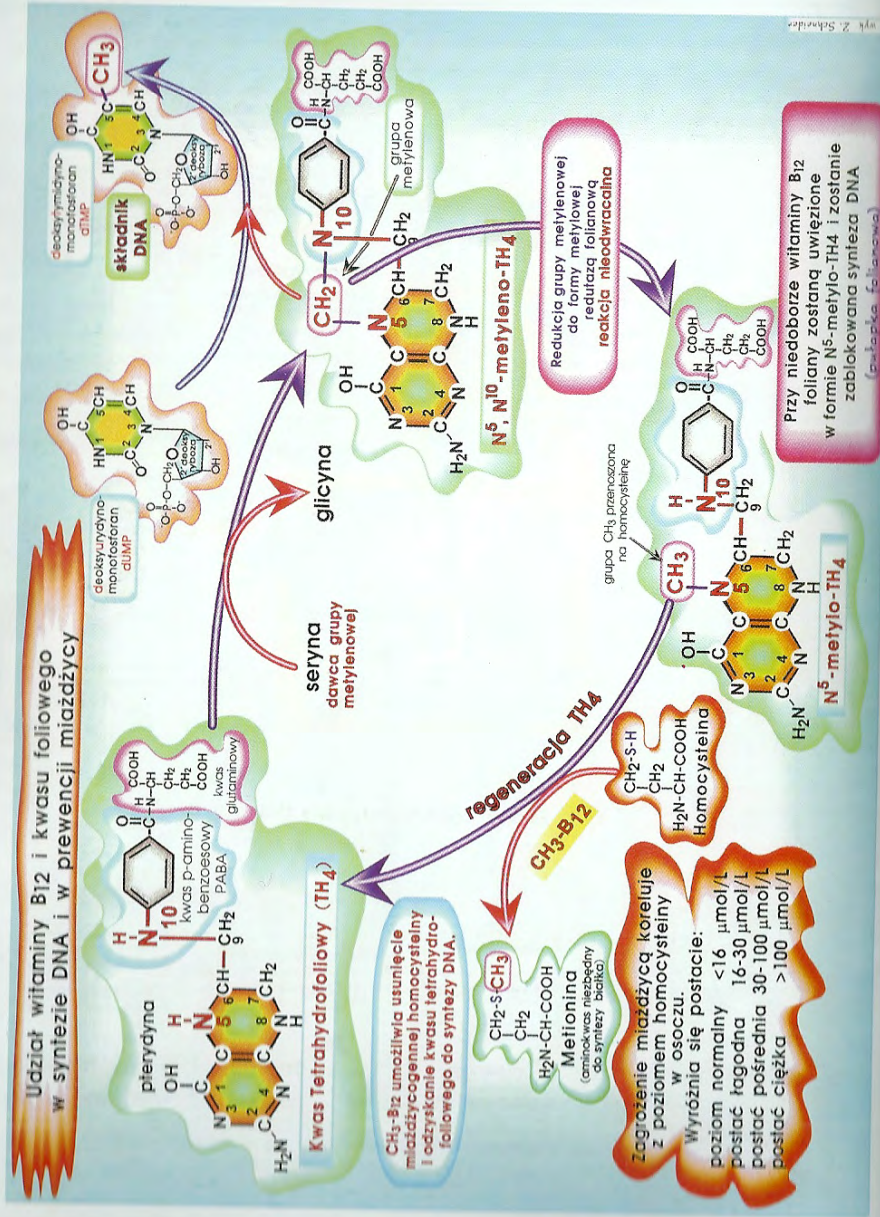
Rycina V. Choroby wywołane niedoborem niektórych witamin
a) gnilec, b) pelagra, c) krzywica



Rycina VI. Witamina B₁₂ i jej formy koenzymatyczne w dwóch różnych enzymach



Rycina VII. Kwas folewy i formy koenzymatyczne tetrahydrofolianu TH₄



dziane te białka enzymatyczne, które najsilniej ją wiążą. Szczególnie drastycznie ujawnia się umiarkowany niedobór witaminy B₁₂ przy niewłaściwym leczeniu anemii złośliwej folianami. Obserwuje się mianowicie, że aplikowanie pacjentom kwasu foliowego polepsza okresowo obraz krwi. Jednak po pewnym czasie następuje nagłe pogorszenie się choroby. Dzieje się tak dlatego, że kwas foliowy zmuszony do współdziałania z witaminą B₁₂ spowoduje wycofanie jej z innych obszarów organizmu, przez co zahamuje inną ważną dla ustroju reakcję, którą witamina B₁₂ katalizowała niezależnie od kwasu foliowego. W następstwie został rozregulowany ogólny metabolizm i dochodzi do nasilenia niedokrwistości. Witaminy współdziałają ze sobą jak muzycy w orkiestrze, dlatego nie należy przesadzać z suplementacją dużymi dawkami pojedynczych witamin, bowiem można tym sposobem spowodować dysonans w metabolizmie ustrojowym i wywołać niedobór innej witaminy zaburzając funkcjonowanie organizmu. To zjawisko odnosi się nie tylko do witamin, lecz także do innych kofaktorów współdziałających z białkami, w tym mikroelementów (patrz rozdział 4).

Zaburzenie metabolizmu witamin może być również wynikiem upośledzonej funkcji białka, na przykład słabszego wiązania witaminy przez centra katalityczne. Objawy kliniczne będą wtedy takie same jak przy niedoborze witaminy, mimo jej dostatecznego poziomu we krwi. Bowiern w wyniku słabszego wiązania będzie mniej aktywnej formy enzymu. Wadliwą strukturę białek dziedziczymy po rodzicach. Można oczekiwać, że osoby dotknięte taką wadą genetyczną będą musiały spożyć dużo więcej witaminy, aby zapewnić większe jej stężenie w organizmie. Bywa tak, że w parze równorzędnych chromosomów (jeden dziedziczymy od ojca, a drugi od matki) tylko jeden chromosom posiada wspomniany defekt. Dopóki organizm jest młody, radzi sobie dzięki drugiemu prawidłowemu chromosomowi, ale u ludzi po 50 roku życia pojedynczy chromosom staje się mniej wydolny w maszynarii syntetyzującej białka i dopiero wtedy dają się zauważyć zaburzenia pozorujące niedobór określonej witaminy. Dotychczas znamy jedynie ograniczoną liczbę tego rodzaju przypadków, ponieważ uczeni nie umieli diagnozować ukrytych genetycznych defektów. Pewną wskazówką są objawiające się niedobory u innych członków rodziny. Wydaje się jednak, że łagodne niedobory witamin spowodowane niewielkim defektem genu wcale nie są takie rzadkie.

Od niedawna stosuje się bardzo szybkie techniki ustalania struktury genów i w najbliższych latach poznamy strukturę molekularną wszystkich genów człowieka. Lekarze dietetycy oraz sami zainteresowani będą mogli zlecić ustalenie bądź wykluczenie istnienia defektu określonego genu, czy też grupy genów odpowiedzialnych za całokształt funkcjonowania wybranej witaminy. Dotyczy to genów odnoszących się do białek zaangażowanych w jej pobieranie z przewodu pokarmowego, jej transport do wnętrza komórek całego organizmu, białek enzymatycznych oraz białek uczestniczących w jej wydalaniu z organizmu.

Mówiąc o współdziałaniu witaminy B₁₂ i kwasu foliowego w procesach metabolicznych, nie możemy pominąć ich związków z nowo odkrytym, niezależnym czynnikiem ryzyka rozwoju miażdżycy. Ustalono mianowicie, że jedną z przyczyn tej groźnej choroby może być podwyższony poziom homocysteiny we krwi, będący następstwem niedoborów

witaminy B₁₂ i kwasu foliowego. Witaminy te są bowiem niezbędne do przekształcania miazdżycogennej homocysteiny w egzogeny aminokwas metioninę (rycina VIII). Rozwojowi miazdżycy sprzyjają także niedobory witaminy B₆ oraz duże spożycie obfitujących w metioninę białek zwierzęcych, obecnych m.in. w jajach i produktach mlecznych.

Niedobory witaminy B₁₂ i folianów

Wykrywanie niedoborów witamin opiera się na określeniu stanu zaopatrzenia w nie organizmu oraz ewentualnych nieprawidłowości w metabolizmie na podstawie analizy składu krwi i moczu. W płynach tych laboratoria kliniczne oznaczają związki charakterystyczne dla określonych zaburzeń metabolicznych oraz stężenie witamin, co do których wiadomo, że ich niedobór może zaburzenia te wywoływać. W przypadku witaminy B₁₂ i folianów analizy są kosztowne, gdyż obie witaminy występują we krwi w bardzo małym stężeniu. Na przykład stężenie witaminy B₁₂ we krwi zdrowych ludzi zawiera się w przedziale 40-120 nanogramów/dl, a jego obniżenie poniżej 20 ng/dl oznacza chorobę krwi zwaną niedokrwistością.

Utrzymujący się przez kilka lat umiarkowany niedobór poniżej 40 ng/dl może spowodować różne zaburzenia neurologiczne bądź psychiczne. Dzieci z umiarkowanym niedoborem B₁₂ gorzej rozwijają się umysłowo, mają krótką pamięć, są pobudliwe, a u starszych ludzi obserwuje się zmiany osobowości i psychiczne odchylenia takie, jak: mania prześladowcza, mania wielkości, skłonność do nadmiernego mówienia, przywidzenia itp.

Niedobory witaminy B₁₂ oraz folianów mogą wynikać nie tylko z ich zbyt małej podaży w pożywieniu, lecz także być spowodowane zaburzoną zdolnością do pobierania tych witamin z treści jelita i ich transportu do krwioobiegu. W przypadku witaminy B₁₂ potrzeba około 10 różnych białek do przeniesienia jej z pokarmu do wnętrza komórki. Są to białka transportujące oraz białka receptorów w ścianie jelita i na powierzchni komórki docelowej.

W XIX wieku choroba objawiająca się niskim poziomem czerwonych krwinek była już znana i opisana w literaturze medycznej jako anemia złośliwa (obecnie nazywana anemią megablasytyczną), a chorujące na nią młode osoby nie dożywały 20 lat. Dzisiaj wiemy, że chorobę tę powoduje najczęściej wrodzony brak zdolności przyswajania przez organizm zawartej w pożywieniu witaminy B₁₂. Choroba nasila się z wiekiem w miarę zużywania się zapasów witaminy B₁₂, którą te osoby pozyskały w życiu płodowym od matki. Dzieci słabły coraz bardziej i umierały w wyniku niedotlenienia organizmu. Dopiero w latach dwudziestych ubiegłego wieku lekarz kanadyjski, Castle odkrył, że podanie pacjentom soku z żołądków psów bądź zdrowych ludzi powoduje szybką poprawę obrazu krwi. Działanie soku żołądkowego było szczególnie skuteczne, gdy w diecie podawano równocześnie wątrobę. Rezultaty diety wątrobowej i czynnika Castla, który później nazwano IF od nazwy

angielskiej (*Intrinsic Factor* – czynnik wewnętrzny) były prawie natychmiastowe. Osoby chore na anemię złośliwą, bardzo słabe, z bladą żółtawą twarzą i ledwie się poruszające, już po 48 godzinach leczenia tą dietą wykazywały lepszy obraz krwi, ożywiały się i w ciągu kilku dni stawały się silniejsze, nabierały rumieńców i pojawiał się u nich apetyt.

Dzisiaj wiemy, że wątroba, a także nerki są szczególnie bogatym źródłem witaminy B₁₂, gdyż zawierają jej blisko 100 razy więcej aniżeli inne organy zwierzęce (patrz rozdział 2). Natomiast sok żołądkowy zdrowych ludzi zawiera czynnik wewnętrzny, który silnie wiąże witaminę B₁₂ i chroni ją przed bakteriami w jelicie. Białko to również umożliwia absorpcję tej witaminy przez ścianki jelita, wiążąc się na jego powierzchni z białkowym receptorem. To właśnie dziedziczny brak zdolności wydzielania czynnika wewnętrznego przez komórki w ścianie żołądka (te same, które wydzielają kwas solny) był przyczyną choroby krwi. Obecnie pacjenci z taką wadą metaboliczną muszą okresowo otrzymywać zastrzyki witaminy B₁₂ bądź połykać tabletki zawierające już gotowy kompleks witaminy z czynnikiem wewnętrznym izolowanym z żołądków wieprzowych.

Precyzyjne określenie, czy i która z witamin spowodowała obserwowane u pacjenta zaburzenia nie jest łatwe, gdyż objawy w wielu wypadkach są niespecyficzne, a przyczyny mogą być różne. Na przykład, w pewnym miasteczku w USA starszy mężczyzna nagle zaczął zdradzać objawy manii wielkości. Analiza wykonana w laboratorium klinicznym wykazała w jego krwi bardzo niskie stężenie witaminy B₁₂, a w moczu stwierdzono kwas metylomalonowy, który gromadzi się w organizmie w wyniku obniżonej aktywności enzymu współdziałającego z witaminą B₁₂ i jest następnie wydalany przez nerki. Na tej podstawie lekarz ustalił, że chociaż takie odchylenie psychiczne może mieć różne przyczyny, w tym przypadku ma do czynienia z umiarkowanym niedoborem witaminy B₁₂. Po serii zastrzyków tej witaminy objawy manii wielkości rzeczywiście minęły.

