

NUTRITION & HEALTH

lek. med. Małgorzata Miktus

WITAMINY

Część II: Ogólna charakterystyka witaminy C

Terminem witamina C określa się kwas L-askorbinowy i kwas L-dehydroaskorbinowy, które wzorem strukturalnym przypominają cukry proste. Kwas askorbinowy $C_6H_8O_6$ to ketolakton o silnych właściwościach redukujących, który w organizmie, przy słabym utlenieniu, przechodzi w kwas L-dehydroaskorbinowy poprzez pośredni związek rodnikowy zwany kwasem L-monodehydroaskorbinowym. Te trzy związki stanowią odwracalny układ oksydoredukcyjny ustroju.

WYSTĘPOWANIE W PRZYRODZIE I ZAWARTOŚĆ W PRODUKTACH SPOŻYWCZYCH

Witamina C jest szeroko rozpowszechniona w świecie roślinnym, natomiast produkty pochodzenia zwierzęcego zawierają jej stosunkowo niewiele. Dokładne zestawienie zawartości kwasu askorbinowego w wybranych pokarmach podano w tabeli poniżej.

Zawartość kwasu askorbinowego w wybranych produktach spożywczych (M. Wartanowicz, P. Moszczyński, R. Pyć)

Rodzaj produktu	Zawartość w mg/100g świeżej masy produktu
Warzywa	
Brokuły	65-150
Brukselka	65-145
Cykoria	33
Fasolka szparagowa	25-30
Kalafior	50-70
Kalarepa	70-100
Kapusta	35-70
Nać pietruszki	269
Papryka	125-200
Pomidory	20-33
Rzodkiewka	25
Salata	12-30
Szpinak	40-84
Ziemniaki wiosenne	20-33
Ziemniaki zimowe	7-8
Owoce	
Agrest	25-40
Banany	8-14

Cytryny	40-60
Grejpfruty	30-70
Jabłka	0,5-20
Kiwi	84
Maliny	19-37
Pomarańcze	30-50
Porzeczki czerwone i białe	26-63
Porzeczki czarne	150-300
Truskawki	46-90
Winogrona	6
Mięso i przetwory mięsne	
Mięso (wołowe lub wieprzowe)	2
Nerki	30
Wątroba	30
Ryby	3
Inne produkty	
Igliwie sosny i świerka	150-250
Lucerna	200
Mleko kobyce	3-6
Mleko krowie	1-2
Owoce dzikiej róży	250-1000
Owoce głogu	160-800
Owoce jarzębiny	100
Pokrzywa	100

Ilość witaminy C w konkretnym produkcie może wahać się w dość szerokich granicach i zależy w dużym stopniu od jego gatunku, odmiany, stopnia dojrzałości, a także strat związanych z transportem, przechowywaniem, przetwarzaniem i przygotowaniem żywności. (Tab.2).

Kwas askorbinowy należy do najmniej trwałych witamin. Jego aktywność biologiczna jest ściśle związana z budową chemiczną i nawet niewielkie zmiany strukturalne zmieniają go w postać nieczynną. Rozpad witaminy C środowisku wodnym przyspiesza ogrzewanie, zwłaszcza w obecności tlenu oraz jonów metali ciężkich (miedzi, żelaza, kobaltu, niklu, manganu i rtęci). Niszczy ją: suszenie, naświetlanie promieniami ultrafioletowymi, środki antyseptyczne służące do konserwowania żywności (np. benzoosan sodu) oraz niektóre leki, takie jak: aspiryna, sulfonamidy, pochodne barbiturowe. Znaczne straty kwasu askorbinowego powodują enzymy z grupy oksydaz (askor-

Tab.2. Straty witamin związane z przygotowaniem potraw (I. Nadolna)

