

Witamina C – budowa, właściwości, funkcje i występowanie

Vitamin C – structure, properties, occurrence and functions

Katarzyna Janda¹, Magdalena Kasprzak², Jolanta Wolska¹

¹ Zakład Biochemii i Żywnienia Człowieka Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie
ul. Broniewskiego 24, 71-460 Szczecin
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Ewa Stachowska

² Absolwentka Wydziału Nauk o Zdrowiu Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie
ul. Żołnierska 48, 71-210 Szczecin
Dziekan: prof. dr hab. n. zdr. Beata Karakiewicz

SUMMARY

In this paper the structure of vitamin C, its physical and chemical characteristics, and occurrence are presented. The biological

role of ascorbic acid, the human body's demand for this vitamin, and its deficiency symptoms are specified.

Key words: ascorbic acid, sources, functions, demand.

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono budowę witaminy C, jej właściwości fizyczne i chemiczne oraz występowanie. Wskazano na rolę biologiczną kwasu askorbinowego, zapotrzebowanie organizmu człowieka na tę witaminę i objawy jej niedoboru.

Słowa kluczowe: kwas askorbinowy, źródła, funkcje, zapotrzebowanie.

WSTĘP

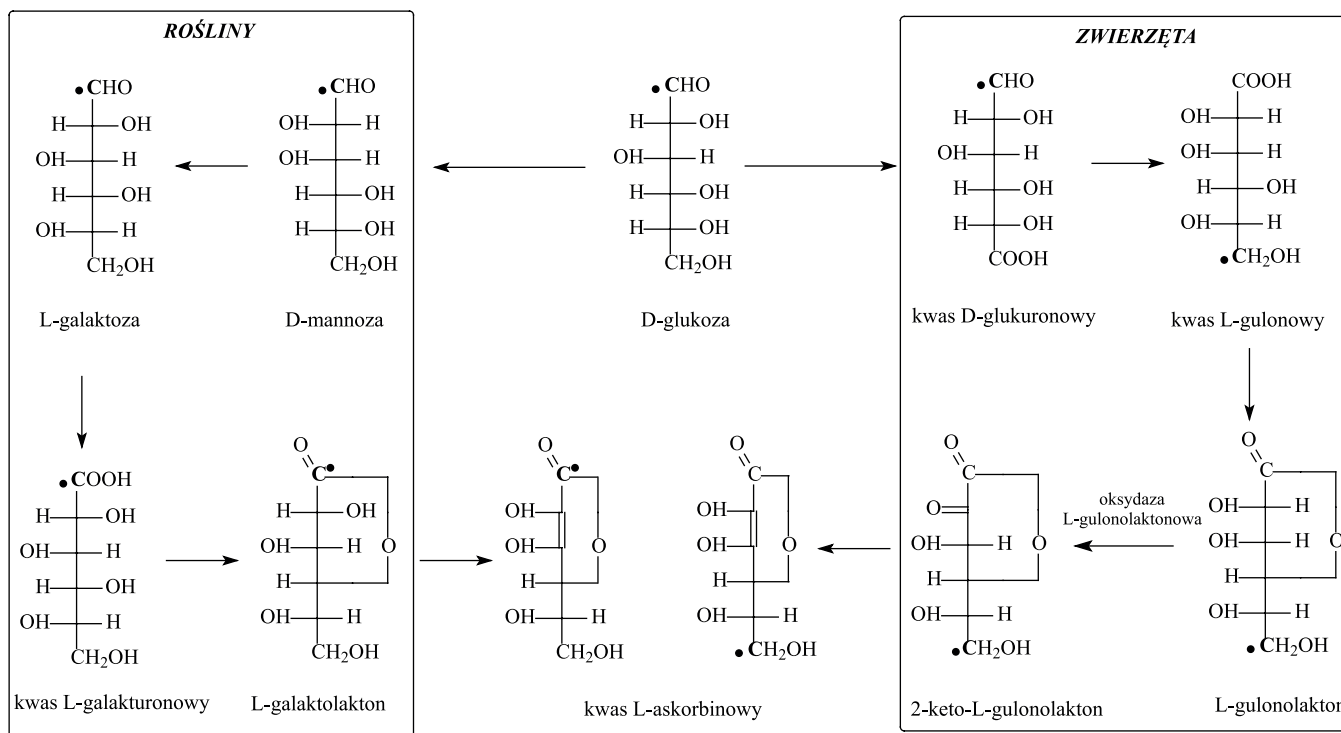
Historia odkrycia witaminy C wiąże się więc ściśle ze skorbutem (gnilcem), poszukiwaniem przyczyn tej choroby, sposobu jej leczenia i zapobiegania. Pierwsze objawy skorbutu zostały opisane w egipskich papirusach z 1550 r. p.n.e. [1]. Już w średniowieczu łączono wpływ sposobu odżywiania na pojawianie się oznak skorbutu. Najostrzejszy przebieg choroba ta miała na terenach Europy Północnej, gdzie przez większość roku był znikomy dostęp do świeżych warzyw i owoców [2]. Skorbut dotykał również marynarzy i innych członków załóg odbywających dalekomorskie podróże, którzy pozbawieni byli przez dłuższy czas dostępu do świeżych produktów roślinnych. Dopiero w XIX w. w marynarce angielskiej wprowadzono nakaz spożywania cytryn [1]. Obecnie przypadki zachorowania na gnilec są rzadkością, natomiast zdarzają się stany częściowej hipowitaminozy [2].