Najdotkliwiej niedobór folianów i witaminy B₁₂ objawia się w organizmie w okresie ciąży. Szybko rosnący płód zabiera z organizmu matki zapasy folianów i witaminy B₁₂. W przypadku umiarkowanego niedoboru tych witamin zapasy są niewielkie i ulegają wyczerpaniu już w trzecim miesiącu ciąży, w okresie kiedy płód nie jest jeszcze w pełni wykształcony. Niedobór folianów przyczynia się w dużej mierze do urodzeń dzieci z rozszczepem podniebienia (zajęcza wargą) oraz wadami cewy nerwowej (WCN). Jakkolwiek predyspozycja do rodzenia dzieci z takimi wadami wydaje się być dziedziczna, foliany i witamina B₁₂ mogą znacznie ograniczyć tę dotkliwą w skutkach przypadłość. Fakt ten ilustruje następujący eksperyment. Grupa walijskich kobiet wysokiego ryzyka (kobiety, które już urodziły dzieci z wadą WCN) jadła na trzy miesiące przed poczęciem oraz w trakcie ciąży żywność bogatą w foliany. Na 103 kobiety, które żywiły się wzbogaconą dietą, żadna nie urodziła dziecka dotkniętego WCN, podczas gdy w grupie 71 kobiet, które nie zmieniły diety urodziło się ośmioro dzieci z WCN. Foliany i witamina B₁₂ usprawniają również układ nerwowy u dzieci z syndromem łamliwości chromosomu X, które odznaczają się opóźnionym rozwojem umysłowym, a ich iloraz inteligencji (IQ) jest na poziomie 60-70. W piśmiennictwie medycznym opisano przypadek chłopca dotkniętego tą przypadłością, który otrzymywał przez jakiś czas 10 miligramów kwasu foliowego dziennie,

co spowodowało wzrost ilorazu inteligencji do 86. Gdy jednak zaprzestano podawania kwasu foliowego, IQ dziecka zaczęło maleć. Wznowienie suplementacji kwasem foliowym spowodowało ponowny wzrost współczynnika inteligencji, który ostatecznie ustabilizował się na poziomie 93. Na tej podstawie chorym dzieciom w wieku poniżej 12 lat zaczęto podawać kwas foliowy i witaminę B₁₂. U wszystkich stwierdzono znaczną poprawę sprawności umysłowej, a także ustąpienie innych niepożądanych objawów.

Prof. dr hab. ŚWIATOSŁAW ZIEMLAŃSKI

Instytut Żywności i Żywienia – Warszawa

7. WITAMINY ANTYOKSYDACYJNE

W ostatnich latach zgromadzono wiele danych wskazujących, że witaminy C, E, A oraz karotenoidy oprócz poznanych już wcześniej funkcji zapobiegania określonym hipo- i awitaminozom biorą istotny udział w mechanizmach obronnych organizmu przeciwko stresowi oksydacyjnemu. Terminem **stres oksydacyjny** określa się stan organizmu charakteryzujący się zaburzeniem równowagi pomiędzy szybkością wytwarzania **wolnych rodników i reaktywnych form tlenu (RFT)**, a tempem ich unieszkodliwiania przez enzymy i antyoksydanty.

Wolne rodniki – to atomy lub cząsteczki zdolne do samodzielnego występowania (stąd określenie „wolne”), które posiadają na orbitalu jeden lub więcej niesparowanych elektronów. Są stale wytwarzane w organizmie w wyniku wielu procesów metabolicznych. Przykładem najprostszego wolnego rodnika jest pojedynczy atom wodoru (nie mylić z cząsteczką H₂) posiadający proton i jeden niesparowany elektron.

Inne wolne rodniki powstają w procesach metabolicznych zachodzących w mitochondriach komórek organizmu. Procesy te prowadzą do redukcji cząsteczki tlenu na drodze różnych reakcji transferu elektronów. Podczas całkowitej redukcji cząsteczki tlenu powstają cząsteczki wody (H₂O), natomiast podczas stopniowej redukcji powstają RFT o różnej aktywności i szkodliwości (tabela 16). I tak w wyniku redukcji cząsteczki tlenu (O₂) jednym elektronem powstaje anionorodnik ponadtlenkowy (O₂^{•-}), dwoma elektronami – nadtlenuk wodoru (H₂O₂), a trzema – rodnik hydroksylowy (OH[•]). Reakcje tych wolnych rodników z występującymi w komórkach organizmu białkami, lipidami (zwłaszcza z wielonienasyconymi kwasami tłuszczowymi) i kwasami nukleinowymi powodują powstawanie wolnych rodników organicznych (RO₂[•], RO[•], RS[•]). Na przykład podczas przemian kwasu arachidonowego – prekursora hormonów tkankowych: prostaglandyn, tromboksanów i prostacyklin – pod działaniem enzymu lipooksygenazy powstają rodniki ponadtlenkowe RO₂[•], a pod wpływem enzymu cyklooksygenazy rodniki hydroksylowe (ROH[•]).

Mechanizm działania wolnych rodników polega na dostarczaniu lub pobieraniu elektronów, przenoszeniu atomów wodoru, łączeniu się z innymi rodnikami lub ich przekształcaniu. Wolne rodniki charakteryzują się wysoką aktywnością chemiczną, różną w

zależności od rodzaju rodnika. Reagują one w sposób niespecyficzny ze składnikami komórek, modyfikując je i uszkadzając.

Stwierdzono obecność RFT w wielu procesach fizjologicznych takich, jak:

- zwalczanie wirusów i bakterii (fagocytoza),
- regulowanie wzrostu komórki,
- sygnalizacja międzykomórkowa i wewnątrzkomórkowa,
- tworzenie z wielonienasyconych kwasów tłuszczowych prostanoidów, czyli tzw. hormonów tkankowych (prostacyklin, tromboksanów i leukotrienów),
- aktywacja cytochromu P-450,
- aktywacja szeregu genów (m.in. onkogenu c-fos),
- synteza i uwalnianie substancji wykazujących działanie rozszerzające lub obkurczające ściany naczyń krwionośnych, a także zwiększenie przepuszczalności ścian włosowatych,
- stymulacja transportu glukozy do komórek oraz serotoniny do trombocytów.

Wynika z tego, że pewna ilość reaktywnych form tlenu jest stale wytwarzana w normalnych procesach życiowych podczas oddychania komórkowego, zwalczania wirusów i bakterii chorobotwórczych przez fagocyty oraz inaktywacji substancji szkodliwych (cytochrom P-450) itp.

Tabela 16. Reaktywne formy tlenu i formy im pokrewne występujące u ludzi

Anionorodnik ponadtlenkowy	$O_2^{\bullet -}$
Rodnik wodorotlenowy	OH^{\bullet}
Rodnik wodoronadtlenkowy	HO_2^{\bullet}
Rodnik ponadtlenkowy	RO_2^{\bullet}
Rodnik alkoksylowy	RO^{\bullet}
Rodnik tiolowy	RS^{\bullet}
Nadtlenek wodoru	H_2O_2
Tlen singletowy	O_2^1
Ozon	O_3
Dwutlenek azotu	NO_2^{\bullet}
Dwutlenek siarki	SO_2^{\bullet}

Warto nadmienić, że także wysiłek fizyczny i związane z tym zwiększone zapotrzebowanie na tlen powoduje zwiększenie wytwarzania aktywnych form tlenu w organizmie. W wyniku stresu oksydacyjnego wywołanego zbyt dużym wysiłkiem fizycznym dochodzi do nadmiernego wytwarzania RFT i wolnych rodników, co przy niedostatecznym poten-

cjale przeciwutleniającym prowadzi do patologicznych zmian czynnościowych w komórkach i tkankach ustrojowych. Natomiast umiarkowany wysiłek fizyczny, tak bardzo zalecany obecnie przez lekarzy w celu ograniczenia procesów starzenia się i powstawania metabolicznych schorzeń cywilizacyjnych, nie stanowi zagrożenia, gdyż powstające wolne rodniki tlenowe i nadtlenki lipidowe są skutecznie neutralizowane.

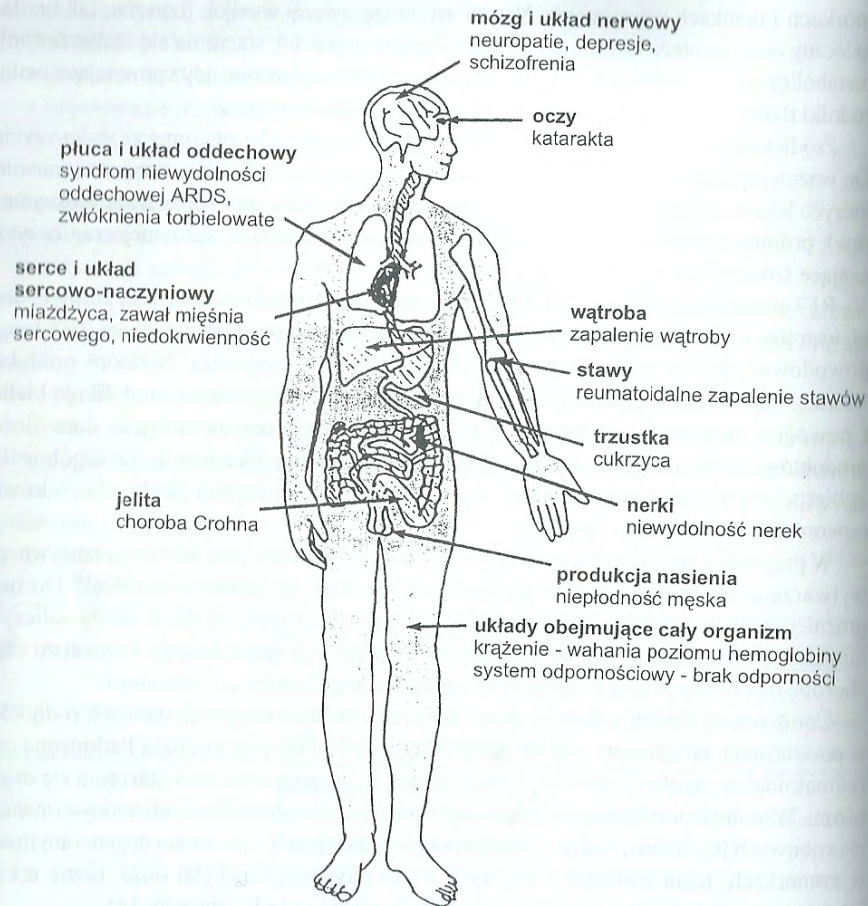
Źródłem wolnych rodników mogą być również inne czynniki związane ze stylem życia. Do ważniejszych z nich zalicza się: palenie papierosów, picie alkoholu, przyjmowanie niektórych leków, infekcje, nieodpowiednie żywienie (niedostateczne spożycie antyoksydantów), promieniowanie radiacyjne, światło ultrafioletowe, a także substancje zanieczyszczające środowisko (O_3 , NO_2 , SO_2).

RFT mogą uszkadzać różne tkanki organizmu: płuca, układ sercowo-naczyniowy, nerki, wątrobę, przewód pokarmowy, krew, narząd wzroku, mięśnie. W żywności RFT mogą powodować zmiany sensoryczne oraz obniżać wartość odżywczą. Niektóre produkty wtórnego utleniania jak malonylodwualdehyd czy 4-hydroksynonenal modyfikują białka i powodują mutacje przez zmianę struktury DNA. Żywność zawierająca duże ilości produktów utlenienia kwasów tłuszczowych jest szkodliwa dla zdrowia, szczególnie dla kobiet w ciąży. Może ona wywierać negatywny wpływ na rozwój płodu, stan zdrowia noworodków oraz dzieci i młodzieży.

W przypadku upośledzenia mechanizmów obronnych organizmu lub zbyt intensywnego wytwarzania wolnych rodników dochodzi do zakłóceń w fizjologii komórek. Do najgroźniejszych dla zdrowia i życia człowieka konsekwencji tych zakłóceń należy zaliczyć: miażdżycę i jej skutki w postaci choroby niedokrwiennej serca, łącznie z zawałem oraz chorobę nowotworową, czyli głównych zabójców współczesnego człowieka.

Coraz więcej danych wskazuje też na udział nie zneutralizowanych wolnych rodników w powstawaniu takich schorzeń, jak: udar mózgu, zaćma starcza, choroba Parkinsona czy reumatoidalne zapalenie stawów, a także w przyspieszaniu procesów starzenia się organizmu. Wspólnym mechanizmem odpowiedzialnym za powstawanie wymienionych stanów chorobowych jest intensyfikacja procesów peroksydacyjnych oraz zmian degeneracyjnych w komórkach. Lista schorzeń z udziałem stresu oksydacyjnego jest duża, różne też są miejsca w organizmie ludzkim atakowane przez wolne rodniki (rysunek 14).

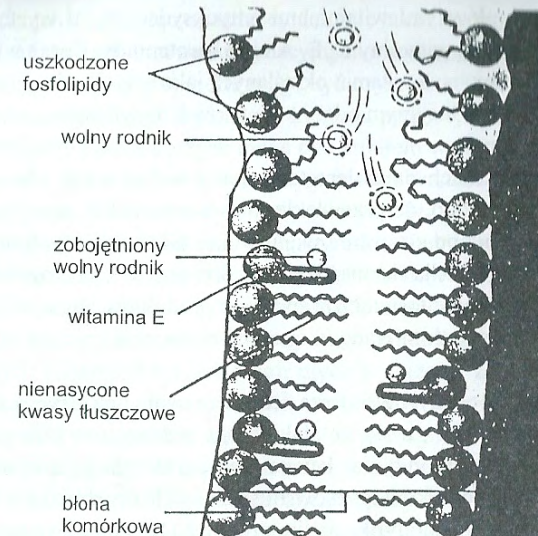
Ustrój człowieka dysponuje systemem obronnym neutralizującym szkodliwe działanie RFT. System ten jest bardzo złożony, gdyż obejmuje wiele zaprogramowanych genetycznie substancji wytwarzanych w organizmie i substancji pochodzących z żywności, przy czym jedne i drugie wzajemnie na siebie oddziałują. Niektóre antyoksydanty, na przykład witaminy mogą być stale uzupełniane przez spożywanie bogatego w nie pożywienia, inne jak koenzym Q czy antyoksydanty tiolowe (glutation, kwas alfa-liponowy) wytwarzane są w tkankach. Sposób żywienia ma także wpływ na ich zawartość w organizmie. Do enzymów tworzących potencjał przeciwutleniający komórek zalicza się dysmutazę nadtlenkową – usuwającą anionorodnik ponadtlenkowy ($O_2^{\bullet -}$), katalazę – rozkładającą nadtlenek wodoru (H_2O_2) oraz peroksydazę glutationową, która usuwa nadtlenki. Enzymy te zostały bliżej omówione w zeszycie traktującym o składnikach mineralnych, gdyż w skład tych enzymów wchodzi jony miedzi, cynku, manganu, żelaza i selenu.