Nazwa potrawy	Proces kulinarny	B ₁ %	B ₂ %	PP %	B ₆ %	C %	A, β-karoten, E %
Zupy	gotowanie	30	10	10	10	50	10
	gotowanie	40	20	30	30	-	20
Mięso i ryby	smażenie	25	10	10	25	-	20
	duszenie	30	10	10	30	-	20
Warzywa	gotowanie*	40	30	40	40	50	20
	duszenie	20	10	10	20	30	20
	surówki	10	10	10	10	20	20
Ziemniaki	konserwowe	40	30	40	40	60	20
	gotowanie*	30	10	25	25	75	20
Makaron	gotowanie*	25	25	20	20	-	20
Ryż	gotowanie*	50	20	40	30	-	20
Kasze	gotowanie	20	10	10	20	-	20
Potrawy warz. mięsne	duszenie	30	20	20	30	20	20
Bigos	duszenie	50	10	40	30	80	20
Owoce	duszenie	30	10	10	20	75	20
Mleko	gotowanie	20	10	10	20	-	20

* z odlewaniem wywaru

binaza, peroksydaza i polifenolooksydaza), które są uwalniane podczas niszczenia struktury komórkowej tkanek roślinnych, np. po obiciu, obraniu lub rozdrobieniu warzyw i owoców. Aktywność tych enzymów wyraźnie zmniejsza się w kwaśnym środowisku ($\text{pH} < 5$) i w niskiej temperaturze, szczególnie podczas zamrażania. Zapobiega to znacznemu rozkładowi witaminy C.

Przeciętne straty witaminy C spowodowane obróbką termiczną w warunkach domowych sięgają 70% w warzywach liściastych i 40% w warzywach korzeniowych. Natomiast przetrzymywanie już ugotowanych potraw w podwyższonej temperaturze lub ich przechowywanie w lodówce do następnego dnia może doprowadzić do strat witaminy C rzędu 60-80%.

Dla większości ludzi w Polsce najważniejszym źródłem witaminy C są warzywa kapustne i ziemniaki. Chociaż nie zawierają dużo tego składnika w gramie masy, to jednak są doskonałym jego źródłem ze względu na ilość, w których są powszechnie spożywane. Należy jednak pamiętać, że przechowywanie ziemniaków w temperaturze pokojowej powoduje miesięcznie ok. 15-procentowe straty tej witaminy, a pod wpływem obierania i gotowania ulega zniszczeniu dalsze 30-50% wyjściowej wartości.

PRZEMIANY W ORGANIZMIE

Większość zwierząt, dzięki odpowiedniemu układowi enzymatycznemu, jest w stanie samodzielnie syntetyzować witaminę C. Jedynie człowiek, małpy oraz świnki morskie nie posiadają dehydrogenazy kwasu L-gulonowego, która katalizuje ostatnią reakcję biosyntezy tej witaminy z D-glukozy. W związku z tym wymienione organizmy muszą otrzymywać ją z pożywieniem lub w postaci suplementów.

Kwas askorbinowy jest bardzo dobrze wchłaniany z przewodu pokarmowego za pomocą aktywnego transportu. Dzięki dobrej rozpuszczalności witaminy C w wodzie, proces ten przebiega łatwo, głównie w dwunastnicy i proksymalnym odcinku jelita cienkiego. Organizm broni się jednak przed nadmiarem tej witaminy - osiągnięcie maksymalnego nasycenia tkanek ogranicza zdolność absorpcyjną jelit oraz zwiększa jej wydalanie przez nerki. Z krwią witamina C dostaje się przez układ żyły wrotnej do wątroby, a następnie jest rozprowadzana po całym organizmie.

Stopień pobierania witaminy C przez tkanki jest bardzo zróżnicowany i zależy głównie od ich aktywności metabolicznej. Największe jej ilości wychwytyją nadnercza, przysadka mózgowa, soczewka oka, grasicca, trzustka i wątroba. Wyjątek stanowią mięśnie, które mimo, że charakteryzują się dużą aktywnością metabolizmu, nie zawierają dużo witaminy C (tab.3)

Znaczne natomiast jej ilości, ośmiokrotnie wyższe niż w erytrocytach i osoczu, znajdują się w płytkach krwi i krwinkach białych

(szczególnie w limfocytach). Zaobserwowano, że regularne stosowanie salicylanów blokuje pobieranie witaminy C przez płytki krwi oraz obniża jej stężenie w krwinkach białych i osoczu.