Witamina C jest najbardziej znaną i popularną witaminą o wielokierunkowym działaniu na organizm człowieka [3, 4]. Została wyodrębniona po raz pierwszy z papryki przez węgierskiego biochemika Alberta Szent-Görgyiego w 1928 r., za co został on uhonorowany nagrodą Nobla [2, 4]. Po ustaleniu struktury kwasu askorbinowego w 1933 r. opracowano jego syntezę, przy współudziale szwajcarskiego uczonego polskiego pochodzenia, Tadeusza Reichsteina [2]. Witaminę C nazwano kwasem askorbinowym, ponieważ jej niedobór wywoływał skorbut (*scorbutus*) [5].

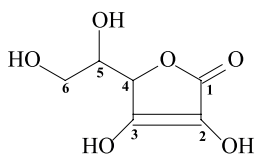
BIOGENEZA I BUDOWA WITAMINY C

Większość gatunków zwierząt dzięki posiadaniu w wątrobie enzymu oksydazy L-gulono- γ -laktonowej jest zdolna do syntezy w organizmie kwasu L-askorbinowego [1, 2, 6, 7]. Wyjątek stanowią małpy, świnki morskie, nietoperze owocożerne, pstrągi, łososie, niektóre ptaki oraz niektóre rasy psów (np. dalmatyńczyk) [1]. Rośliny mają również zdolność do biosyntezy tego związku, najprawdopodobniej dzięki występowaniu enzymu katalizującego – dehydrogenazy galaktono-laktonowej [2]. Człowiek nie posiada szlaków metabolicznych prowadzących do syntezy tej witaminy, w związku z czym musi być ona dostarczana na bieżąco z pożywieniem. Schemat porównujący biosyntezę witaminy C przez rośliny i zwierzęta przedstawiono na rycinie 1.

Kwas askorbinowy jest pochodną sacharydów [9]. W organizmach zwierząt tworzy się z D-glukozy. W roślinach witamina C może powstać z D-glukozy lub z D-galaktozy. Wskazuje to na występowanie dwóch głównych szlaków biosyntezy tej witaminy u roślin [2]. Kwas L-askorbinowy o wzorze sumarycznym $C_5H_8O_6$ jest γ -laktonem kwasu 2,3-dehydro-L-gulonowego [2]. W 1933 r. ustalono jego wzór strukturalny, który przedstawiono na rycinie 2. W centrum cząsteczki znajduje się pięciocłonowy pierścień γ -laktonowy, który stabilizuje strukturę. Jego rozerwanie prowadzi do oksydacyjnego rozpadu kwasu L-askorbinowego na dwa związki – kwas szczawiowy (dwuwęglowy) i kwas L-treonowy (czterowęglowy) [2].



RYCINA 1. Biosynteza witaminy C przez rośliny i zwierzęta [8]



RYCINA 2. Wzór strukturalny kwasu L-askorbinowego

Kwas askorbinowy posiada silne właściwości redukujące, ponieważ ugrupowanie pomiędzy C-2 i C-3 (tam gdzie są dwie grupy OH przy wiązaniu podwójnym), zwane endiolowym, łatwo oddaje po dwa protony i elektrony, przechodząc w ugrupowanie diketonowe kwasu dehydroaskorbinowego. Obecność tego ugrupowania warunkuje silne właściwości redukcyjne i kwasowy charakter kwasu L-askorbinowego [2]. Kwas L-askorbinowy dzięki swoim właściwościom redukującym może w organizmie przekształcać się w kwas L-dehydroaskorbinowy. Jest to utleniona forma kwasu askorbinowego. Obie formy – zredukowana i utleniona – to cząsteczki biologicznie czynne, posiadające taką samą aktywność witaminową [9].

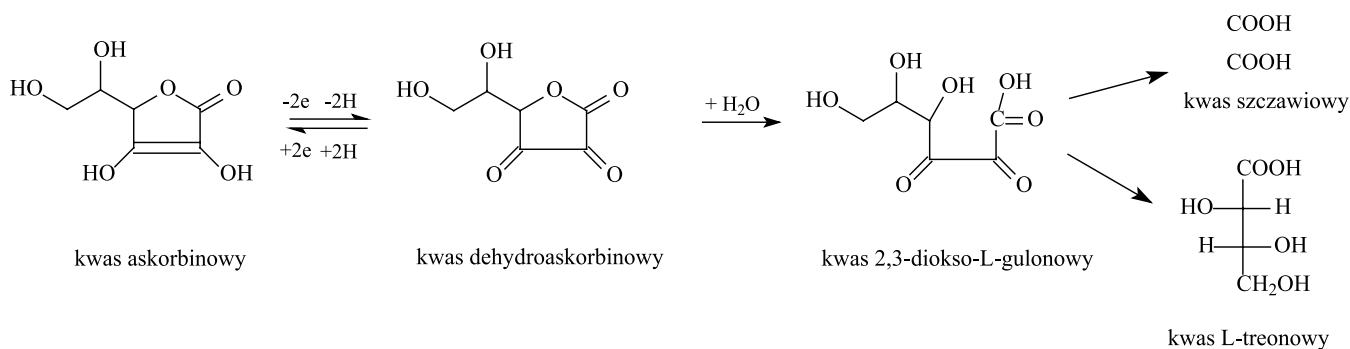
WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE I CHEMICZNE WITAMINY C

Najważniejsze właściwości fizyczne kwasu L-askorbinowego przedstawiono w tabeli 1. Wyizolowana lub syntezowana chemicznie witamina C to bezwonny biały proszek o delikatnie kwaśnym smaku. Należy do witamin rozpuszczalnych w wodzie (hydrofilowa cząsteczka), a także w rozcieńczonych alkoholach.