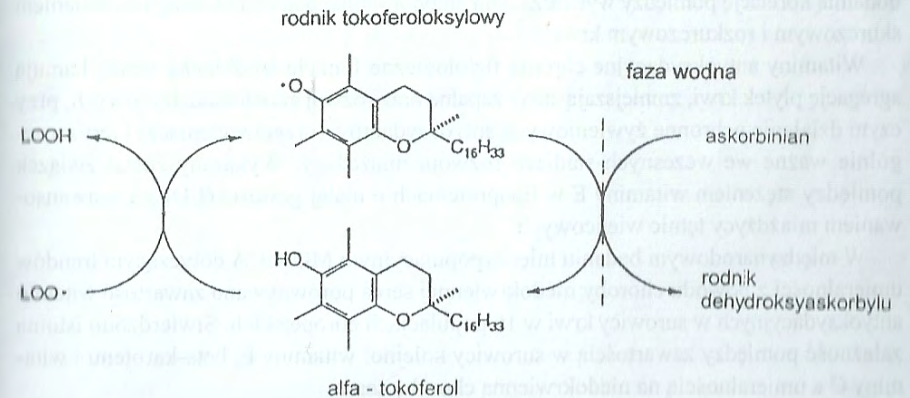
Rysunek 14. Miejsca atakowane przez wolne rodniki w organizmie ludzkim

Mechanizmy nieenzymatyczne opierają się na przeciwutleniającym działaniu witaminy E, witaminy C, beta-karotenu i związków fenolowych, które same się utleniają, zapobiegają utlenieniu przez wolne rodniki innych biologicznie ważnych związków (rysunki 15 i 16).

W skład układu nieenzymatycznego znajdującego się zarówno w komórkach, jak i płynach ustrojowych wchodzi niskocząsteczkowe związki przeciwutleniające takie, jak: alfa-tokoferol (witamina E), kwas askorbinowy (witamina C), witamina A oraz karotenoidy



Rysunek 15. Działanie witaminy E jako przeciwutleniacza polega na „wylapywaniu” i przeprowadzeniu w formy nieaktywne wolnych rodników uszkodzających nienasycone kwasy tłuszczowe w cząsteczkach fosfolipidów – składnikach budulcowych błon komórkowych



Rysunek 16. Regeneracja rodnika tokoferoloksydowego przez askorbinian do alfa-tokoferolu

a także inne witaminy, ubichinony (koenzym Q), kwas alfa-liponowy, flawonoidy i polifenole w większości dostarczane do organizmu z pożywieniem. Utrzymanie równowagi pomiędzy ilością wolnych rodników a możliwościami przeciwutleniającymi ustroju ma podstawowe znaczenie dla zachowania zdrowia.

Jak już wspomniano, głównymi witaminami antyoksydacyjnymi występującymi w produktach żywnościowych są witaminy C, E, A oraz karotenoidy. Coraz więcej danych wskazuje, że oprócz wymienionych witamin określanych jako antyoksydacyjne pewną rolę w ochronie przed stresem oksydacyjnym odgrywają także inne witaminy, jak na przykład D₃, kwas foliowy i witamina B₆.

Zarówno w doświadczeniach na zwierzętach, jak i w badaniach klinicznych oraz epidemiologicznych stwierdzono, że przewlekłe, nawet niewielkie, niedobory witamin antyoksydacyjnych powodują powstawanie wielu zmian biochemicznych oraz morfologicznych, w których wyniku rozwija się miażdżyca, a także proces kancerogenezy. Obecnie już nie ulega wątpliwości, że niedostateczne spożycie produktów bogatych w witaminy antyoksydacyjne, przede wszystkim warzyw i owoców, zwiększa ryzyko schorzeń sercowo-naczyniowych.

Rola wolnych rodników i reaktywnych form tlenu w rozwoju miażdżycy (aterogenezie) budzi duże zainteresowanie. Uważa się, że atakują one nienasycone kwasy tłuszczowe fosfolipidów błon komórkowych, inicjując łańcuchową peroksydację lipidów, w wyniku czego powstają duże ilości rodników kwasów tłuszczowych i nadtlenków lipidowych. Następuje również oksydacyjna modyfikacja lipoprotein LDL, która zwiększa ich aterogennosc.

Istnieje także wiele dowodów potwierdzających rolę wolnych rodników w rozwoju nadciśnienia tętniczego, które uwarunkowane jest zaburzeniem równowagi pomiędzy czynnikami zwężającymi i rozszerzającymi naczynia tętnicze. Między innymi wykazano dodatnią korelację pomiędzy wytwarzaniem anionorodnika ponadtlenkowego a ciśnieniem skurczowym i rozkurczowym krwi.

Witaminy antyoksydacyjne chronią fizjologiczne funkcje śródbłonna tętnic, hamują agregację płytek krwi, zmniejszają stany zapalne oraz rozwój zmian miażdżycowych, przy czym działanie ochronne żywieniowych antyoksydantów (przeciwutleniaczy) jest szczególnie ważne we wczesnych stadiach rozwoju miażdżycy. Wykazany został związek pomiędzy stężeniem witaminy E w lipoproteinach o małej gęstości (LDL) a zaawansowaniem miażdżycy tętnic wieńcowych.

W międzynarodowym badaniu międzypopulacyjnym MONICA dotyczącym trendów umieralności z powodu choroby niedokrwiennej serca porównywano zawartość witamin antyoksydacyjnych w surowicy krwi w 16 populacjach europejskich. Stwierdzono istotną zależność pomiędzy zawartością w surowicy kolejno: witaminy E, beta-karotenu i witaminy C a umieralnością na niedokrwinną chorobę serca.

Suplementacja witaminami antyoksydacyjnymi zmniejsza procesy utleniania oraz zwiększa aktywność enzymów antyoksydacyjnych. Stwierdzono mniejsze nasilenie zmian miażdżycowych u osób spożywających powyżej 100 mg witaminy E dziennie. U chorych z zawałem serca i wysokim stężeniem witaminy E w surowicy stwierdzono mniejsze uszkodzenie mięśnia sercowego. Megadawki witaminy E (400-800 mg) zmniejszały o 75% ryzyko zawału u osób z niedokrwinną chorobą serca.

Wyniki badań uzyskane zarówno w doświadczeniach na zwierzętach, jak i u ludzi wykazały korzystny wpływ podawania łącznie witamin C, E i beta-karotenu na hamowanie

procesów utleniania i rozwoju miażdżycy. Istnieje także istotny związek pomiędzy niedoborem w organizmie witamin antyoksydacyjnych a występowaniem procesów nowotworowych. Wolne rodniki i ich pochodne mogą być czynnikami pobudzającymi proces kancerogenezy we wszystkich jego fazach, tzn. inicjacji, promocji i progresji. Wiadomo również, że wiele substancji rakotwórczych może być źródłem wolnych rodników lub generować ich powstawanie. W związku z tym na całym świecie wzrasta zainteresowanie witaminami antyoksydacyjnymi jako czynnikami chroniącymi przed powstawaniem nowotworów. Prawidłowy sposób żywienia zapewniający odpowiednią podaż witamin A, E i C ma podstawowe znaczenie w zapobieganiu procesom nowotworowym. W grupach osób o niskim spożyciu witamin antyoksydacyjnych, zapadalność na raka jest wyższa w porównaniu z grupami kontrolnymi spożywającymi dostateczną ilość tych witamin.

W licznych badaniach epidemiologicznych wykazano, że wielkość spożycia warzyw i owoców lub też stan odżywienia witaminami C i E były odwrotnie skorelowane z zachorowalnością na raka płuc, żołądka i jelita grubego.

W świetle powyższego do głównych zadań współczesnej witaminologii należy zaliczyć ustalenie optymalnych wielkości zalecanego spożycia witamin C, E i beta-karotenu. Najpewniejszym ich źródłem są warzywa i owoce, które zgodnie z międzynarodowymi ustaleniami dorosły człowiek powinien spożywać codziennie w ilości od 1/2 do 3/4 kg.

Katedra Technologii Żywnienia Człowieka
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

8. WITAMINY A PRAKTYKA KULINARNA

Obróbka kulinarna to przetwarzanie surowców spożywczych w celu uzdatnienia ich do konsumpcji. Procesy stosowane w takiej obróbce mają za zadanie doprowadzenie surowców w wyniku przemian fizycznych, chemicznych i biochemicznych do takiego stanu, który zapewni im przydatność do spożycia, a więc do stanu, kiedy będą potrawą.

Proces obróbki kulinarnej, nazywany technologią produkcji potraw, obejmuje wiele różnorodnych czynności. Przy charakterystyce obróbki kulinarnej dzieli się te czynności na cztery etapy:

- przechowywanie surowców i produktów częściowo przetworzonych (półproduktów),
- obróbka wstępna,
- obróbka właściwa (zasadnicza), będąca najczęściej obróbką cieplną,
- przechowywanie gotowych potraw w stanie gorącym przed podaniem do spożycia.

W trakcie wymienionych etapów działamy na składniki zawarte w surowcach w sposób zamierzony lub niezamierzony bardzo wieloma czynnikami. Oddziaływanie tych czynników wywołuje zmiany pożądane, ale jednocześnie może powodować takie, których z różnych względów powinniśmy unikać. Zadaniem technologa produkcji potraw jest więc nasilenie zmian pozytywnych (nadanie odpowiedniego kształtu, struktury, barwy, smaku, zapachu, usunięcie zanieczyszczeń i części niejadalnych itp.) oraz wyeliminowanie zmian niepożądanych, lub też maksymalne ich ograniczenie, gdy są niemożliwe do uniknięcia.

Jednym z głównych ujemnych zjawisk obróbki kulinarnej jest obniżenie zawartości witamin w przetwarzanych surowcach. Witaminy są składnikami odżywczymi wrażliwymi na oddziaływanie wielu czynników przedstawionych w tabeli 4 w rozdziale 2. Czynniki te mogą występować we wszystkich etapach procesu technologicznego. Konsekwencją tego faktu jest to, że nieprawidłowości popełnione na jednym z etapów zwykle nie mogą być zrekompensowane prawidłowym postępowaniem w innych stadiach procesu produkcji potraw. Zadaniem technologa jest więc eliminowanie tych czynników z otoczenia, gdzie prowadzona jest obróbka kulinarna, lub maksymalne ograniczanie ich wpływu na obrabiany produkt. Na tych dwóch prostych zasadach opierają się technologie witamino-

oszczędne. Ze względu na labilność wielu witamin ich zawartość w gotowej potrawie jest bardzo często wskaźnikiem prawidłowości prowadzenia procesu technologicznego.

Na stopień zachowania witamin w procesie produkcji potraw należy patrzeć pod kątem udziału przetwarzanych surowców w dostarczaniu poszczególnych witamin w przeciętnej racji pokarmowej. Dlatego na przykład wysokie straty witaminy C podczas gotowania mleka mają marginalne znaczenie w porównaniu z jej stratami podczas gotowania ziemniaków, które w naszej diecie stanowią znaczące źródło tej witaminy.

W kolejnych podrozdziałach zostaną przedstawione najważniejsze aspekty wpływu postępowania technologicznego na zawartość witamin w gotowych potrawach. Przytaczane przykłady wielkości strat witamin lub stopień ich zachowania pochodzą z piśmiennictwa i w każdym przypadku są określane jako maksymalnie możliwe do uniknięcia lub mogące wystąpić wtedy, gdy uwzględni się lub pominie charakteryzowane czynniki. W praktyce technologicznej sytuacja jest jednak bardziej złożona, bowiem nie znamy dokładnej drogi surowców od pozyskania do kuchni i ich faktycznej wartości witaminowej. Ilustracją tego ostatniego niech będą wyniki oznaczeń zawartości witaminy C w 17 różnych próbach kapusty kiszzonej. Przy przeciętnej zawartości tej witaminy w kapuście świeżej 45 mg%, tylko w 7 próbach kapusty kiszzonej było jej 28-38 mg%, w 3 zaś stwierdzono 20 mg%, w 4 próbach około 10 mg%, a 3 próby nie miały żadnej wartości witaminowej.

Przechowywanie surowców

Witaminy zawarte w przechowywanych surowcach są narażone na działanie wielu czynników przedstawionych w rozdziale 2. Efekt tego działania może być potęgowany tym, że niektóre surowce lub półprodukty przechowujemy nawet kilka miesięcy. Czas nie jest jednak jedynym decydującym czynnikiem, często bowiem znaczny rozkład witamin następuje już w ciągu kilku dni nieodpowiedniego przechowywania surowców. Omawiając problem przechowalniczych strat witamin, należy rozgraniczyć przechowywanie produktów świeżych i przetworzonych, których przykładem są produkty mrożone.