Narządem, który wydziela szczególnie dużo witaminy C jest żołądek. W soku żołądkowym osób zdrowych stężenie kwasu askorbinowego jest znacznie wyższe niż w osoczu, natomiast w stanach predysponujących do rozwoju raka żołądka (zakażenie *Helicobacter pylori*, przebyta częściowa resekcja żołądka, zanikowe zapalenie błony śluzowej, metaplasja jelitowa) jego zawartość jest stale niska, niezależnie od ilości tej witaminy w surowicy. Nie jest dostatecznie wyjaśnione, na drodze jakich mechanizmów dochodzi do zaburzeń w aktywnym transporcie witaminy C do żołądka.

Zapasy ustrojowe witaminy C nie są zbyt duże i wynoszą około 20mg/kg masy ciała, przy okresie półtrwania 10-40 dni. Wraz z wiekiem, a także w chorobie, zmniejsza się jej zawartość w organizmie.

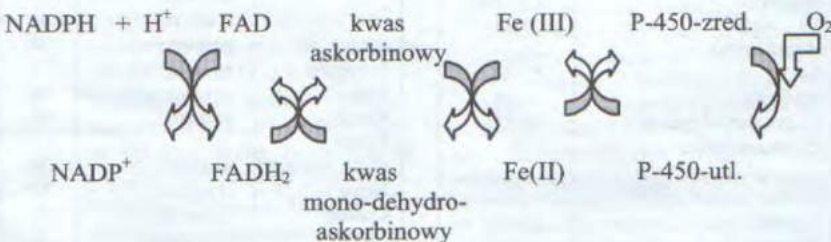
Wydalanie kwasu askorbinowego z organizmu odbywa się głównie z moczem i potem, a u kobiet w okresie laktacji także z mlekiem. Z kałem człowiek wydalą znikome ilości, zaledwie około 5 mg/ dobę. Straty z potem mogą być znaczne, nawet do 2 mg/godz. przy ciężkiej pracy fizycznej.

Tkanki i płyny ustrojowe	Kwas askorbinowy mg/100g
Grasica	10-15
Gruczoły śluzowe	40-50
Mięsień sercowy	5-15
Mięśnie szkieletowe	3-4
Mózg	3-15
Nadnercza	30-40
Nerki	5-15
Płuca	7
Soczewka oka	25-31
Surowica	0,4-1,5
Trzustka	10-15
Wątroba	10-16

Tab.3. Zawartość kwasu askorbinowego w tkankach i płynach dorosłych ludzi (Ś. Ziemiański)

DZIAŁANIE BIOMEDYCZNE

Witaminy C przypisuje się wiele bardzo istotnych funkcji biochemicznych. Jest silnym czynnikiem redukującym, wpływającym



Ryc.1 Witamina C jako składnik mikrosomalnego systemu przenośnikowego elektronów.