TABELA 1. Najważniejsze właściwości fizyczne kwasu L-askorbinowego [2]

Właściwość	Szczegółowe określenie lub wartość liczbową
Wzór sumaryczny	$C_5H_8O_6$
Masa cząsteczkowa	176,13 g/mol
Postać	Biała krystaliczna substancja bez zapachu, o kwaśnym smaku
Temperatura topnienia	190–192°C (z rozkładem)
Rozpuszczalność (g/mL)	0,33 w zimnej wodzie i 0,5 w gorącej wodzie; 0,033 w 95% i 0,02 w absolutnym etanolu; 0,01 w glicerolu i 0,05 w glikolu propylenowym; w eterze etylowym, chloroformie, benzenie i eterze naftowym nie rozpuszcza się
Gęstość (g/mL)	1,65
Skręcalność właściwa	$[\alpha]_D^{25} = +20,5^\circ \div +22,5^\circ$ (H_2O) $[\alpha]_D^{23} = +48^\circ$ (w metanolu)
Potencjał redox	$E^1_0 = +0,166$ V (przy pH = 4)

Witamina C posiada charakter kwasowy dzięki zawartości w cząsteczce ugrupowania endiolowego, a w szczególności łatwości dysocjacji protonu grupy hydroksylowej przy C-3. Tworzenie soli, np. askorbinianu wapnia lub żelaza, jest tego potwierdzeniem [2]. Niewątpliwie najważniejszą właściwością kwasu L-askorbinowego jest jego zdolność do tworzenia układu redox – odwracalnego utleniania i redukcji. Utlenianie tego kwasu zachodzi pod wpływem wielu czynników utleniających, jak np. chlorku żelaza(III), nadtlenu wodoru, 2,6-dichlorofenoloindofenolu i innych związków utleniających. Redukcja kwasu L-askorbinowego zachodzi zaś pod wpływem działania np. siarkowodoru czy jodowodoru. Te właściwości redukujące są wykorzystywane do ilościowego oznaczania



RYCINA 3. Główne etapy przemian kwasu L-askorbinowego

witaminy C w preparatach farmaceutycznych, spożywczych i materiałach biologicznych [2].

Witamina C jest stosunkowo trwała w stanie suchym. W roztworach wodnych ulega rozkładowi pod wpływem wielu różnych czynników: w środowisku alkalicznym lub obojętnym (pH), w wyższej temperaturze, w obecności tlenu, miedzi i żelaza oraz jonów metali [5]. W obecności tlenu stopień rozkładu jest zależny głównie od temperatury i rośnie wraz z jej wzrostem, stąd wysoka termolabilność witaminy C. Roztwory kwasu askorbinowego odznaczają się najwyższą trwałością w zakresie pH 4–6 [2]. Również w warunkach beztlenowych kwas L-askorbinowy jest odporny na działanie wysokiej temperatury. Kwas askorbinowy w tych warunkach jest mniej trwały, co tłumaczy straty witaminy C podczas ogrzewania [9]. Powstający w procesie utleniania kwas dehydroaskorbinowy z czasem ulega nieodwracalnej hydrolizie do kwasu 2,3-dioskso-L-gulonowego, który nie posiada już żadnej aktywności witaminowej. Podczas tej hydrolizy następuje rozerwanie pierścienia γ -laktonowego. Przemiana ta czyni kwas 2,3-dioskso-L-gulonowy podatnym na dalsze utlenianie, aż do powstania kwasu szczawiovowego i L-treonowego (ryc. 3).

ROLA BIOLOGICZNA ORAZ WCHŁANIANIE WITAMINY C W ORGANIZMIE

Witamina C jest bardzo aktywna biologicznie. Bierze udział w wielu niezwykle ważnych reakcjach i przemianach, stymulując różne procesy biochemiczne w organizmie [2]. Dzięki dobrej rozpuszczalności witaminy C oraz aktywnego transportu jest ona wchłaniana w organizmie w ok. 70–80% (z dawki 180 mg u osób niepalących) [5, 10]. Główne narządy, w których odbywa się proces wchłaniania, to dwunastnica i proksymalny odcinek jelita cienkiego [3, 10]. Sprawność tego procesu w dużej mierze jest zależna od stanu organizmu. Mogą upośledzać go wymioty, brak łaknienia, zaburzenia trawienia oraz wchłaniania, zaburzenia czynności jelit, palenie papierosów i stosowanie niektórych leków (np. aspiryny) [3, 5]. Zapasy witaminy C w organizmie są niewielkie, przeciętnie wynoszą ok. 20 mg/kg masy ciała [7]. Największe jej ilości znajdują się w organach odznaczających się wysoką aktywnością metaboliczną: nadnerczach, mózgu, wątrobie, gruczołach śluzowych, trzustce oraz płucach. Glutation oraz pozostałe związki