Przechowywanie surowców świeżych

Witamina C jest uznawana powszechnie za najmniej stabilną w czasie przechowywania, przy czym dotyczy to głównie ziemniaków, warzyw liściastych i owoców.

Podczas zimowego przechowywania ziemniaków stopień rozkładu witaminy C zależy od odmiany i warunków składowania (temperatura i wilgotność) i może przekraczać 50%,

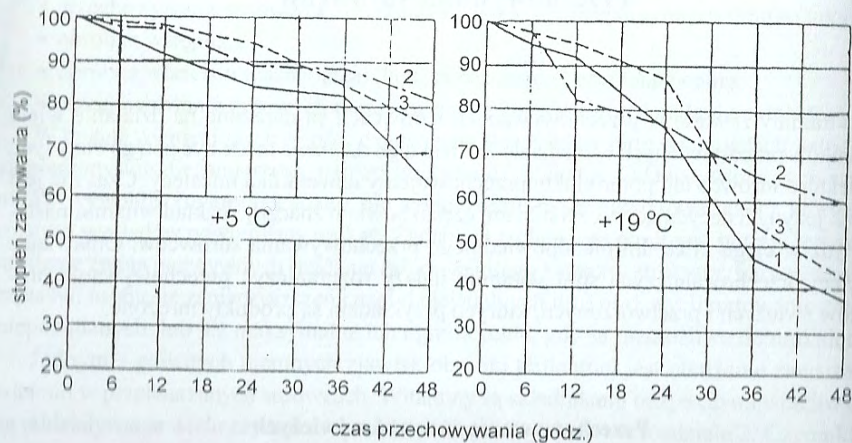
a nawet dochodzić do 75% jej początkowej zawartości. Najczęściej zawartość witaminy C w ziemniakach podczas ich przechowywania zmienia się następująco:

sierpień–październik	20-30 mg%
listopad, grudzień	12-20 mg%
styczeń–maj	8-12 mg%

Zapewnienie odpowiedniej temperatury (3–5°C) i wilgotności względnej powietrza (85–90%) jest korzystne zarówno dla ziemniaków, jak i dla zawartej w nich witaminy C.

W czasie czterech miesięcy zimowego przechowywania główek kapusty w optymalnej temperaturze (od -1°C do -0,5°C) straty kwasu askorbinowego są względnie małe i nie przekraczają 20%.

Witamina C jest natomiast bardzo nietrwała podczas przechowywania świeżych warzyw liściastych, zwłaszcza w podwyższonej temperaturze. Już dwudniowe przechowywanie w niewłaściwej temperaturze zubaża ich wartość witaminową o około 50%. Zmiany zawartości witaminy C w szpinaku, sałacie i szczypiorze podczas przechowywania w lodówce i temperaturze pokojowej przedstawia rysunek 17. Dostęp światła słonecznego może zwiększyć te straty o dalsze 10%. Podobne tendencje, chociaż przy niższych stratach, mogą mieć miejsce podczas przechowywania owoców jagodowych. Dlatego dla zachowania wartości witaminowej tego rodzaju warzyw i owoców ważne jest jak najkrótsze i właściwe ich przechowywanie od zbioru do spożycia lub przetworzenia. Witamina C jest dość stabilna w owocach cytrusowych, jej straty przy ich chłodniczym przechowywaniu nie przekraczają 10%.



Rysunek 17. Stopień zachowania witaminy C w warzywach podczas ich przechowywania bez dostępu światła w temperaturze 5°C i 19°C: 1 – sałata, 2 – szczypiór, 3 – szpinak

Wrażliwy na warunki przechowywania jest także kwas foliowy. W ciągu dwóch tygodni składowania w temperaturze około 0°C nie obserwowano zmian jego zawartości w szpinaku, szparagach i sałacie, natomiast w temperaturze pokojowej już po trzech dniach straty kwasu foliowego w tych warzywach wahały się od 50 do 70%.

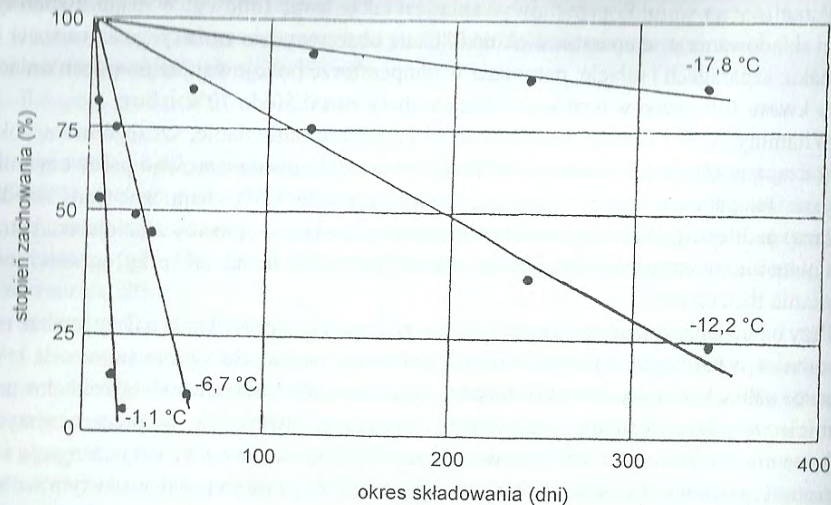
Witaminy A, E i D oraz beta-karoten są podatne na utlenianie, szczególnie szybko zachodzące w obecności utlenionych tłuszczów i katalizowane zarówno przez czynniki fizyczne (temperatura, światło słoneczne i promieniowanie UV), chemiczne (jony miedzi i żelaza, nadtlarki), jak i biochemiczne (enzymy oksydazy). Sposoby zmniejszenia strat tych witamin w przechowywanych surowcach są takie same, jak przy ograniczaniu utleniania tłuszczów*.

Przy omawianiu zmian zawartości witamin podczas przechowywania należy jeszcze raz wspomnieć o bardzo dużej wrażliwości ryboflawiny na światło i promieniowanie UV. Surowce nabiałowe (mleko, napoje mleczne, śmietana i sery) nie powinny być składowane w miejscu, gdzie dostępne jest światło słoneczne, zwłaszcza w przezroczystych opakowaniach (szkło, folie z tworzyw sztucznych). Pod wpływem światła następują nie tylko straty witaminy B₂, ale w jej obecności powstają aktywne formy tlenu, w tym wolne rodniki, które silnie katalizują utlenianie tłuszczu mlecznego i powodują zmianę smaku mleka.

Przechowywanie produktów mrożonych

Zamrażanie jest uznawane za dobrą metodę utrwalania z punktu widzenia zachowania wartości witaminowej żywności, zwłaszcza wymienionych wcześniej grup warzyw i owoców. Przyjmuje się, że stopień zachowania witaminy C wynosi ponad 60%, B₁ ponad 80%, B₂ ponad 90%, a beta-karotenu ponad 70%. Zawartość witamin w produktach mrożonych nie jest jednak wartością stałą. Zależy bowiem od stopnia zniszczenia enzymów powodujących utlenianie podczas blanszowania surowca przeznaczanego do zamrożenia i od temperatury składowania. Dobrą ilustracją zależności zawartości witaminy C od temperatury składowania mrozonek jest rysunek 18.

*Więcej na ten temat można dowiedzieć się z książki „Prawda o tłuszczach”, Red. J. Gawęcki. Biblioteczka Olimpiady Wiedzy i Żywienia. Zeszyt 1. Poznań 1996.



Rysunek 18. Zmiany zawartości witaminy C w mrożonkach warzywnych w zależności od temperatury składowania

Obróbka wstępna

Celem zabiegów technologicznych objętych określeniem „obróbka wstępna” jest przygotowanie surowców do obróbki cieplnej. W szczególnych przypadkach efektem tych zabiegów mogą być gotowe potrawy (surówki warzywne i owocowe), które podaje się do spożycia bez ogrzewania. Sposób i warunki prowadzenia zabiegów związanych z obróbką wstępną w dużym stopniu wpływają na zawartość witamin w gotowej potrawie. Straty witamin zachodzą głównie podczas usuwania części niejadalnych, obierania, mycia i moczenia, rozdrabniania i rozmrażania.

Usuwanie części niejadalnych z warzyw liściastych

Warzywa liściaste (salata, kapusta, szpinak) gromadzą większe ilości witamin w wewnętrznych nasłonecznionych liściach, czyli tam, gdzie zachodzi proces fotosyntezy. Im większy dostęp światła do liści, tym więcej jest zawartych w nich barwników (chlorofil i

karotenoidy), witamin C i E. Bardzo jasne liście wewnętrzne mogą zawierać nawet 30 razy mniej karotenoidów i 4-10 razy mniej alfa-tokoferolu niż ciemne liście zewnętrzne. Kiedy porównywano zawartość witamin w salacie nieczyszczonej oraz po oczyszczeniu stwierdzono, że usunięcie liści zewnętrznych obniżyło zawartość witaminy C o 1/3, a tiaminy i karotenu o 1/2.

Dlatego warunki uprawy, zbioru, transportu i przechowywania warzyw liściastych powinny zapewniać liściom zewnętrznym jak najlepszy stan, aby nie musiały być nadmiernie usuwane w trakcie obróbki wstępnej. Przy sporządzaniu potraw z tych warzyw należy usuwać tylko stare, zniszczone, zwiędnięte i nadpsute liście.

Obieranie owoców i warzyw

Obieranie prowadzi się w celu usunięcia nieatrakcyjnej pod względem wyglądu lub tekstury skórki, często zanieczyszczonej lub uszkodzonej. Ten zabieg technologiczny może wpływać na zawartość witamin w dwojaki sposób. Pierwszy jest związany z usunięciem części surowca bogatych w witaminy (często mówi się, że straty witamin są wyższe niż straty masy surowca), a drugi z usunięciem bariery chroniącej zawarte w surowcu witaminy przed czynnikami zewnętrznymi (światło, tlen atmosferyczny, woda, dodatki).

Stosunkowo najwięcej badań poświęcono rozmieszczeniu witaminy C w bulwach ziemniaków. Stwierdzono, że najczęściej występuje jej w okolicach wiązek naczyniowych, przebiegających 4-5 mm od powierzchni bulwy oraz w oczkach, a najmniej wewnątrz bulwy. Różnice w zawartości witaminy C w wartościach bezwzględnych są co prawda niewielkie (według danych literaturowych od 1 do 2 mg%), ale w warstwie zewnętrznej (o grubości ok. 6,5 mm) jest prawie 45% kwasu askorbinowego zawartego w całej bulwie. Dlatego straty tej witaminy w procesie obierania ziemniaków będą zależały od wydajności obierania, tj. ilości powstających odpadów, a te z kolei związane są z grubością usuwanej warstwy zewnętrznej oraz ze sposobem usuwania oczek. Ogólnie można stwierdzić, że wydajność obierania zależy od wielkości i kształtu bulw, stanu ich powierzchni oraz od sposobu obierania i może wahać się od 90% do prawie 55%.

Mniejsze straty witaminy C następują przy właściwym obieraniu posortowanych i opłukanych bulw o regularnym kształcie, płtykich oczkach i dobrym stanie powierzchni, jaką mają jędrne bulwy jesienią (w przeciwieństwie do zwiędłych i pomarszczonych bulw w okresie wiosennym). Zastosowanie odpowiednich noży przy obieraniu ręcznym i elementów roboczych przy obieraniu mechanicznym (powierzchnia cierna karborundowa, ostrza nożyków lub otworów) będzie decydowało o wielkości odpadów oraz o stopniu naruszenia powierzchni obranych bulw, a więc i o stopniu zachowania witaminy C w obrabianym surowcu. Przy optymalnie prowadzonym obieraniu ręcznym najniższe straty witaminy C stwierdzano jesienią (ok. 20%), które wzrastały w okresie weznesnowiosennym do około 25%.

W owocach więcej witaminy znajduje się w skórce niż w miąższu. Szczególnie duże różnice stwierdza się w owocach cytrusowych. Skórki tych owoców są najczęściej odrzucane jako mało atrakcyjne, chociaż zawierają 4-7 razy więcej witaminy C, oraz 2-3 razy więcej karotenoidów, biotyny, kwasu foliowego (folianów), niacyny, ryboflawiny i kwasu pantotenowego niż wyciśnięty z nich sok. Znaczenie skórek owoców cytrusowych dla technologii produkcji potraw jest jednak marginalne, więc powyższe różnice w zawartości witaminy C są w kuchni mniej istotne niż przy przemysłowym przetwarzaniu owoców na sok. Również w skórce jabłek zawarta jest główna część witaminy C (2-3 razy więcej niż w wewnętrznej tkance), a więc grube obieranie pozbawia je w znacznym stopniu wartości witaminowej.

W podręcznikach technologii produkcji potraw często opisywanym zabiegiem w obróbce wstępnej ziemniaków i warzyw jest ich siarczynowanie. Polega ono na zanurzeniu obranego surowca w roztworze związków siarki (S IV), na przykład kwaśnym siarczynie potasu. Zabieg ten stosowany jest w celu zahamowania aktywności enzymów powodujących ciemnienie tkanek roślinnych. Związki siarki (IV) wpływają na zawartość witamin zawartych w surowcu pozytywnie i negatywnie. Stabilizują one kwas askorbinowy przed utlenianiem, ale powodują znaczny rozkład witamin grupy B, zwłaszcza tiaminy i kwasu foliowego.