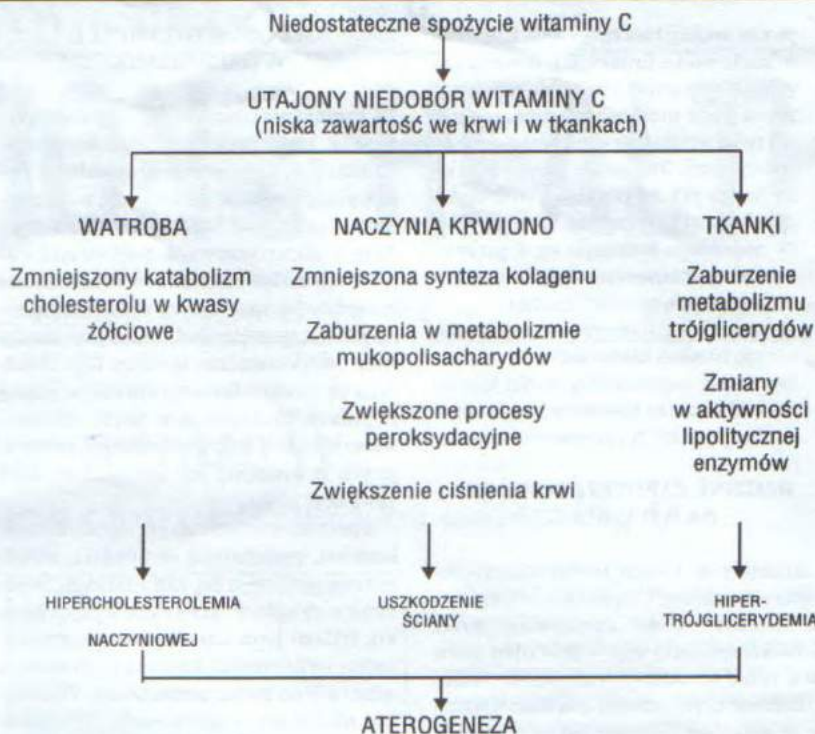
CALIFORNIA
FITNESS

na potencjał oksydo-redukcyjny komórek. Poprzez dostarczanie elektronów utrzymuje w formie zredukowanej metale grup prostetycznych i w ten sposób zapewnia pełną aktywność wielu enzymów (Ryc.1). Umożliwia to prawidłowy przebieg licznych reakcji w zakresie hydroksylacji: przede wszystkim biosyntezę kolagenu, metabolizm tyrozyny, wytwarzanie katecholamin, karnityny, procesy hydroksylacji leków oraz cholesterolu. W jego obecności przebiega także enzymatyczna detoksykacja różnych ksenobiotyków, zwłaszcza czynników rakotwórczych i pestycydów.

□ Jedną z najważniejszych biologicznych funkcji witaminy C jest jej udział w biosyntezie kolagenu. Dostarczenie elektronów enzymom uczestniczącym w hydroksylacji proliny i lizyny powoduje przekształcenie prokolagenu we właściwy kolagen. Reszty hydroksyprolinowe służą do usztywnienia potrójnej helisy kolagenu, natomiast grupy hydroksylo- we reszt hydrolizynowych biorą udział w intermolekularnym poprzecznym usieciowaniu masy kolagenowej oraz służą do wiązania węglowodanów z białkiem, czyli tworzenia glikoprotein. Niedobór witaminy C zaburza te procesy zmniejszając ilość powstających włókien oraz zmieniając ich strukturę.

□ Dzięki właściwościom redukującym kwas askorbinowy odgrywa istotną rolę w metabolizmie różnych jonów metali. Jego obecność jest szczególnie niezbędna w gospodarce żelazem, ponieważ redukując żelazo niehemowe do dobrze rozpuszczalnych soli żelazowych, zwiększa jego przyswajanie z przewodu pokarmowego. Dodatek tej witaminy wspomaga procesy krwiotwórcze również w innym mechanizmie: ułatwia gromadzenie i mobilizację żelaza z tkanek oraz utrzymuje koenzymy kwasu foliowego w formie zredukowanej.