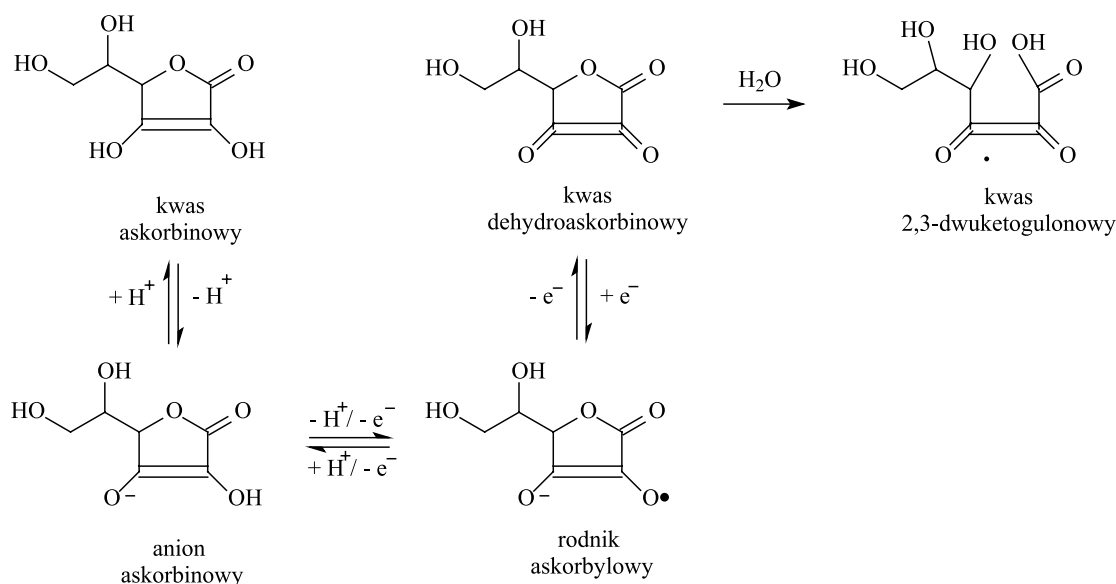
z grupami tiolowymi chronią witaminę C przed utlenieniem. Wysokie ilości tej witaminy pobierają płytki krwi i limfocyty [5].

WITAMINA C JAKO ANTYOKSYDANT I DONOR ELEKTRONÓW

Unikalna struktura kwasu askorbinowego, który zawiera dwie sąsiadujące grupy, hydroksylową i karbonylową, czyni tę cząsteczkę doskonałym donorem wodoru lub elektronów [11]. Kwas askorbinowy może być dawcą dwóch elektronów, w związku z tym bierze udział jako kofaktor w wielu reakcjach enzymatycznych zachodzących w organizmie [12]. Kwas L-askorbinowy ulega utlenieniu i przekształca się w anion askorbylowy, który oddając jeden elektron, staje się rodnikiem askorbylowym. To cząsteczka, która jest stosunkowo stabilna i trwała w wyniku delokalizacji elektronów. Anion askorbylowy może kontynuować przekazywanie elektronu, prowadząc do przekształcenia się w rodnik askorbylowy, a ten w kwas dehydroaskorbinowy [11, 12]. Anion askorbinowy może też zostać z powrotem zredukowany do kwasu askorbinowego poprzez mechanizmy NADPH-zależne i niezależne. Kwas dehydroaskorbinowy może być przekształcony z powrotem do kwasu askorbinowego lub ulec hydrolizie do nieaktywnego kwasu 2,3-diwuketogulonowego, który ulega dalszemu rozkładowi do kwasu szczawiovowego [11, 12]. Przedstawione na rycinie 4 związki posiadają zdolność do unieszkodliwiania reaktywnych form tlenu [12].

Rodnik kwasu askorbinowego może służyć jako donor elektronów, przyspieszając reakcję redox w obecności metali przejściowych, takich jak żelazo lub miedź [2].

Witamina C jest najbardziej znanym antyoksydantem. Dzięki właściwościom przeciwutleniającym witamina ta pełni ochronną rolę w chorobach serca i naczyń krwionośnych. *Zhang i wsp.* [13] w badaniach przeprowadzonym na osobach palących papierosy dowiedli, że kwas askorbinowy wraz z innymi przeciwutleniaczami (m.in. witaminą E) hamują podwyższone markery peroksydacji lipidów wywołane paleniem tytoniu u osób palących. Potwierdzono, że antyoksydanty, w tym witamina C, pełnią ochronną rolę w chorobie wieńcowej serca i chorob sercowo-naczyniowych. Dzięki zdolnościom antyoksydacyjnym kwas askorbinowy chroni komórki organizmu przed stresem oksydacyjnym [13].



RYCINA 4. Przemiany kwasu askorbinowego [12]

PROTEKCYJNE DZIAŁANIE WITAMINY C W ZACHOROWANIU NA NOWOTWORY

Reaktywne formy tlenu w warunkach homeostazy pełnią bardzo ważną rolę w różnorodnych procesach biologicznych. W momencie nagromadzenia się ich pod wpływem działania czynników, zarówno wewnętrznych (powstające w metabolizmie komórki), jak i zewnętrznych (palenie papierosów, stres), zostaje zaburzona równowaga oksydoredukcyjna. W takim przypadku reaktywne formy tlenu wywierają negatywny wpływ na każdą komórkę organizmu, wywołując zmiany m.in. w DNA (błędy podczas replikacji, jak mutacje punktowe i delecje), czy inicjując procesy kancerogenezy [11]. Dzięki silnym zdolnościom antyoksydacyjnym witamina C „wymiatą” wolne rodniki, zmniejszając ilość uszkodzeń na poziomie DNA, ale również uszkodzeń białek i lipidów, obniżając tym samym ryzyko rozwoju nowotworów, zwłaszcza żołądka i przełyku [12]. Kwas askorbinowy podawany doustnie, podobnie jak witaminy A i E oraz selen, wykazuje działanie kardioprotekcyjne wskutek ograniczania peroksydacji lipidów [14]. Chroni także przed tworzeniem się mutagennych N-nitrozozwiązków poprzez blokowanie przemiany azotanów do rakotwórczych nitrozoamin [15]. W żołądku azotany przy udziale bakterii m.in. *Helicobacter pylori* przekształcają się w azotyny, a te z kolei podczas reakcji nitrozowania w nitrozoaminy. Kwas askorbinowy hamuje działanie zarówno bakterii w żołądku, jak i reakcję nitrozowania. Redukuje groźne azotyny do tlenu azotu [15]. Witamina ta jest również ważna dla prawidłowego funkcjonowania układu odpornościowego, gdyż uczestniczy w procesach immunomodulacyjnych oraz stymuluje syntezę interferonu. Ponadto zwiększa (*in vivo*) odporność poprzez aktywność komórek NK (*natural killer*), a także aktywność limfocytów B i T, które oprócz zwalczania patogenów eliminują również komórki nowotworowe [15]. Kwas askorbinowy wpływa także na migrację i aktywność granulocytów,

makrofagów i monocytów oraz tworzenie się niektórych klas immunoglobulin [10].