Mycie i moczenie

Celem tych zabiegów jest usunięcie substancji niepożądanych z surowca lub zanieczyszczeń z jego powierzchni oraz skrócenie ogrzewania w wyniku pęcznienia składników surowca. Czynności związane z tymi zabiegami powinny być tak prowadzone, aby osiągnąć ich zakładany cel, unikając jednocześnie nadmiernego kontaktu surowca z wodą, w której rozpuszcza się większość witamin. Zalecenie to dotyczy zwłaszcza mycia i płukania mięsa, warzyw i owoców, które najlepiej prowadzić krótko pod bieżącą wodą. Długotrwałe moczenie w wodzie (szczególnie solonego mięsa i ryb) znacznie pozbawia je wartości witaminowej.

W czasie moczenia suchych nasion roślin strączkowych pewne ilości witamin przechodzą do wody. Nie ma to istotnego znaczenia, jeśli potem gotuje się je w wodzie, w której były moczone (wyjątkiem jest soja, której wodę po moczeniu się odlewa, a następnie gotuje w świeżej wodzie). Stwierdzono, że taki wariant obróbki pozwala zachować w ugotowanych nasionach do 40% tiaminy, do 50% ryboflawiny i do 80% kwasu nikotynowego. Proces obróbki cieplnej nasion strączkowych bez ich uprzedniego moczenia powoduje znacznie większy rozkład witamin ze względu na przedłużony czas trwania.

W obróbce wstępnej kasz i ryżu przeprowadza się ich przemywanie (płukanie) w celu usunięcia części łuski, niepełnowartościowych ziaren, skrobi itp. W wyniku tego zabiegu do wody dyfundują składniki odżywcze, w tym również witaminy, występujące w naj-

większej ilości w wierzchniej warstwie ziaren kaszy lub ryżu. Podczas przemywania ryżu w zależności od stopnia uszkodzenia powierzchni ziaren i jej gładkości straty tiaminy mogą wahać się od 6 do 43%, ryboflawiny od 10 do 25%, a kwasu nikotynowego od 15 do 23%. Straty takie nie wystąpią w ryżu przetworzonym (ang. *converted*), określanym w naszym kraju jako paraboliczny (od dawnego określenia angielskiego *parboiled*). Obróbka hydrotermiczna przed usuwaniem łuski (moczenie, parowanie i suszenie) ułatwia jej usuwanie i powoduje przenikanie witamin grupy B z łuski i zarodka w głąb bielma. Jednocześnie sprzyja częściowemu skleikowaniu skrobi w warstwie aleuronowej, przez co powoduje jej silniejsze przyleganie do bielma niż do usuwanej łuski, a także denaturując lipooksygenazy, ogranicza jęłczenie tłuszczów. Ryż tak przetworzony nie musi być płukany przed obróbką cieplną. Również w czasie gotowania zachowuje się więcej witamin.

Rozdrabnianie

W procesie produkcji potraw wymagane jest rozdrobnienie surowców, aby skrócić czas ogrzewania i nadać im odpowiedni kształt. Chociaż stopień rozdrobnienia może być różny (od dużych kawałków do bardzo drobnych cząstek), pod jego wpływem zawsze na powierzchni rozdrobnionego surowca dochodzi do uszkodzenia i rozerwania ścian komórkowych. W rezultacie zawartość komórek jest narażona na kontakt z tlenem, składniki różnych struktur komórkowych wchodzą ze sobą w reakcje chemiczne i enzymatyczne, a składniki rozpuszczalne w wodzie są łatwiej ługowane w czasie moczenia i gotowania. Dotyczy to w znacznym stopniu witamin, z których najbardziej wrażliwa jest witamina C. W uszkodzonych tkankach warzyw i owoców kwas askorbinowy jest utleniany przy udziale kilku enzymów: askorbinazy (bezpośrednio) oraz oksydazy cytochromowej i peroksydazy (pośrednio). Znaczący udział w tym procesie mają jony miedzi i żelaza jako katalizatory utleniania.

Askorbinaza powoduje duże straty witaminy C w warzywach rozdrobnionych, utleniając kwas askorbinowy do dehydroaskorbinowego, który następnie bardzo szybko ulega dalszemu utlenieniu i traci aktywność witaminową. Dowodem wysokiej aktywności tego enzymu jest porównanie zawartości obu form witaminy C w czasie tarcia ziemniaków. W całych bulwach surowych jest około 20% formy utlenionej kwasu askorbinowego (dehydro), a w tartych aż 80%. Askorbinaza staje się szczególnie aktywna w podwyższonej temperaturze (ponad 30°C) i przy dość szerokim zakresie pH 5,7-8,7 (poniżej pH 5,0 traci swą aktywność). Ponieważ naturalne pH warzyw wynosi 5,0-6,0, sprzyja to aktywności askorbinazy.

Karotenoidy i tokoferole mogą być rozkładane przez znajdujące się w tkance roślinnej lipooksygenazy, które katalizują utlenianie tłuszczów. Ich największa aktywność obserwowana jest w temperaturze 20-30°C i w zakresie pH 6,0-7,0.

Straty tiaminy, ryboflawiny i niacyny podczas rozdrabniania surowców są stosunkowo niewielkie.

W celu obniżenia strat witamin powodowanych rozdrabnianiem należy unikać przechowywania rozdrobnionych warzyw w wodzie i stworzyć na ich powierzchni warunki środowiska stabilizujące kwas askorbinowy, karotenoidy i tokoferole (niska temperatura, kwaśne środowisko, ograniczenie dostępu tlenu atmosferycznego, wyeliminowanie obecności jonów miedzi i żelaza). Zabiegi te zaleca się szczególnie przy produkcji surówek warzywnych i owocowych, ponieważ są potrawami uznawanymi za ważne źródło witamin. Należy więc je tak przyrządzać, aby składniki te uległy rozkładowi w jak najmniejszym stopniu.

O wartości witaminowej surówek decyduje nie tylko jakość surowca, która zależy od omówionych już wcześniej czynników, lecz także sposób ich przygotowania i warunki przechowywania.

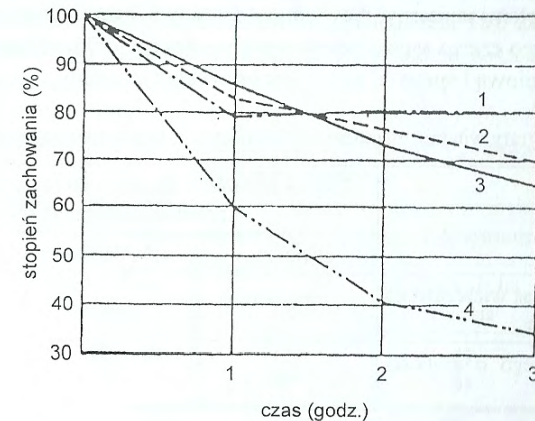
Poszczególne rodzaje warzyw wykorzystywanych do sporządzania surówek charakteryzują się zróżnicowaną aktywnością askorbinazy. Najbardziej aktywna jest ona w świeżych ogórkach (proces kwaszenia inaktywuje ją). Dlatego łączenie składników surówek zawierających aktywny enzym z innymi składnikami bogatymi w witaminę C, bez stworzenia warunków niesprzyjających jej działaniu, może znacznie obniżyć wartość witaminową gotowej potrawy. Klasycznym przykładem niewłaściwego postępowania jest przygotowywanie surówki z pomidorów i świeżych ogórków.

Do rozdrobnionych warzyw zwykle dodaje się substancje zespalające w postaci oleju roślinnego, majonezu lub śmietany bądź różnego rodzaju sosy przygotowane na ich bazie. Działają one ochronnie na witaminy wskutek tworzenia bariery osłaniającej powierzchnię rozdrobnionych warzyw przed dostępem tlenu z powietrza.

Dodatki do surówek, które niszczą turgor tkanek roślinnych i powodują wyciek z nich soku (sól, cukier, kwasy) w zasadzie obniżają zawartość witamin. Jednakże ich wpływ należy rozpatrywać oddzielnie. Sól powoduje dyfuzję soku komórkowego na zasadzie wyrównywania ciśnień osmotycznych i obniża zawartość witamin w tkankach rozdrobnionych składników surówki. Powoduje jednocześnie zmniejszenie ilości tlenu w środowisku całej potrawy, a tym samym zmniejsza straty kwasu askorbinowego przy dłuższym przechowywaniu surówki. Kwasy w niskim stężeniu obniżają pH i stabilizują witaminy, ale przy nadmiernym ich dodatku powodują uszkodzenie ścian komórkowych i umożliwiają kontakt kwasu askorbinowego z enzymami i tlenem. Należy tutaj uwzględnić zróżnicowane działanie kwasów: te które mają zdolność wiązania jonów miedzi i żelaza (np. kwas cytrynowy), będą korzystniej wpływały na zachowanie witamin niż takie, które tych właściwości nie mają. Cukier niszczy przede wszystkim turgor tkanek owoców i warzyw, powodując wyciek soku komórkowego, i zwiększając tym samym straty witamin. Dopiero duże stężenie cukru (ponad 20%) działa stabilizująco na witaminę C. Wpływ dodatków smakowych na zachowanie witaminy C w surówce z sałaty przedstawiono na rysunku 19.

Sok owoców i warzyw bogatych w witaminę C wykorzystywany jest często w praktyce kulinarnej do zabezpieczenia oczyszczanych i rozdrobnionych owoców i warzyw przed ciemnieniem enzymatycznym. Sporządzając surówki z selera, jabłek, pieczarek itp. surow-

ców, po rozdrobnieniu skrapia się je sokiem z cytryny. Uzyskuje się przez to obniżenie pH środowiska, a jednocześnie kwas askorbinowy działa jako przeciwutleniacz stabilizujący ich białą barwę. Jako ciekawostkę można tutaj przytoczyć informację, że badanie zjawiska zróżnicowanej podatności tkanek roślinnych na ciemnienie oraz zdolności zabezpieczenia ciemniejących tkanek przez sok tkanek nie ciemniejących, przyczyniło się do odkrycia witaminy C przez węgierskiego biochemika Alberta Szent-Györgi'ego, za co otrzymał on nagrodę Nobla w 1937 roku w zakresie fizjologii i medycyny.



Rysunek 19. Wpływ dodatków na zmiany zawartości witaminy C w sałacie:
1 – sałata z solą, 2 – sałata z 5-procentowym octem, 3 – sałata bez dodatków,
4 – sałata z 6-procentowym octem

Do stosowanych często w naszym kraju procesów obróbki wstępnej warzyw zalicza się także kiszenie kapusty. Zachodząca fermentacja mlekowa powoduje znaczne obniżenie pH, co gwarantuje wysoki stopień zachowania witaminy C w kapuście, w zależności od warunków procesu nawet do 80%. Należy pamiętać o tym, że duża część tej witaminy jest rozpuszczona w soku, którego wykorzystanie w technologii potraw wzbogaca je w ten składnik odżywczy.

Rozmrażanie mięsa

Rozmrażanie mięsa i podrobów prowadzi do utraty soku, a z nim zawartych w tych surowcach witamin. Utrata soku zależy od sposobu rozmrażania (może wahać się od kilku procent masy mięsa przy powolnym rozmrażaniu do 15% przy szybkim) oraz od stopnia

rozdrobienia mięsa. Sok mięsny zawiera przeciętnie 88% wody, 8% białka i 3% tzw. substancji wyciągowych, wśród których są witaminy, sole mineralne, aminokwasy, peptydy, rybonukleotydy i inne związki. Przy rozmrażaniu straty witamin mogą osiągać nawet 15% ich ogólnej zawartości w mięsie. Porównanie strat witamin w wyniku rozmrażania mięsa wieprzowego i wołowego o różnej wielkości kawałków przedstawia tabela 17.

Wysoka wartość odżywcza soku mięsnego wskazuje na celowość jego zbierania i wykorzystania w technologii potraw, na przykład jako składnika mas mięsnych mielonych. Istnieje jednak problem sanitarny, bowiem w soku tym gwałtownie rozmnażają się drobnoustroje, dlatego często aspekt bezpieczeństwa mikrobiologicznego przeważa nad argumentacją żywieniową i sprawia, że nie jest on wykorzystywany.

Tabela 17. Straty witamin z sokiem wyciekającym w czasie rozmrażania mięsa

Rodzaj mięsa	Ubytek witamin w stosunku do zawartości w mięsie przed rozmrożeniem (%)		
	tiamina	ryboflawina	niacyna
Kostki sześcienne mięsa wieprzowego o krawędzi około 2 cm	9	4	10
Plastry mięsa wołowego o grubości około 3,5 cm	12	10	15

Obróbka cieplna

Obróbka cieplna potraw z mięsa

W potrawach z mięsa na największą uwagę zasługuje stopień zachowania witamin z grupy B. Jest on zależny od metody obróbki cieplnej, a więc od temperatury i czasu ogrzewania, rozmiarów ogrzewanego kawałka mięsa oraz od zjawisk dyfuzyjnych zależnych od stosunku produktu do wody.

Wybór metody ogrzewania zależy w dużym stopniu od rodzaju mięsa. Wiadomo bowiem, że z mięsa o delikatnej strukturze i małej zawartości tkanki łącznej sporządzamy potrawy ogrzewane w warunkach bezwodnych, w wysokiej temperaturze i w krótkim czasie (smażenie bez tłuszczu na ruszcie, smażenie w małej ilości tłuszczu, pieczenie na grillu, pieczenie w wysokiej temperaturze i przy silnym owiewie gorącego powietrza itp.). Natomiast mięso o dużej zawartości zwartej tkanki łącznej poddajemy procesom gotowania w wodzie lub duszenia, trwającym znacznie dłuższy czas niż poprzednie metody.

Pośród witamin szczególną uwagę zwraca się na tiaminę występującą w dużych ilościach w mięsie wieprzowym. Jest ona wrażliwa na długotrwałe ogrzewanie w wysokiej temperaturze, a więc im bardziej długotrwała metoda ogrzewania, tym straty tej witaminy będą wyższe. Duże znaczenie dla stopnia zachowania witamin ma również obecność wody oraz powierzchnia kontaktu mięsa z wodą (zależna od wielkości kawałków mięsa).