- Optymalna podaż witaminy C zapewnia prawidłową aktywność układu immunologicznego, zarówno jego komponenty humoralnej, jak i komórkowej. Związek ten wpływa na:
 - migrację i aktywność granulocytów, makrofagów i monocytów
 - transformację limfocytów
 - tworzenie się niektórych klas immunoglobulin (IgG i IgM) i interferonu
- Ponieważ odpowiednia podaż witaminy C przywraca równowagę oksydacyjno-redukcyjną komórek, coraz częściej podkreśla się jej znaczenie zarówno w profilaktyce, jak i leczeniu współczesnych chorób degeneracyjnych. Sprzężona para jej form utlenionej i zredukowanej tworzy układ oksydoredukcyjny o potencjale E'o równym + 0,100 V, który:
 - przeciwdziała procesom peroksydacyjnym, zainicjowanym przez wolne rodniki i tlen singletowy
 - neutralizuje wolne rodniki powstające w wyniku aktywacji obojętnochłonnych granulocytów oraz aniony nadtlenkowe wytwarzane przez makrofagi
 - regeneruje tokoferol z jego formy utlenionej, dzięki czemu mieszanka tych witamin wywiera silniejsze działanie antyoksydacyjne niż każda z nich zastosowana osobno - tokoferol jest silnym przeciwutleniaczem działającym w środowisku hydrofobowym, natomiast witamina C w fazie wodnej.
- Kwas askorbinowy odgrywa istotną rolę w metabolizmie lipidów oraz w profilaktyce choroby niedokrwiennej serca. Pod wpływem suplementacji tą witaminą obniża się poziom trójglicerydów w surowicy, a zależne od cytochromu P-450 hydroksylazy w obecności kwasu askorbinowego sprawnie katalizują konwersję cholesterolu w kwasy żółciowe. Odpowiedni poziom witaminy C w organizmie zapewnia również prawidłową strukturę oraz ciągłość śródbłonna naczyń krwionośnych. Ten korzystny efekt jest związany z różnymi biologicznymi funkcjami, które pełni witamina C, a mianowicie:
 - udział w syntezie kolagenu i mukopolisacharydów



Ryc.2. Możliwe mechanizmy wpływu witaminy C na ateroszęzę (Ś. Ziemiański)

- zapobieganie oksydacji lipoprotein o niskiej gęstości (LDL)
- obniżanie podwyższonego ciśnienia tętniczego krwi

mechanizmu przenoszenia tlenu lub przez zwiększenie biosyntezy karnityny w ustroju wywiera korzystny wpływ na stan czynnościowy serca.

Możliwe mechanizmy wpływu witaminy C na ateroszęzę przedstawia ryc.2.

Udział witaminy C w procesie tworzenia się prostanoidów sprzyja powstawaniu prostaglandyn typu E, działających rozkurczowo oraz zwiększa wytwarzanie prostacykliny, której ilość zmniejsza się z wiekiem. Prawdopodobnie poprzez stymulację cytochromowego

- Ostatnio obserwuje się wzrost zainteresowania ochronnym działaniem witaminy C w powstawaniu nowotworów. Wydaje się, że związek ten może wpływać na

Tab. 4. Zalecane dzienne spożycie witaminy C w mg / osobę (Ś. Ziemiański i wsp.)

Grupa ludności (płeć, wiek, lata)	Poziom zalecany	Poziom zalecany
Niemowlęta 0-0,5 0,5-1,0	30-50*	30-50
Dzieci 1-3 4-6 7-9	40 45 60	45 50 65
Dziewczęta 10-18	60	70
Chłopcy 10-18	60	70
Mężczyźni powyżej 18 lat o umiarkowanej aktywności fizycznej	60	70
Kobiety powyżej 18 lat o umiarkowanej aktywności fizycznej	40	45
ciężarne	45	50
karmiące	60	65

*Zależne od sposobu żywienia niemowląt

ŻYWIENIE I ZDROWIE

NUTRITION & HEALTH

redakcja merytoryczna:
Joanna Kalinowska
wydawca:
California Fitness Polska Sp. z o.o.
ul. Zeusa 1, 01-497 Warszawa
tel. (22) 638 00 26

proces inicjacji kancerogenezy, hamować wczesne stadia promocji, natomiast nie wpływa na rozrost i inwazyjność nowotworu. Jego prewencyjne działanie jest nie tylko rezultatem właściwości antyoksydacyjnych, lecz także innych funkcji zachodzących na poziomie molekularnym komórek. Witamina C:

- zapobiega tworzeniu się w przewodzie pokarmowym związków rakotwórczych, np. nitrozoamin
- zwiększa enzymatyczną detoksykację różnych zagęszczenia tkanki łącznej wokół zmian nowotworowych, zapobiegając ich rozprzestrzenianiu się

DZIENNE ZAPOTRZEBOWANIE NA WITAMINĘ C

Istniejące na świecie normy zapotrzebowania na witaminę C są bardzo zróżnicowane. Polskie normy opracowane przez Ś. Ziemiańskiego i wsp. w 1994 roku podano w tabeli 4.