BIOSYNTeza KOLAGENU

Biosynteza kolagenu jest jedną z najważniejszych funkcji biologicznych witaminy C w organizmie. Według różnych źródeł kolagen stanowi 25–40% ogólnej ilości białka w organizmie zwierzęcym [2]. Jest to białko występujące w skórze, zębach, kościach, tkance łącznej, chrząstce i rogówce oka. Rola, jaką pełni kwas askorbinowy w biosyntezie kolagenu, polega na jego uczestnictwie w hydroksylacji reszt proliny, a także lizyny do hydroksyproliny oraz hydroksylizyny. Dostarcza elektrony enzymom uczestniczącym w hydroksylacji [10], co skutkuje przekształceniem prokolagenu we właściwy kolagen [2, 16].

POZOSTAŁE WAŻNE FUNKCJE BIOLOGICZNE WITAMINY C

Witamina C jest wysoce aktywną biologicznie cząsteczką i poza wymieniowanymi pełni w organizmie wiele dodatkowych funkcji:

- bierze udział w syntezie hormonów i transmitterów [7] – jednym z takich hormonów jest noradrenalina, do której syntezy konieczny jest kwas askorbinowy jako dawca elektronów [2],
- współdziała z hydroksylazami uczestniczącymi w przemianach steroidów, tłuszczów (np. cholesterolu do kwasów żółciowych) i niektórych leków (np. leków będących związkami aromatycznymi) [2],
- zwiększa przyswajanie żelaza niehemowego oraz wapnia – kwas askorbinowy redukuje żelazo(III) do żelaza(II) w jednoelektrodowej reakcji, samemu przekształcając się w kwas monodehydroaskorbinowy [2], co z kolei ma istotne

znaczenie, ponieważ żelazo jest absorbowane w dwunastnicy w postaci zredukowanej Fe(II) [16],

- jest niezbędna w przebiegu prawidłowej oksydatywnej degradacji tyrozyny [2],
- regeneruje tokoferol z jego postaci wolnorodnikowej [7],
- bierze udział w biosyntezie karnityny (kwasu 4-N-trimetylo-3-hydroksymasłowego) [2],
- bierze udział w odbudowie tkanek podczas gojenia się ran [17],
- reguluje ciśnienie tętnicze [17],
- pomaga w utrzymaniu zdrowych dziąseł [17],
- obniża stężenie glukozy we krwi w stanach hiperglikemii [17] oraz obniża poziomu cukru we krwi na czczo u chorych na cukrzycę [18].

ZAWARTOŚĆ WITAMINY C W NAPARACH

Kwas askorbinowy jest bardzo dobrze rozpuszczalny w wodzie, dzięki czemu podczas parzenia surowców roślinnych, które są jego źródłem, może przechodzić do naparów. Witamina C jest jednocześnie nietrwała i ulega rozkładowi już podczas zbierania surowca roślinnego. Jest wrażliwa na światło, ciepło i wysoką temperaturę, co sprawia, że podczas parzenia jej część ulega rozkładowi. Badania wykazują, że zawartość witaminy C w naparach jest uzależniona od różnych czynników, m.in. krotności zaparzania surowca, czasu i temperatury parzenia oraz fazy rozwojowej surowca roślinnego wykorzystanego do przygotowania naparu. *Dmowski i wsp.* [19] badali wybrane napary Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) pod kątem zawartości witaminy C. Przygotowanie naparów polegało na zalaniu 3 g surowca wodą o temperaturze 85°C. Po upływie 3 min napar przesączano, a pozostałą część Yerba mate ponownie zalewano wodą i zaparzano. Proces ten został powtórzony 3-krotnie dla każdej próbki. Wykazano znaczący wpływ krotności parzenia na zawartość witaminy C. Poszczególne napary różniły się znacznie ilością witaminy C, która mieściła się w przedziale 8–19 mg kwasu askorbinowego/100 mL naparu.

Z kolei *Yuan i wsp.* [20] badali zawartość witaminy C w chińskiej herbacie Hawk (*Litsea coreana* var. *lanuginose*). Jest to jedna z najbardziej popularnych herbat ziołowych w południowo-zachodniej części Chin, którą wytwarza się z pąków lub liści *Litsea coreana* var. *lanuginose* [20]. Ze względu na różne pory zbiorów herbatę Hawk można podzielić na trzy rodzaje: herbatę z paczków, z młodych liści i herbatę z dojrzałych liści [20]. Udowodniono, że zawartość witaminy C w surowcu, a następnie w przygotowywanych z niego naparach zależy od fazy rozwojowej rośliny. Najwyższą zawartością witaminy C charakteryzowała się herbata z paczków (21,67 mg/100 mL naparu). Herbata z młodych liści zawierała jej nieco mniej (19,87 mg/100 mL naparu), natomiast z liści dojrzałych była ubogim źródłem tej witaminy (3,15 mg/100 mL naparu) [20]. Z kolei badania prowadzone z wykorzystaniem liści pokrzywy zwyczajnej wykazały, że zawierają one ok. 30–36 mg% kwasu askorbinowego, podczas gdy do naparu przechodzi on w ilości zaledwie 0,030–0,033 mg% [21].