Porównywano zachowanie tiaminy i ryboflawiny w potrawach z mięsa świńskiego i bydlęcego otrzymanych przez smażenie na ruszcie oraz duszenie (obsmażenie powierzchni i gotowanie pod przykryciem w niewielkiej ilości wody – pruzenie) i stwierdzono ich znacznie niższą zawartość w potrawach duszonych (tabela 18). Zasadniczą przyczyną większych strat było przechodzenie witamin z wyciekaniem soku do sosu oraz dłuższe trwające ogrzewanie.

Tabela 18. Średnie stopnie zachowania tiaminy i ryboflawiny w potrawach mięsa smażonego na ruszcie i duszonego

Rodzaj mięsa	Zachowanie tiaminy (%)		Zachowanie ryboflawiny (%)	
	smażenie na ruszcie	duszenie	smażenie na ruszcie	duszenie
Wieprzowina	72	42	81	73
Wołowina	70	32	91	68

Przedstawione wartości zachowania witamin są wynikami doświadczeń prowadzonych w określonych warunkach i mogą się znacznie zmieniać w przypadku innego gatunku mięsa i zróżnicowanych warunków ogrzewania. W praktyce możemy więc spodziewać się znacznych rozpiętości w stopniu zachowania witamin w potrawach z mięsa. W tabeli 19, przedstawiono granice zachowania witamin grupy B w potrawach mięsnych przyrządzanych różnymi metodami. Z zestawienia widać, że w potrawach z mięsa najbardziej stabilne są ryboflawina, niacyna i biotyna, natomiast oprócz tiaminy wysokim stratom mogą podlegać jeszcze: kwas foliowy i witamina B₆. Od 10 do 30% strat witamin wiąże się z ich przechodzeniem do wywaru lub soku, a więc ich wykorzystanie w technologii potraw, na przykład do sporządzania zup i sosów, da w sumie mniejsze straty witamin.

Należy jeszcze dodać, że produkty rozpadu tiaminy biorą udział w tworzeniu smakowości potraw mięsnych. Tiamina posiadając w swojej strukturze grupę aminową jest podatna na reakcję Maillarda*. Związki tworzone w wyniku tej reakcji oraz produkty innych mechanizmów rozpadu tiaminy zawierające siarkę i azot charakteryzują się pożądanymi cechami sensorycznymi i są składnikami bukietu smakowo-zapachowego potraw z mięsa.

*Reakcja Millarda została szczegółowo przedstawiona w książce „Współczesna wiedza o węglowodanach”. Red. J. Gawęcki. Biblioteczka Olimpiady Wiedzy o żywieniu. Zeszyt 3. Poznań 1998.

Tabela 19. Zachowanie witamin grupy B w potrawach mięsnych przygotowanych różnymi metodami obróbki cieplnej

Witamina	Metoda obróbki cieplnej	Zachowanie (%)
Tiamina	gotowanie w wodzie	25-50
	duszenie	30-50
	smażenie	50-90
	smażenie na ruszcie	60-85
	pieczenie	40-70
	ogrzewanie mikrofalowe	85-95
Niacyna	gotowanie w wodzie	50-70
	gotowanie w parze	75-95
	duszenie	70-85
Ryboflawina Witamina B ₆ Kwas foliowy (foliany) Biotyna	wszystkie metody przeciętnie	60-95 50-70 50-70 75

Obróbka cieplna warzyw

Podczas produkcji potraw z warzyw gotowanych najistotniejsze znaczenie mają straty witaminy C, które zależą od:

- jej zawartości w surowcu,
- sposobu gotowania,
- stopnia rozdrobnienia surowca,
- szybkości ogrzewania surowca,
- czasu ogrzewania,
- czasu przechowywania potrawy w stanie gorącym,
- odczynu środowiska,
- obecności substancji chroniących i przyspieszających rozkład kwasu askorbinowego.

W czasie ogrzewania potraw z warzyw askorbinaza powoduje duże straty witaminy C, ponieważ jest ona szczególnie aktywna w podwyższonej temperaturze (optimum temperatury ok. 45°C), stąd szybkość ogrzewania warzyw w czasie ich obróbki cieplnej jest bardzo ważna dla zachowania tej witaminy. Należy w jak najkrótszym czasie spowodować termiczną denaturację enzymu, taki jest cel wkładania warzyw do wrzącej wody. Stwierdzano między innymi, że ziemniaki włożone do zimnej wody traciły około 35%, a do wrzącej około 7% kwasu askorbinowego.

Większą szybkość ogrzewania warzyw uzyskuje się także przez ich rozdrobnienie. Skrócona jest wtedy droga przewodzenia ciepła i szybsze nagrzewanie całej tkanki

warzywa. Niestety, takie postępowanie nasila przechodzenie do wody (na zasadzie dyfuzji) składników rozpuszczalnych, wśród nich witaminy C, czego nie rekompensuje skrócenie czasu.

W tabeli 20 zestawiono wyniki badań zawartości witaminy C w potrawach z warzyw, gdy zastosowano różne sposoby gotowania. Z przedstawionych danych wynika, że straty tej witaminy rosną, gdy wzrasta stosunek wody do produktu. Gotowanie w parze przy normalnym lub podwyższonym ciśnieniu powoduje większy rozkład witaminy związanej z jej utlenieniem, ale jednocześnie jej utrata przez wylugowanie jest nieznaczna, stąd łączne zachowanie witaminy jest wyższe niż przy gotowaniu w wodzie.

Podczas gotowania warzyw korzeniowych zachowanie witaminy C jest większe w porównaniu z warzywami liściastymi ze względu na niższy stopień jej wylugowania do wywaru, ale mniejsze niż po gotowaniu w parze ze względu na dłuższy czas ogrzewania.

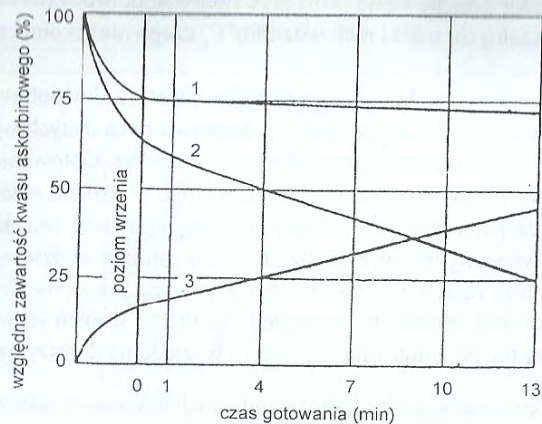
Tabela 20. Przeciętne wielkości strat kwasu askorbinowego w procesie gotowania warzyw

Rodzaj warzyw i sposób ich gotowania	Procent witaminy C		
	zniszczonej	wylugowanej	zachowanej
Warzywa zielone, gotowane:			
w wodzie (długo i w dużej ilości wody)	10-15	45-60	25-45
w wodzie (krótko i w małej ilości wody)	10-15	15-30	55-75
w parze	30-40	<10	60-70
w parze przy zwiększonym ciśnieniu	20-40	<10	60-80
Warzywa korzeniowe całe, gotowane:			
w wodzie	10-20	15-25	55-75
w parze	30-50	<10	50-70
w parze przy zwiększonym ciśnieniu	45-55	<10	45-55

W warzywach o większej zawartości witamin obserwuje się zwykle ich niższe straty. Dobrym przykładem są straty witaminy C podczas gotowania ziemniaków jesienią i na wiosnę, kiedy ich wartość witaminowa jest mniejsza. Podczas gotowania ziemniaków w skórcie straty jesienią wahały się w zakresie od 0 do 10%, a na wiosnę wynosiły około 25%, natomiast podczas gotowania obranych ziemniaków straty w tych dwóch porach roku wynosiły odpowiednio 15-35% i ponad 50%.

W czasie gotowania warzyw rozdrobnionych i liściastych znaczne straty witamin zachodzą przez ich wylugowanie. Przykładem tego mogą być zmiany zawartości witaminy C w czasie gotowania pokrojonej kapusty, które ilustruje rysunek 20.

Jeżeli wywar po ugotowaniu warzyw bogatych w witaminy nie zostanie wykorzystany w technologii potraw do przygotowania zup i sosów, to straty witamin będą bardzo duże (więcej witamin wylejemy do ścieków, niż podamy do spożycia). Dlatego wykorzystanie wywarów z obranych warzyw powinno być regułą w racjonalnie prowadzonej kuchni.



Rysunek 20. Straty kwasu askorbinowego podczas gotowania krojonej kapusty w wodzie:
1 – ogólna zawartość kwasu askorbinowego w układzie, 2 – zawartość kwasu askorbinowego w kapuście, 3 – zawartość kwasu askorbinowego w wywarze

Warzywa poddawane bywają także procesowi smażenia, podczas którego składniki nierozpuszczalne w tłuszczu nie są narażone na wylugowanie. Wprawdzie wysoka temperatura może przyspieszać rozkład wrażliwych na ogrzewanie witamin, ale krótki czas trwania procesu i ograniczony dostęp tlenu ograniczają wpływ czynnika termicznego. Jak wynika z tabeli 21, w której przedstawiono stopień zachowania kwasu askorbinowego w brokułach i zielonej fasolce szparagowej w czasie krótkiego podsmażania (typowego dla kuchni chińskiej) oraz przy innych metodach ogrzewania stopień ten zależał od rodzaju warzywa i sposobu ogrzewania. Najwięcej witaminy C zostało zachowane po gotowaniu pod przykryciem w małej ilości wody (zabieg technologiczny zwany pruzeniem), a najmniej po gotowaniu w dużej ilości wody.

Ogrzewanie mikrofalowe nie powoduje wylugowania rozpuszczalnych witamin, ale łączny stopień zachowania witamin przeważnie nie przewyższa poziomu notowanego dla gotowania w parze czy pruzenia.

Tabela 21. Zachowanie kwasu askorbinowego przy czterech sposobach ogrzewania brokułów i fasolki szparagowej (%)

Sposób ogrzewania	Brokuły	Fasolka
Smażenie	77	58
Ogrzewanie mikrofalowe	57	59
Gotowanie w wodzie bez przykrycia (stosunek woda/produkt jak 4:1)	45	60
Gotowanie w wodzie pod przykryciem (stosunek woda/produkt jak 0,5:1)	74	76

Proces pieczenia potraw z warzyw (np. ziemniaków) również nie powoduje strat witamin przez lugowanie, ale ze względu na długi czas oddziaływania wysokiej temperatury sprzyja ich termicznemu rozkładowi. Stopień zachowania tiaminy, kwasu askorbinowego, ryboflawiny i niacyny podczas pieczenia całych bulw ziemniaków jest niższy niż w czasie ich gotowania w skórce.

Wartość witaminowa potraw z warzyw zostaje szczególnie obniżona, kiedy składniki warzywne poddawane są kilkakrotnej obróbce cieplnej. Takie potrawy jak zapiekanki, kotlety z warzyw itp. w których przypadku najpierw stosuje się proces gotowania, a następnie pieczenia lub smażenia będą zawierały niewielkie ilości witamin.

Rozkład witaminy C w czasie gotowania jest katalizowany przez jony metali, przy czym szczególnie aktywność wykazują jony miedzi. Wyeliminowanie naczyń z tego metalu z powszechnego użycia uznawane jest za duże osiągnięcie chemii żywności. Jony innych metali (głównie żelaza i manganu) prawdopodobnie nasilają katalityczne działanie miedzi. Stopień szkodliwego działania miedzi na witaminę C zależy od odczynu środowiska. Im środowisko jest bardziej kwaśne, tym działanie miedzi jest słabsze. Przykładem tego są wyniki doświadczenia przeprowadzonego z ogrzewaniem roztworów czystego kwasu askorbinowego z dodatkiem soli miedzi, w czasie którego przy pH 5 stwierdzano ponad 70% strat, a przy pH 3 tylko niespełna 10%.

Powyższa obserwacja sugeruje możliwość większego zachowania witaminy C w potrawach mających wyraźnie kwaśny odczyn środowiska, jaki uzyskuje się przez dodatek kwaszonej kapusty, kiszonych ogórków lub pomidorów. Zakwaszenie potraw dodatkowo obniża aktywność askorbinazy.

Ochronie na witaminę C działają białka, aminokwasy, skrobia, związki fenolowe, barwniki (karotenoidy i antocjany) i witaminy (A, E i B₁). W potrawach złożonych z kilku składników warzywnych i niewarzywnych stopień rozkładu witaminy C może być więc znacznie mniejszy niż podczas gotowania samych warzyw. Stwierdzono między innymi, że w czasie gotowania ziemniaków w wywarze mięsnym nie obserwuje się prawie żadnych strat tej witaminy, natomiast równoległe gotowanie w wodzie powoduje straty w wysokości 30%.

W celu zachowania jak największej zawartości witaminy C w potrawach z warzyw należy:

- wkładać warzywa do wrzącej wody i jak najszybciej doprowadzać wodę z warzywami do wrzenia,
- gotować przy łagodnym wrzeniu,
- nie przedłużać czasu gotowania, tzn. ogrzewać warzywa tylko tak długo, jak to jest niezbędne do doprowadzenia ich do stanu gotowości do spożycia,
- nie przetrzymywać gotowych potraw z warzyw w stanie gorącym,
- wykorzystywać wywar z warzyw oczyszczonych i pokrojonych,
- możliwie powszechnie stosować ogrzewanie w parze wodnej,
- nie stosować zardzewiałego sprzętu i naczyń.