Zebrane przez ostatnie lata dane wskazują, że aktualnie zalecane normy pozwalają jedynie uniknąć ewidentnych niedoborów witaminy C, natomiast nie jest to poziom zmniejszający ryzyko przedwczesnego wystąpienia przewlekłych chorób degeneracyjnych i procesów starzenia się. Pełne wysycenie tkanek organizmu dorosłego człowieka kwasem askorbinowym uzyskuje się dopiero przy dobowym spożyciu tej witaminy w dawce nie mniejszej niż 200mg/osobę/dzień, czyli około trzykrotnie wyższej od dotychczas zalecanej. Nie wiadomo jednak, czy dla optymalnego stanu zdrowia jest ono konieczne. Dlatego niezbędne są dalsze badania w celu określenia rzeczywistego zapotrzebowania organizmu człowieka na witaminę C.

Zwiększone zapotrzebowanie na witaminę C występuje:

- ◆ u kobiet w ciąży i w okresie karmienia
- ◆ w warunkach stresu
- ◆ u palaczy tytoniu, alkoholików
- ◆ u osób w podeszłym wieku, poddawanych zabiegom operacyjnym, z urazami tkanek
- ◆ w przebiegu gorączki, chorób zakaźnych, cukrzycy, choroby wrzodowej żołądka i dwunastnicy
- ◆ przy regularnym braniu kwasu acetylosalicylowego lub innych salicylanów
- ◆ podczas stosowania tabletek antykoncepcyjnych, tetracyklin, barbituranów, kortykosteroidów
- ◆ u mieszkańców dużych aglomeracji miejskich narażonych na zanieczyszczenia środowiska (tlenek węgla, metale ciężkie)
- ◆ u osób prowadzących bardzo intensywny tryb życia

NIEDOBÓR WITAMINY C W ORGANIZMIE

Obecnie w Polsce bardzo rzadko obserwuje się klasyczne objawy niedoboru kwasu askorbinowego w postaci skorbutu. Pojedyncze przypadki zdarzają się u osamotnionych, starszych ludzi, spożywających jedynie pokarmy gotowane, bez świeżych warzyw i owoców, alkoholików oraz czasami u niemowląt karmionych sztucznie. Można jednak podejrzewać, że drobne niedobory i niedostateczne spożycie tego składnika są powszechnie spotykane w naszej populacji, szczególnie w porze zimowo-wiosennej, gdy wybór produktów zawierających tę witaminę jest ograniczony, a jej zawartość niska.

Choroba manifestuje się ogólnym osłabieniem, podatnością na infekcje, utrudnionym gojeniem się ran i złamań, zmianami w dziąsłach, krwawymi wybroczynami, bólami typu reumatycznego, zmniejszoną wydolnością fizyczną i zdolnością adaptacji do zmian temperatury. Przewlekłe niedobory doprowadzają do niedokrwistości i skorbutu, a także zwiększają ryzyko wystąpienia miażdżycy i nowotworów złośliwych.

DZIAŁANIA NIEPOŻĄDANE

Witamina C jest bardzo dobrze tolerowana przez organizm, jednak długotrwałe spożywanie wysokich dawek może wywołać pewne działania niepożądane:

- ◆ zaburzenia ze strony przewodu pokarmowego
- ◆ wytrącanie się szczawianów, moczianów i cystynianów w drogach moczowych w postaci kamieni. Kwas askorbinowy jest częściowo metabolizowany do szczawianu, który wydalą się z moczem, natomiast nadmierne zakwaszenie moczu może spowodować krystalizację słabych kwasów i zasad.
- ◆ trudności w oznaczaniu glukozy oraz bilirubiny, LDH i AspAT
- ◆ niekorzystną adaptację organizmu do dużych dawek
- ◆ obniżenie stężenia selenu i miedzi w organizmie
- ◆ w obecności soli żelaza oraz miedzi dochodzi do działania prooksydacyjnego, neurotoksycznego i mutagennego
- ◆ stosowanie przez kobiety w ciąży wysokich dawek witaminy C (powyżej 400 mg dziennie) może być przyczyną skorbutu u dziecka, co prawdopodobnie wynika z adaptacji płodu do wysokich dawek. Po urodzeniu, gdy dziecko przestaje otrzymywać witaminę C bezpośrednio z krwi matki, ilość dostarczanej witaminy jest zbyt niska w stosunku do jego potrzeb.