KWAS ASKORBINOWY JAKO DODATEK DO ŻYWNOŚCI

Ze względu na swoje właściwości redukujące i przeciwutleniające kwas askorbinowy jest stosowany powszechnie jako dodatek do żywności. Przeciwutleniacze w żywności są substancjami, które przedłużają trwałość środków spożywczych poprzez hamowanie reakcji utleniania. Zapobiegają niekorzystnym zmianom chemicznym, m.in. w takich grupach żywności jak tłuszcze, owoce i warzywa oraz ich przetwory [7]. Kwas askorbinowy jako dodatek do żywności produkowany jest syntetycznie. Jako antyoksydant posiada silne działanie chroniące produkt spożywczy przed przebarwieniami, zarówno nieenzymatycznymi, jak i wynikającymi z reakcji enzymatycznego brunatnienia. W tym drugim procesie redukuje *orto*-chinowe produkty [9]. Posiada również działanie zakwaszające lub konserwujące produkty spożywcze [22]. Ponadto hamuje skutecznie tworzenie się trujących nitrozoamin w peklowanych mięsach, jak i stabilizuje kolor mięsa [9]. Kwas askorbinowy jako jeden z dodatków do żywności posiada symbol E 300. Jako przeciwutleniacze stosuje się również jego sole lub estry (tab. 2). Uważa się, że kwas askorbinowy oraz jego sole i estry dodane do żywności są substancjami prozdrowotnymi, ponieważ ich działanie na organizm jest identyczne jak naturalnej witaminy C [22].

TABELA 2. Wykaz dozwolonych przeciwutleniaczy pochodnych witaminy C [22]

Numer wg systemu oznaczeń Unii Europejskiej	Nazwa
E 300	kwas askorbinowy
E 301	askorbinian sodu
E 302	askorbinian wapnia
E 304	estry kwasów tłuszczowych i kwasu askorbinowego

WYSTĘPOWANIE WITAMINY C W ŻYWNOŚCI

Witamina C występuje głównie w produktach roślinnych: owocach, warzywach i ziołach. Jej zawartość w naturalnych produktach jest jednak zmienna, zależy od gatunku, odmiany, pory roku, warunków agrometeorologicznych, sposobu przechowywania i przygotowania potraw. Dowiedziono, że zawartość witaminy C może się różnić w regionalnych odmianach roślin w zależności od kraju pochodzenia. Przykładem mogą być banany, które w Pakistanie są uznawane za bogate w kwas askorbinowy, zaś w Stanach Zjednoczonych uchodzą za ubogie źródło tej witaminy [23]. W związku z tym tabelaryczne zestawienia zawartości witaminy C w surowcach roślinnych według różnych autorów mogą się nawet znacznie różnić. W tabeli 3 przedstawiono przykładowe średnie zawartości witaminy C w warzywach i owocach.

Wśród innych surowców roślinnych charakteryzujących się dużą zawartością witaminy C na szczególną uwagę zasługują: rokitnik (do 900 mg witaminy C/100 g świeżej masy

TABELA 3. Zawartość witaminy C warzywach i owocach [1, 7]

Surowiec	Zawartość witaminy C (mg/100 g świeżej masy produktu)
Warzywa	
papryka	125–200
pietruszką – nać	269
brukselka	65–145
kalarepa	70–100
brokuły	65–150
kapusta	35–70
kalafior	37–70
szpinak	40–84
cykoria	6–33
fasolka szparagowa	25–30
rzodkiewka	25
sałata	12–30
pomidory	5–33
marchew	2
buraki	8
ziemniaki wiosenne	20–33
ziemniaki zimowe	7–8
Owoce	
owoce dzikiej róży	250–800
czarne porzeczki	150–300
truskawki	46–90
kiwi	84
grejfruty	30–70
cytryny	40–60
pomarańcze	30–50
porzeczki czerwone i białe	26–63
agrest	25–40
maliny	19–37
jabłka	0,5–20
gruszki	4
śliwki	5
banany	7–14
orzechy włoskie	3

TABELA 4. Zawartość witaminy C w mięsie, nabiale i innych produktach [1, 2]

Surowiec	Zawartość witaminy C (mg/100 g produktu)
Mięso i przetwory mięsne	
mięso (wołowe lub wieprzowe)	2
nerki, wątroba	30
wątróbki drobiowe	23
ryby	3
Nabiał	
mleko krowie	3–6
mleko kozie	1–2
kefir, jogurt (2% tłuszczu)	1
Inne produkty	
igłowie sosny i świerka	150–250
lucerna	200
owoce głogu	160–180
owoce jarzębiny	100
orzechy włoskie niedojrzałe	3000

produktu), ziele pokrzywy (do 600 mg), cytryniec chiński (do 580 mg), liście lebidki pospolitej (do 565 mg) oraz szczypiorek (do 524 mg) [4]. Witaminę C można znaleźć również w organach zwierząt: mózgu, nerkach i wątrobie. W mleku i mięsie znajdują się jej śladowe ilości lub jej brak (tab. 4).

Źródłem kwasu askorbinowego mogą być również miody. *Buba i wsp.* [24] wykazali, że miody pochodzące

z północno-wschodniej Nigerii zawierają od niespełna 19 do ponad 25 mg witaminy C w 100 g miodu. W Polsce do głównych źródeł witaminy C zaliczane są ziemniaki oraz warzywa kapustne, przede wszystkim ze względu na powszechne i wysokie spożycie [7].