Proces obróbki cieplnej warzyw powoduje wzrost zawartości karotenoidów w potrawach. Podczas gotowania 18 różnych warzyw zielonych, żółtych i pomarańczowych stwierdzano ponad trzykrotny wzrost zawartości związków karotenoidowych oraz obli-

czonego dla nich równoważnika retinolu. Efekt ten tłumaczony jest większą możliwością wyekstrahowania podczas oznaczania uwolnionych karotenoidów wskutek rozkładu struktur komórkowych, które zaszły pod wpływem ogrzewania. Stawiane jest jednocześnie pytanie, czy ta łatwiejsza ekstrakcja karotenoidów z ugotowanej tkanki roślinnej sprzyja ich przyswajalności z przewodu pokarmowego. Wiadomo, że do ich wchłaniania z przewodu pokarmowego potrzebne są tłuszcze. Dlatego w technologii potraw z warzyw bogatych w karotenoidy wskazany jest dodatek tłuszczu, stosowany na przykład do podsmażenia warzyw lub jako składnik sosów, zapraw itp.

Obróbka cieplna strączkowych

Straty witamin podczas przygotowania potraw z nasion roślin strączkowych są znaczne ze względu na długi czas ich moczenia oraz gotowania. Szczególnie wrażliwe na ogrzewanie są tiamina i folacyna (foliany), ich straty w gotowej potrawie w stosunku do surowca mogą przekraczać nawet 60%. Ryboflawina jest nieco bardziej odporna na ogrzewanie nasion strączkowych, jej straty zwykle nie przekraczają 50%, a straty kwasu nikotynowego nie są wyższe niż 20%.

Dalsze straty witamin podczas produkcji potraw z nasion roślin strączkowych zachodzą podczas dodatkowych zabiegów technologicznych, takich jak przecieranie na purée (3-5%), smażenie, na przykład kotletów (5-10%), lub zapiekanie (4-12%).

Dodatek soli obniża straty witamin podczas obróbki termicznej potraw z nasion roślin strączkowych. Nie należy natomiast stosować dodatków alkalicznych (np. kwaśnego węgla sodu) w celu skrócenia czasu gotowania nasion, bowiem środowisko alkaliczne powoduje prawie całkowity rozkład tiaminy.

Obróbka cieplna produktów zbożowych

W procesie obróbki termicznej kasz straty witamin zależą od rodzaju kaszy (rozmięczenie witamin w ziarnie) oraz sposobu gotowania (czas ogrzewania oraz odlewanie wywaru po gotowaniu w dużej ilości wody lub całkowite pochłonięcie dodanej wody przez pęczniące ziarna). Na przykład, największe straty tiaminy obserwuje się podczas gotowania ryżu. Mogą one osiągać aż 75%. W czasie gotowania kaszy pszennej, jęczmiennej i gryczanej straty tej witaminy wahają się w granicach od 18 do 26%. Obróbka hydrotermiczna ziaren ryżu przed usuwaniem z nich łusek sprzyja większemu zachowaniu witamin w czasie gotowania ryżu (tabela 22).

Tabela 22. Zachowanie witamin podczas gotowania ryżu surowego i przetworzonego

Rodzaj ziaren ryżu	Zachowanie witamin (%)		
	B ₁	B ₂	B ₆
Surowe (normalne)	24	44	37
Przetworzone	42	66	89

Zasadniczym czynnikiem określającym wartość witaminową potraw z mąki jest jej wyciąg. Stwierdzano między innymi, że w wyrobach z mąki z pełnego ziarna (wyciąg 95%) stopień zachowania kompleksu witamin z grupy B i witaminy E wahał się od 80 do 90%, podczas gdy z mąki o wyciągu 70% wynosił on tylko od 15 do 60%.

Zawartość witamin z grupy B wzrasta w procesie fermentacji ciasta dzięki syntezie dokonanej przez drożdże.

W czasie ogrzewania potraw z mąki stopień zachowania witamin zależy od zakresu stosowanych temperatur i czasu ich oddziaływania na potrawy oraz od odczynu środowiska.

Wzrost stopnia upieczenia wyrobów z ciasta w temperaturze 205 °C (powierzchnia błada lub mocno rumiana) osiągany przez dłuższy czas ogrzewania powodował większe ubytki tiaminy o 9% w chlebie i o 5% w bułkach.

Chemiczne środki spulchniające ze względu na wprowadzanie odczynu alkalicznego do ciasta powodują znaczny rozkład tiaminy. Stwierdzano ubytki tej witaminy aż o 85%, kiedy dodawano nadmiar środka spulchniającego.

Przechowywanie potraw w stanie gorącym

Przechowywanie gotowych potraw w stanie gorącym przed podaniem ich do spożycia jest bardzo często praktykowane w zakładach żywienia zbiorowego. Ma ono miejsce wtedy: gdy szybkość wytwarzania potraw w zakładach zamkniętych jest wyższa niż szybkość ich spożywania, gdy w zakładach otwartych jest nierównomierny napływ konsumentów, oraz gdy produkcja potraw odbywa się poza miejscem ich konsumpcji (np. system „catering”). Ze względów sanitarnych ustala się minimalne zakresy temperatur przechowywania lub transportu gotowych potraw, przy czym w wielu krajach są one prawnie uregulowane i z reguły nie powinny być niższe niż 65 °C (w praktyce można spotkać się z dość szerokim zakresem temperatur od 30 do 90 °C).

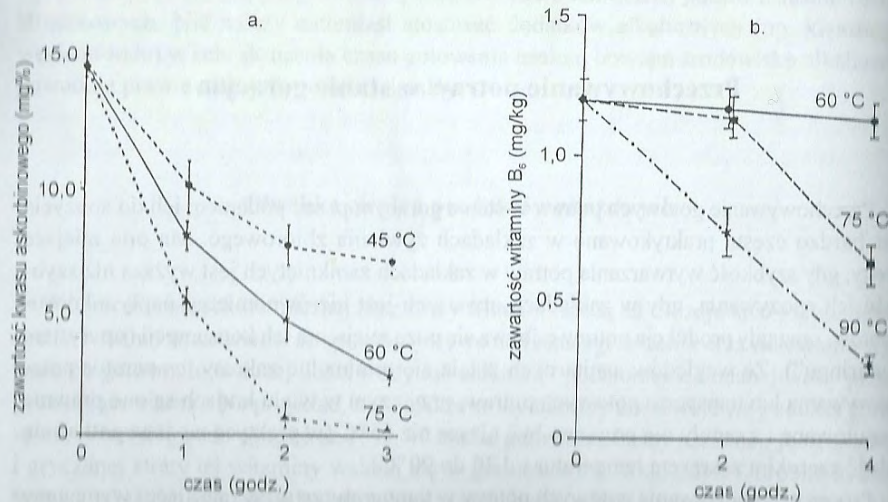
Proces przechowywania gotowych potraw w temperaturze przekraczającej wymagany zakres powoduje kontynuację przemian termicznych wywołanych obróbką cieplną. Dotyczy to zwłaszcza wrażliwych na ogrzewanie witamin. Spośród nich największe straty obserwowane są w przypadku witaminy C. Ogólnie przyjmuje się, że 1 godz. prze-

chowywania potraw w stanie gorącym obniża zawartość tej witaminy średnio o około 50%. Bardzo duży wpływ na straty w tym procesie mają czas i temperatura przechowywania. Obrazują to zmiany zawartości kwasu askorbinowego w zielonym groszku przechowywanym 3 godz. w trzech różnych temperaturach przedstawione na rysunku 21 a. Podobny zakres zmian zawartości tej witaminy stwierdzano także przy przechowywaniu ziemniaków. Zasadniczą przyczyną rozkładu kwasu askorbinowego są tu przemiany oksydacyjne. Wykazano, że ograniczenie swobodnego dostępu tlenu znacznie spowalnia rozkład tej witaminy w przetrzymywanych ziemniakach. Przechowywanie gotowanych ziemniaków w temp. 75 °C w ciągu 3 godz. przy swobodnym dostępie powietrza obniżyło zawartość kwasu askorbinowego do 28% ilości początkowej, natomiast w atmosferze CO₂ tylko do 85%, pary wodnej do 90%, a w ziemniakach przechowywanych w atmosferze azotu w ogóle nie notowano spadku zawartości witaminy C. Również skórka ziemniaków stanowi barierę dla tlenu, dlatego w ziemniakach nie obranych stwierdza się o 30% więcej kwasu askorbinowego niż w obranych.

Podczas przechowywania w stanie gorącym potraw z dorsza stopień zachowania witaminy B₆ był znacznie wyższy niż witaminy C (rysunek 21 b).

Spośród innych witamin stosunkowo dużą termolabilnością charakteryzuje się tiamina. Stopień jej zachowania jest jednak zwykle znacznie wyższy niż witaminy C i w ziemniakach przechowywanych w stanie gorącym waha się od 65% do 90%, a w potrawach mięsnych od 65% do 80%.

Pozostałe witaminy charakteryzują się bardzo wysoką odpornością na warunki przechowywania potraw w stanie gorącym. Są one całkowicie stabilne lub poziom ich rozkładu nie przekracza 15% w czasie 3-godzinnego przechowywania.



Rysunek 21. Zmiany zawartości: a – kwasu askorbinowego w zielonym groszku, b – witaminy B₆ w dorszu w czasie ich kilkugodzinnego przechowywania w stanie gorącym w różnych zakresach temperatur

Podsumowanie

Podsumowując przegląd czynników wpływających na zachowanie witamin w procesach kulinarnych, można wskazać najistotniejsze przyczyny obniżenia zawartości tych ważnych składników odżywczych podczas produkcji potraw z surowców pochodzenia roślinnego i zwierzęcego.

Jak wynika z tabeli 23, obniżanie się wartości witaminowej potraw z surowców roślinnych ma miejsce już przed ich obróbką cieplną. Straty związane z psuciem się przechowywanych świeżych surowców, myciem i płukaniem, oczyszczaniem, obieraniem, rozdrabnianiem itp. mogą być znaczne. Natomiast straty związane z samą obróbką cieplną bywają niewielkie, bowiem produkty roślinne poddaje się raczej krótkotrwałemu ogrzewaniu. Na ogrzewanie wrażliwe są głównie kwas askorbinowy, folacyna i w niektórych przypadkach tiamina, przy czym najistotniejszą przyczyną obniżenia ich zawartości jest wylugowywanie przez wodę. Przy zabiegach takich jak ogrzewanie przez krótki czas, ogrzewanie bez wody lub gotowanie w parze wartość witaminowa potraw z warzyw może zostać prawie całkowicie zachowana. Natomiast przechowywanie potraw z warzyw w stanie gorącym lub ich schładzanie, przechowywanie i ponowne podgrzewanie przed spożyciem jest z punktu widzenia zachowalności witamin zdecydowanie niekorzystne.

Tabela 23. Najważniejsze przyczyny obniżenia zawartości witamin w potrawach

Produkty pochodzenia roślinnego	Produkty pochodzenia zwierzęcego
Psucie się nie przetworzonych surowców	Wyciek soku podczas rozmrażania,
Nadmierne obieranie, czyszczenie, rozdrabnianie, płukanie, moczenie itd.	szczególnie z mięsa krojonego i mielonego
Zbyt duża ilość wody stosowana do gotowania	Wyciek cieplny, zwłaszcza podczas ogrzewania mikrofalowego
Zbyt długie przedłużanie czasu gotowania	Wylugowywanie witamin rozpuszczalnych podczas gotowania i duszenia
Odrzucanie wywaru	Rozkład termiczny, zwłaszcza tiaminy podczas pieczenia w wysokiej temperaturze
Stosowanie substancji alkalicznych do moczenia, gotowania lub pieczenia	Zbyt długie (ponad 3 godz.) przechowywanie w stanie gorącym
Zbyt długie (ponad 3 godz.) przechowywanie w stanie gorącym	
Schładzanie gotowych potraw, długie przechowywanie ich w warunkach chłodniczych i podgrzewanie przed spożyciem	

W procesie produkcji potraw z mięsa zasadniczy ubytek witamin następuje wskutek utraty soku w czasie obróbki cieplnej i rozmrażania oraz przy długotrwałym ogrzewaniu w wysokiej temperaturze (w przypadku termolabilnej tiaminy i kwasu foliowego). Wykorzystanie wyciekającego soku mięsnego pozwala na znaczne obniżenie strat witamin.

Pozostałe witaminy z grupy B (B₂, B₆, PP) są dość stabilne w procesie ogrzewania potraw z mięsa, ale łatwo ulegają wylugowaniu do wody przy jego gotowaniu.

Przedstawione omówienie najważniejszych czynników warunkujących wartość witaminową potraw w trakcie całego procesu ich przygotowywania do spożycia wskazuje na złożoność zabiegów mających na celu zoptymalizowanie wartości odżywczej potraw pod względem zawartości witamin. Jak wykazano w licznych przykładach, troska o to powinna cechować producentów żywności, handlowców i technologów żywienia.

Prof. dr hab. JAN GAWĘCKI
Mgr inż. MAŁGORZATA ZIELKE



Katedra Higieny Żywienia Człowieka
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

WITAMINY W PYTANIACH I ODPOWIEDZIACH

1. Co to jest utajony niedobór witamin?

Utajony niedobór witamin to stan, któremu towarzyszą niespecyficzne objawy, takie jak: nadmierna pobudliwość, zmęczenie i brak apetytu. Utajony niedobór witamin prowadzi w krótszym lub dłuższym czasie do zaburzeń funkcjonowania organizmu, wpływając ujemnie na ogólny stan zdrowia. Ostatecznie może przyczynić się do rozwoju przewlekłych chorób.

