

## **Znaczenie witaminy C dla organizmu człowieka** **The importance of Vitamin C for human organism**

Katarzyna Zawada

Warszawski Uniwersytet Medyczny, Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej,  
Zakład Chemii Fizycznej, ul. Banacha 1, 02-097 Warszawa, e-mail: katarzyna.zawada@wum.edu.pl

---

**Słowa kluczowe:** witamina C, suplementacja, bioaktywność

**Keywords:** vitamin C, supplementation, bioactivity

---

### **Streszczenie**

Celem tej pracy jest przedstawienie obecnego stanu wiedzy na temat witaminy C, jej właściwości i działania fizjologicznego. Witamina C, czyli grupa związków o biologicznej aktywności analogicznej do kwasu L(+)-askorbinowego, jest niezbędna do prawidłowego przebiegu wielu różnych procesów w ludzkim organizmie. Przyczynia się do prawidłowego działania układu krążenia, immunologicznego i nerwowego, jak również utrzymania prawidłowego stanu skóry i układu ruchu, jednak mechanizmy jej działania nie są dokładnie poznane ze względu na trudności ze znalezieniem odpowiednich układów modelowych. Jej głównym źródłem są pokarmy pochodzenia roślinnego. Zapotrzebowanie na witaminę C zależy od trybu życia, wieku i stanu zdrowia, a optymalna wysokość dziennej dawki wciąż nie została jednoznacznie ustalona. Istnieją przesłanki wskazujące na pozytywny wpływ suplementacji witaminą C w przypadku chorób związanych z zaburzeniami układu immunologicznego czy chorób układu krążenia, a także możliwości stosowania witaminy C w terapii wspomagającej leczenie nowotworów czy sepsy przy podawaniu drogą dożylną.

### **Summary**

The aim of this work is to present the current state of knowledge concerning Vitamin C, its properties and its physiological actions. Vitamin C, i.e. the group of compounds of biological activity analogical to this of L(+)-ascorbic acid, is vital for many different processes in the human body. It contributes to proper functioning of the circulatory, immune and nervous systems as well as to the maintaining of the proper condition of the skin and musculoskeletal system, but its exact mechanism of action is still unknown due to the difficulty of finding the appropriate model systems. The main sources of vitamin C are foods of plant origin. The dietary requirements for vitamin C depend on lifestyle, age and health, and the optimum daily dose has still not been unequivocally established. There are indications that there is a positive effect of vitamin C supplementation in case of diseases associated with disorders of the immune system or cardiovascular diseases, also that there is the possibility of the use of vitamin C as adjunctive treatment for cancer or sepsis when administered intravenously.

### Wstęp

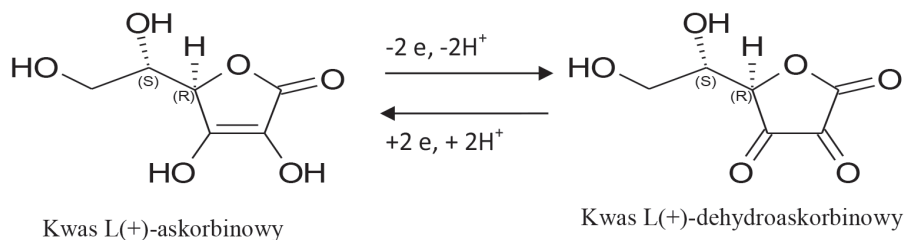
Witaminy są grupą organicznych związków chemicznych o zróżnicowanej budowie, niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania żywego organizmu. Ich wspólną charakterystyczną cechą jest to, że są związkami egzogennymi, czyli organizm ich nie syntezuje. W związku z tym witaminy muszą być dostarczane z pokarmem. Należy zwrócić uwagę, że dla różnych organizmów różne związki mogą pełnić rolę witamin. Co więcej, działanie witamin jest zwykle wielokierunkowe. Celem tej pracy jest przybliżenie obecnego stanu wiedzy dotyczącej właściwości i działania witaminy C w przypadku człowieka.