Procesy technologiczne z zastosowaniem wysokiej temperatury, np. suszenie konwekcyjne, odgrzewanie potraw, ale także zbyt szybkie rozmrażanie wpływają na przyspieszony rozkład witaminy C. Straty witaminy C podczas obróbki kulinarnej mogą sięgać od 20% podczas przygotowywania surowców, aż do 50% w przypadku gotowania warzyw [7]. Z powodu bardzo dobrej rozpuszczalności witaminy C w wodzie podczas gotowania surowców roślinnych następuje wymywanie i przechodzenie tej witaminy do wywaru. W związku z tym, aby zminimalizować straty witamin rozpuszczalnych w wodzie, m.in. witaminy C, zaleca się gotowanie warzyw na parze. Również długie przechowywanie warzyw i owoców oraz przetworów, zwłaszcza w nieodpowiednich warunkach, prowadzi do szybkiej utraty tej witaminy [25]. Niewłaściwe przechowywanie ziemniaków powoduje, że mogą one tracić do 15% witaminy C miesięcznie [7]. W celu zachowania jak największej ilości witaminy C w żywności zalecane jest jej utrwalanie poprzez mrożenie lub kiszenie [2]. Ważną rolę w przyspieszeniu utleniania witaminy C odgrywają również enzymy z grupy oksydaz (oksydaza polifenolowa i askorbinianowa oraz peroksydaza), które występują w niektórych surowcach roślinnych [7]. Wyraźnie uaktywniają się one w uszkodzonych tkankach roślinnych, więc w przetwarzanych surowcach (przeciery, pulpy) straty następują bardzo szybko [2].

ZAPOTRZEBOWANIE ORGANIZMU NA WITAMINĘ C, NIEDOBORY I TOKSYCZNOŚĆ KWASU ASKORBINOWEGO

Zapotrzebowanie na witaminę C jest zróżnicowane i zależne od wielu czynników, takich jak wiek, płeć i stan fizjologiczny. W tabeli 5 zestawiono zapotrzebowanie na witaminę C na poziomie średniego zapotrzebowanie dla grupy (*estimated average requirement* – EAR), zalecanego spożycia (*recommended dietary allowances* – RDA) i wystarczającego spożycia (*adequate intake* – AI) dla poszczególnych grup ludności populacji polskiej.

Zwiększone zapotrzebowanie na witaminę C występuje u osób z nadciśnieniem tętniczym, palących papierosy (o 40 mg większe zapotrzebowanie niż u osób niepalących), alkoholików, diabetyków, kobiet w ciąży i karmiących, a także u ludzi stosujących pewne leki i będących pod wpływem ciągłego stresu [7]. Wzrasta przy ciężkim, długotrwałym wysiłku fizycznym, podczas wymiotów, braku łaknienia oraz zaburzeń czynności jelit [17].

Ważniejsze objawy niedoboru kwasu askorbinowego to gnilec (szkorbut), występujący obecnie bardzo rzadko jako stan głębokiego niedoboru tej witaminy. Hipowitaminoza objawiać się może osłabieniem organizmu, zwiększoną podatnością na infekcje i zmęczenie, zmniejszeniem wydolności fizycznej,

TABELA 5. Normy zapotrzebowania grup ludności na witaminę C [17]

Grupa płeć, wiek (lata)	mg witaminy C/dobę		
	EAR	RDA	AI
Niemowlęta			
0–0,5			40
0,5–1			50
Dzieci			
1–3	30	40	
4–6	40	50	
7–9	40	50	
Chłopcy			
10–12	40	50	
13–15	65	75	
16–18	65	75	
Dziewczęta			
10–12	40	50	
13–15	55	65	
16–18	55	65	
Mężczyźni			
≥19	75	90	
Kobiety			
≥19	60	75	
Kobiety ciężarne			
<19	65	80	
≥19	70	85	
Kobiety karmiące			
<19	95	115	
≥19	100	120	

EAR – średnie zapotrzebowanie dla grupy, RDA – zalecane spożycie, AI – wystarczające spożycie

pogorszeniem gojenia się ran, krwawieniem dziąseł, zaburzeniami w tworzeniu kolagenu oraz upośledzeniem wszystkich innych procesów, w których witamina C jest niezbędna i bierze udział. Dodatkowo długotrwałe niedobory witaminy C potęgować mogą powstawanie zmian aterogennych, nowotworowych oraz miażdżycowych, a także podwyższać ciśnienie tętnicze krwi [3, 7]. Osoby starsze, w podeszłym wieku, alkoholicy, ludzie palący papierosy oraz zażywający niektóre leki (np. aspirynę, sulfonamidy, barbiturany) należą do grupy narażonej na niedobory witaminy C [3, 7].

Toksyczność kwasu askorbinowego nie jest znana [26], jednak bardzo wysokie dawki (powyżej kilku gramów) u osób chorych na anemię sierpowatą mogą wywołać ostry kryzys komórek sierpowatych. Tak wysokie dawki mogą również spowodować biegunkę hiperosmotyczną [21]. Organizm broni się przed zbyt wysokimi dawkami witaminy C poprzez ograniczenie jej wchłaniania i wydalanie nadmiaru z moczem. Jednakże bardzo wysokie dawki powodują zwiększanie wydalania kwasu moczowego i szczawianów, co może doprowadzić do powstawania kamieni nerkowych [22].