2. Czy witaminy są źródłem energii?

Nie. Biorą jedynie udział w przemianach metabolicznych dostarczających organizmowi energii. Dlatego zazywanie dodatkowych witamin nie poprawia sprawności fizycznej. Gdy występuje w organizmie niedobór witamin, przyjmowanie ich może jednak usuwać objawy przemęczenia.

3. Czy od witamin się tyje?

Nie. Witaminy same w sobie nie mają żadnej wartości energetycznej. Preparaty witaminowe mogą jednak w swoim składzie zawierać substancje o niewielkiej liczbie kalorii.

4. Czy witaminy pobudzają apetyt?

Jeżeli witaminy są dostarczane w odpowiedniej ilości, dodatkowe ich przyjmowanie nie spowoduje poprawy apetytu. Przy niedostatecznym spożyciu, szczególnie witamin A, B₁ i C, może wystąpić utrata apetytu, który można jednak przywrócić przez zwiększenie przyjmowania tych witamin.

5. Co to jest witamina F?

Niekiedy mówi się o „witaminie F”, kiedy ma się na myśli NNKT – niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe. Nie są one jednak obecnie uważane za witaminę.

6. Czy wszystkie niezbędne witaminy można czerpać ze zwykłego pożywienia?

Tak, pod warunkiem, że posiłki są komponowane prawidłowo i w dostatecznej ilości spożywane. W ciągu dnia należy spożywać 5-6 porcji produktów zbożowych, 3-5 porcji warzyw i owoców, 3-4 porcji mleka lub jego przetworów oraz 1-2 porcji pokarmów bogatych w białko, takich jak mięso, drób, ryby i jaja. Jeżeli w pożywieniu brakuje choćby jednej z tych czterech grup lub jeśli spożywa się ich zbyt małe porcje, jest prawdopodobne, że pożywienie nie dostarczy wszystkich potrzebnych witamin.

7. Czy zawartość witamin w świeżych owocach może się wahać?

Tak i to znacznie. Klimat i warunki glebowe, stopień dojrzałości i metody zbiorów, transport, jak również przechowywanie wpływają na zawartość witamin w tych produktach.

8. Czy można cierpieć na nadwagę i mimo to mieć niedobór witamin?

Tak, jest to możliwe, ponieważ wysokokaloryczne produkty spożywcze niekoniecznie muszą być bogate w witaminy. Spożywanie pokarmów zawierających dużą ilość węglo-

wodanów lub tłuszczów, lecz mało witamin przyczynia się do nadwagi, a jednocześnie prowadzi do niedoboru witamin.

9. Które witaminy są niezbędne dla przyszłej lub karmiącej matki?

Z uwagi na szczególne wymagania organizmu w czasie ciąży lub po porodzie, przyszłe i karmiące matki wykazują zwiększone zapotrzebowanie na witaminy A, C, B₁, B₆, B₁₂ oraz kwas foliowy, jak również na składniki mineralne: żelazo i wapń. Należy położyć szczególny nacisk na dostosowanie się do tych rosnących potrzeb. Przed przyjęciem dodatkowych witamin i składników mineralnych należy skonsultować się z lekarzem.

10. Czy będąc na diecie odchudzającej, dostarcza się organizmowi wystarczającej ilości witamin?

Większość naukowców zajmujących się zagadnieniem żywienia zgadza się co do tego, że przy spożywaniu pokarmów o kaloryczności 1600 kcal (6700 kJ) lub mniej trudno jest zapewnić całkowite pokrycie zapotrzebowania na witaminy. W dodatku, większość modnych diet odchudzających jest jednostronna (czyli ogranicza się do spożywania niewielkiej liczby tych samych pokarmów), co nie sprzyja dostarczeniu organizmowi odpowiedniej ilości witamin. Zaleca się więc stosowanie suplementów witaminowych, szczególnie wówczas, gdy zamierzamy przez dłuższy czas stosować tego rodzaju diety.

11. Dlaczego osoby starsze mają często problemy z pokryciem zapotrzebowania na witaminy?

Osoby w podeszłym wieku często mają gorszy apetyt i spożywają mniejsze ilości pokarmu. Istnieje szereg innych czynników, prowadzących do nieodpowiednich nawyków żywieniowych: problemy z uzębieniem, kłopoty finansowe lub samotność, w których wyniku zanika zainteresowanie gotowaniem. Ponieważ proces starzenia się wpływa negatywnie na zdolność wchłaniania i przyswajania witamin, korzystanie ze wzbogaconych w witaminy artykułów spożywczych lub preparatów witaminowych jest ważne dla utrzymania zdrowia w wieku podeszłym.

12. Czy naprawdę palacze potrzebują więcej witaminy C?

Tak. Organizm palacza zużywa witaminę C w szybszym tempie niż osoba niepalącej. Badania wykazały, że nałogowi palacze (co najmniej 20 papierosów dziennie) potrzebują o 40% witaminy C więcej niż niepalący.

13. Czy to, o jakiej porze dnia przyjmowany jest preparat witaminowy, ma jakieś znaczenie?

Na ogół nie. Jednak łatwiej jest przyjmować witaminy zawsze o tej samej porze dnia i traktować to jako część swoich codziennych nawyków, takich jak na przykład mycie zębów. Wyjątek stanowi witamina C: zażywanie tej witaminy w celu poprawienia przyswajania żelaza lub zablokowania tworzenia się nitrozoamin w żołądku powinno odbywać się w czasie posiłków.

14. Jak należy przechowywać preparaty witaminowe?

Należy je chronić przed wysoką temperaturą, światłem, tlenem i wilgocią. Nie powinny być przechowywane w lodówce, ponieważ wchłaniają wilgoć. Idealne jest chłodne, ciemne miejsce, takie jak dla ziół czy przypraw. Należy pamiętać o tym, aby witaminy przechowywane były w miejscu niedostępnym dla dzieci.

15. Czy preparaty witaminowe mogą psuć się lub tracić swoje właściwości?

Jeżeli preparat witaminowy przechowywany jest we właściwy sposób, jego trwałość utrzymuje się przez dwa lub trzy lata. W przypadku większości preparatów termin ważności podany jest na opakowaniu.

16. Czy potrzebne są suplementy witaminy E, jeżeli spożywa się posiłek bogaty w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe?

Badania naukowe wykazały, że zwierzęta potrzebują więcej witaminy E, jeżeli przyjmują z pokarmem większe ilości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. U człowieka związek ten również odgrywa ważną rolę. W przypadku spożywania pokarmów bogatych w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe, szczególnie gdy produkty te nie zawierają naturalnej lub dodanej witaminy E, zaleca się suplementację tą witaminą.

17. Dlaczego mocz zabarwia się często na intensywny żółty kolor, kiedy zażywa się witaminy z grupy B lub preparaty multiwitaminowe?

Jeżeli przyjmuje się więcej witamin rozpuszczalnych w wodzie niż organizm może przyswoić, nadwyżka jest wydalana z moczem. Ponieważ witamina B₂ ma intensywnie żółte zabarwienie, zmienia ona kolor moczu na żółty.

18. Czy istnieje niebezpieczeństwo tworzenia się kamieni nerkowych przy regularnym przyjmowaniu dużych dawek witaminy C?

Dotychczasowe badania nie dały jednoznacznej odpowiedzi na pytanie o wzrost ryzyka zachorowania na kamicę nerkową przy długotrwałej suplementacji dużymi dawkami witaminy C. Jeżeli jednak ktoś ma już kamienie nerkowe pochodzenia szczawianowego, ilość przyjmowanej witaminy C nie powinna przekraczać zalecanej dziennej dawki.

19. Czy nadmierne działanie słońca może prowadzić do zatrucia witaminą D?

Nie. Wytwarzanie witaminy D w skórze pod wpływem działania światła słonecznego jest sterowane fizjologicznie. Jedną ze stosowanych przez skórę metod ochrony przed nadmiernym działaniem światła jest jej przyciemnianie (opalenizna).

20. Dlaczego beta-karoten nazywany jest „bezpieczną” postacią witaminy A?

Beta-karoten (prowitamina A) jest postacią witaminy A występującą w pomarańczowych, żółtych i ciemnozielonych warzywach i owocach. Nabiera ona właściwości witaminy A dopiero po przekształceniu w organizmie w retinol. Ponieważ organizm przetwarza tylko tyle beta-karotenu, ile potrzebuje, nie przyczynia się on do tworzenia zbyt wysokiej koncentracji retinolu. Dlatego może być traktowany jako bezpieczna postać witaminy A. Magazynowanie nadmiernej ilości beta-karotenu może jednak przydawać skórze pomarańczowożółtego zabarwienia. Nie jest ono niebezpiecznym objawem i zanika po zaprzestaniu przyjmowania zbyt dużej ilości tej prowitaminy.

21. Czy stosowanie dużych dawek witaminy B₁ chroni przed komarami?

Witamina B₁ posiada charakterystyczny zapach. Jeżeli zażywana jest w dużych dawkach, zapach ten jest wydzielany przez pory skórne i uważa się, że odstrasza on komary. Dlatego niektórzy sądzą, że jest skuteczna. Bezpieczniej jest jednak zdać się na środki przeciw owadom.

22. Czy witamina C może zapobiegać zwykłemu przeziębieniu lub je leczyć?

Nie ma na to żadnych dowodów. Badania kliniczne wykazały jednak, że może ona spowodować złagodzenie przebiegu choroby i skrócenie czasu utrzymywania się jej symptomów. W czasie infekcji dochodzi bowiem do podwyższenia zawartości reaktywnych form tlenu w organizmie, które są unieszkodliwiane między innymi przez witaminę C.

23. Dlaczego wiele kosmetyków zawiera witaminy?

Witaminy A i E, jak również pantenol (forma witaminy B₅) są ważne dla prawidłowego stanu skóry. Witamina A na przykład stymuluje regenerację komórek skóry. Witamina E uczestniczy w ochronie przed negatywnym działaniem promieniowania ultrafioletowego i zatrzymuje wilgoć w skórze. Pantenol również chroni skórę przed wysychaniem i wykazuje działanie przeciwzapalne.

24. Czy jeżeli jest się sportowcem i stosuje się preparaty witaminowe, można mówić o dopingu?

Nie. Witaminy są składnikami normalnego pożywienia i mogą tylko pomóc w utrzymaniu dobrej formy i sprostaniu zwiększonym wymaganiom żywieniowym sportowców. Nie mogą natomiast poprawić sprawności fizycznej ponad poziom osiągalny dla danego organizmu.

25. Czy witaminy odgrywają rolę w walce z AIDS?

Teoretycznie tak, ponieważ niektóre witaminy wzmacniają układ immunologiczny człowieka. Prawidłowy poziom witamin w organizmie może odgrywać istotną rolę we wzmacnianiu obrony przeciw infekcjom u osób chorych na AIDS. Jak dotąd jednak, nie ma danych potwierdzających tę teorię.

Rozdział 10 został opracowany na podstawie publikacji: Witaminy – 99 pytań, 99 odpowiedzi. Infovit. Fundacja na Rzecz Informacji o Witaminach i Zdrowym Żywieniu.



LITERATURA

1. Elmadfa I., Fritzsche D.: Wielkie tabele witamin i składników mineralnych. Muza S.A., Warszawa 1999.
2. Gawęcki J., Hryniewiecki L.: Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu. PWN, Warszawa 1998.
3. Griffith W.: Witaminy, minerały i pierwiastki śladowe. Elipsa, Warszawa 1994.
4. Moszczyński P., Pyć R.: Biochemia witamin. Cz. I. Witaminy grupy B i koenzymy. PWN, Warszawa 1998.
5. Moszczyński P., Pyć R.: Biochemia witamin cz. II. Witaminy lipofilne i kwas askorbinowy. PWN, Warszawa 1999.
6. Nogala-Kałucka M., Gogolewski M.: Związki witamino-E aktywne i ich znaczenie. PTTŻ 14, Poznań 1994.
7. Orlewska E.: Interakcje witamin. Nowa Medycyna 11, 1995.
8. Pietruszka B.: Udział witamin i składników mineralnych z preparatów farmaceutycznych w żywieniu ludzi dorosłych. Praca doktorska. SGGW, Wydział Żywnienia Człowieka i Gospodarstwa Domowego, Warszawa 1997.
9. Witaminy – 99 pytań 99 odpowiedzi. Infovit, Fundacja na Rzecz Informacji o Witaminach i Zdrowym Żywieniu.
10. Ziemiański Ś., Wartanowicz M, Budzyńska-Topolowska J.: Normy żywienia dotyczące witamin. „Witaminy”. Nowa Medycyna 11, 1995.

Dotychczas w serii „Biblioteczka Olimpiady Wiedzy o Żywieniu” ukazały się:

1. „Prawda o tłuszczach” – pod red. J. Gawęckiego
2. „Białka w żywności i żywieniu” – pod red. J. Gawęckiego
3. „Współczesna wiedza o węglowodanach” – pod red. J. Gawęckiego
4. „Składniki mineralne w żywieniu człowieka” – pod red. A. Brzozowskiej
5. „Witaminy” – pod red. J. Gawęckiego

Powyższe pozycje można nabywać w następujących punktach sprzedaży:

- Księgarnia Rolnicza, Collegium Maximum, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań
- Księgarnia Rolnicza, ul. Zwierzyniecka 18, 60-814 Poznań, tel. (0-61) 866-71-20
- Księgarnia „Żak”, dom studencki „Jurand”, ul. Piątkowska 94, 60-649 Poznań
(punkt realizuje sprzedaż za zaliczeniem pocztowym)
- Dział Wydawnictw Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu
ul. Włosa 45, 60-667 Poznań, tel. (0-61) 848-78-06, telefaks (0-61) 848-71-46