Ponadto witamina C zwiększa szybkość eliminacji pochodnych amfetaminy i trójpierścieniowych leków przeciwdepresyjnych oraz podwyższa stężenie jonów sodu i kwasu moczowego we krwi.

PIŚMIENNICTWO:

- 1 W. Orłowski: *Nauka o chorobach wewnętrznych, tom IV*, PZWL, Warszawa 1989
- 2 W. Skrzypczak, M. Friedrich, D. Jankowiak, K. Janus: *Witaminy*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Szczecinie, Szczecin 1994
- 3 P. Moszczyński, R. Pyc: *Biochemia witamin, część II -Witaminy lipofilne i kwas askorbinowy*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, Łódź 1999
- 4 J. Gawęcki, L. Hryniewiecki (red.): *Żywność człowieka, część I - Podstawy nauki o żywieniu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998
- 5 M. Wartanowicz: *Rola witamin w procesach starzenia się człowieka*, Warszawa Akademia Medyczna, Warszawa 1989
- 6 Ś. Ziemiański: *Fizjologia żywienia ludzi w wieku podeszłym*, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Wrocław 1980
- 7 H. Harper: *Zarys chemii fizjologicznej*, PZWL, Warszawa 1983
- 8 M. Wartanowicz, Ś. Ziemiański: *Stres oksydacyjny oraz mechanizmy obronne*, *Żywność Człowieka i Metabolizm*, 1999, XXVI, nr 1
- 9 I. Nadolna: *Zachowanie witamin w procesach kulinarnych i technologicznych*, *Nowa Medycyna, Witaminy, rok II*, 11/95
- 10 M. Rutkowski, K. Grzegorzczak: *Witaminy o działaniu antyoksydacyjnym*, *Farmacja Polska*, Tom 54, nr 16, 18, 1998 oraz tom 55, nr 2, 1999
- 11 M. T. Murray: *Encyclopedia of Nutritional Supplements*, 1996
- 12 M. Jarosz, J. Dzieniszewski, M. Wartanowicz, Ś. Ziemiański: *Spożycie witaminy C w diecie a jej stężenie u osób zdrowych i chorych z zakażeniem Helicobacter pylori*, *Żywność Człowieka i Metabolizm*, 1998, XXV, nr 1
- 13 M. Wartanowicz, Ś. Ziemiański: *Rola witaminy C w fizjologicznych i patologicznych procesach ustroju człowieka*, *Żywność Człowieka i Metabolizm*, 1992, XIX, nr 3
- 14 Ś. Ziemiański, J. Budzyńska-Topolowska: *Witamina E*, *Żywność Człowieka i Metabolizm*, 1993, XX, nr 1
- 15 G. Duda, H. Gertig: *Współczesne poglądy na rolę tokoferoli w żywieniu człowieka*, *Żywność Człowieka i Metabolizm*, 1996, XXIII, nr 4
- 16 Mohsen Meydani, Jodi Godfrey Meisler: *Dokładniejsze spojrzenie na witaminę E*, *Medycyna po Dyplomie, Vol 8/ nr 2* 1999
- 17 Ś. Ziemiański, J. Budzyńska-Topolowska: *Witamina A*, *Żywność Człowieka i Metabolizm*, 1993, XX, nr 1
- 18 Ś. Ziemiański, J. Budzyńska-Topolowska: *Tłuszcze pożywienia i lipidy ustrojowe*, PWN Warszawa 1991
- 19 Ś. Ziemiański: *Podstawy prawidłowego żywienia człowieka*, Instytut Danone- Fundacja Promocji Zdrowego Żywienia, Warszawa 1998