Niniejsza praca nie wyczerpuje zagadnień związanych z kwasem askorbinowym, zwłaszcza jego znaczeniem dla zdrowia. Wyniki prac naukowych wskazują, że witamina C odgrywa niezwykle istotną rolę w przeciwdziałaniu oraz leczeniu wielu poważnych chorób, w tym również nowotworowych. Należy o tym pamiętać, uwzględniając bogate, tanie i łatwo dostępne źródła tej witaminy w codziennej diecie.

PIŚMIENNICTWO

1. *Szczypka M., Gajewska J.*: ABC witamin i minerałów. Egros, Warszawa 2000, 38–42.
2. *Moszczyński P., Pyć R.*: Biochemia witamin. Witaminy lipofilne i kwas askorbinowy. Część II. PWN, Warszawa 1999, 112–136.
3. *Kleszczewska E.*: Biologiczne znaczenie witaminy C ze szczególnym uwzględnieniem jej znaczenia w metabolizmie skóry. *Pol Merkuriusz Lek.* 2007, 138 (23), 462–465.
4. *Nowak R.*: Natura – niedoceniane źródło kwasu askorbinowego. *Post Fitoter.* 2004, 1, 14–18.
5. *Maćkowiak K., Torliński L.*: Współczesne poglądy na rolę witaminy C w fizjologii i patologii człowieka. *Now Lek.* 2007, 76 (4), 349–356.
6. *Chatterjee I.B., Majumder A.K., Nandi B.K., Subramanian N.*: Synthesis and some major functions of vitamin C in animals. *Annals of the New York Academy of Sciences, Second Conference on Vitamin C, September 1975,* 258, 24–47.
7. *Zywność człowieka. Podstawy nauki o żywieniu.* Ed. J. Gawęcki. PWN, Warszawa 2010, 271–276.
8. *Roth K., Streller S.*: Vitamin C Deficiency – Part 4. *Chemie in Unserer Zeit/Wiley-VCH* 2014, DOI: 10.1002/chemv.201400023.
9. *Chemia żywności odżywcze i zdrowotne właściwości składników żywności.* Ed. J. Gawęcki. Wyd. Nauk.-Tech., Warszawa 2007, 34–37.
10. *Miktus M.*: Witaminy część II: ogólna charakterystyka witaminy C. *Żywność i Zdrowie.* 2000, 3, 1 (12), 1–4.
11. *Farbstein D., Kozak-Blickstein A., Levy A. P.*: Antioxidant vitamins and their use in preventing cardiovascular disease. *Molecules.* 2010, 15 (11), 8098–8110.
12. *Grajek W.*: Rola przeciwutleniaczy w zmniejszaniu ryzyka wystąpienia nowotworów i chorób układu krążenia. *Żywn Nauka Technol Jakość.* 2004, 1 (38), 3–11.
13. *Zhang P. Y., Xu X., Li X. C.*: Cardiovascular diseases: oxidative damage and antioxidant protection. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2014, 18 (20), 3091–3096.
14. *Piasek A., Bartoszek A., Namieśnik J.*: Substancje pochodzenia roślinnego przeciwdziałające kardiotoxyczności towarzyszącej chemioterapii nowotworów. *Post Hig Med Dośw.* 2009, 63, 142–158.
15. *Szymańska-Pasternak J., Janicka A., Bober J.*: Witamina C jako oręż w walce z rakiem. *Onkol Prakt Klin.* 2014, 7 (1), 9–23.
16. *Sroka Z., Gamian A., Cisowski W.*: Niskocząsteczkowe związki przeciwutleniające pochodzenia naturalnego. *Post Hig Med Dośw.* 2005, 59, 34–41.
17. *Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja.* Ed. M. Jarosz. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa 2012, 106–107.
18. *Tabatabaei-Malazy O., Nikfar S., Laridžani B., Abdollahi M.*: Influence of ascorbic acid supplementation on type 2 diabetes mellitus in observational and randomized controlled trials; a systematic review with meta-analysis. *J Pharm Pharm Sci.* 2014, 17 (4), 554–582.
19. *Dmowski P., Śmiechowska M., Prystupa A.*: Aktywność antyoksydacyjna wybranych naparów *Ilex paraguariensis* dostępnych na rynku trójmiasta. *Bromat Chem Toksykol.* 2011, 3, 620–624.
20. *Yuan M., Jia X., Ding C., Yuan S., Zhang Z., Chen Y.*: Comparative studies on bioactive constituents in Hawk tea infusions with different maturity degree and their antioxidant activities. *Sci World J.* 2014, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/838165>.
21. *Skalozubova T., Reshetova V., Sorokina A., Markaryan A., Glazkova I.*: Leaves of common nettle (*Urtica dioica* L.) as a source of ascorbic acid (Vitamin C). *World Appl Sci J.* 2013, 28 (2), 250–253.
22. *Grimm H.U.*: Chemia w żywieniu. Jak działają dodatki do żywności i dlaczego nam szkodzą. *Vital, Białystok* 2014, 169–170.
23. *Peckenpaugh N.J.*: Podstawy żywienia i dietoterapia. *Wyd. Urban & Partner, Wrocław* 2011, 107–109.
24. *Buba F., Gidado A., Shugaba A.*: Analysis of biochemical composition of honey samples from North-East Nigeria. *Biochem Anal Biochem.* 2013, 2 (3), 139 doi: 10.4172/2161-1009.1000139.
25. *Burdurlu H.S., Koca N., Karadeniz F.*: Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *J Food Eng.* 2006, 74 (2), 211–216.
26. *Nemo O.*: Witaminy – prawda i mity. <http://www.biotechnologia.uni.opole.pl/biblioteka/docs/WITAMINY-PRAWDA-I-MITY.pdf> (04.07.2015).