### Fizykochemiczne właściwości witaminy C

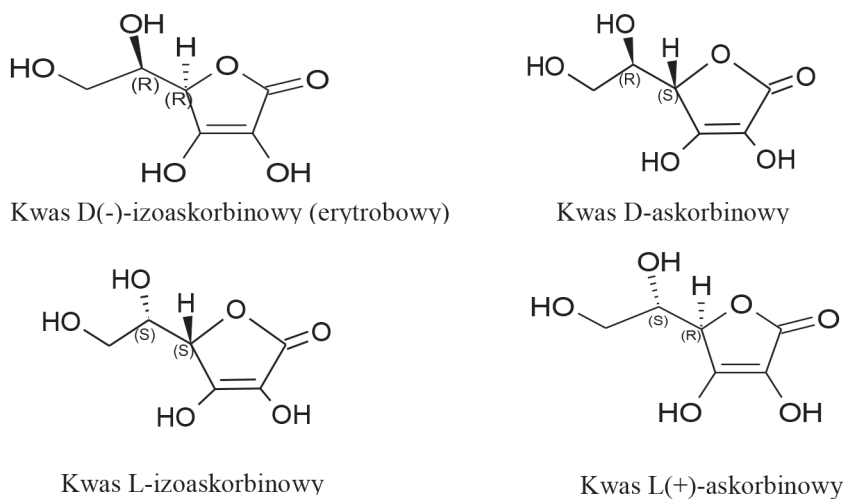
Witamina C to grupa związków o biologicznej aktywności analogicznej do aktywności kwasu L(+)-askorbinowego (nazwa IUPAC (2R)-2-[(1S)-1,2-dihydroksyetylo]-3,4-dihydroksy-2H-furan-5-on; Farmakopea Polska zaleca stosowanie nazwy „kwas askorbowy”). Należy do niej – oprócz tego związku – kwas L(+)-dehydroaskorbinowy (DHA), a często zaliczany jest do niej też askorbigen.

Kwas L(+)-dehydroaskorbinowy powstaje w wyniku odwracalnego dwuelektronowego utleniania kwasu L(+)-askorbinowego (Rys. 1), a askorbigen, nazywany niekiedy związaną postacią witaminy C, to indolowa pochodna kwasu L(+)-askorbinowego. Kwas L(+)-dehydroaskorbinowy obecny jest wszędzie tam, gdzie pojawia się kwas L(+)-askorbinowy, natomiast askorbigen znajdowano przede wszystkim w warzywach kapustowatych (rodzina *Brassica*).

Ze względu na istnienie w cząsteczce kwasu askorbinowego dwóch centrów chiralnych możliwe jest istnienie czterech stereoizomerów (Rys. 2). Witaminą C jest tylko jeden z nich, kwas L(+)-askorbinowy. Znak plus w nazwie oznacza, że odchyła on płaszczyznę polaryzacji światła w prawo (czyli można powiedzieć, że jest „prawoskrętny”), natomiast „L” oznacza, że chiralny atom węgla (o najwyższym numerze) ma konfigurację zgodną z konfiguracją aldehydu L-glicerynowego, czyli związek należy do szeregu „L”. Oba te parametry są od siebie niezależne. Drugi ze stereoizomerów, kwas D(-)-izoaskorbinowy, inaczej nazywany kwasem erytrobowym, nie jest witaminą, choć wykazuje niewielką aktywność biologiczną (około 5% aktywności kwasu L(+)-askorbinowego). Ze względu na swoje właściwości antyoksydacyjne, takie same jak kwasu L(+)-askorbinowego, bywa wykorzystywany jako przeciwutleniacz w niektórych produktach mięsnych i rybnych. Pozostałe stereoizomery, czyli kwas L-izoaskorbinowy i D-askorbinowy, nie mają żadnej aktywności biologicznej, nie są spotykane w naturze, nie używa się też ich nigdy w przemyśle spożywczym.



**Rysunek 1.** Odwracalne utlenianie kwasu L(+)-askorbinowego



**Rysunek 2.** Stereoizomery kwasu askorbinowego

W przypadku gdy nie jest określone, z jakim izomerem mamy do czynienia, może być to mniej więcej równa mieszanina obu enancjomerów. Taka mieszanina jest niekiedy stosowana jako przeciwutleniacz w produktach spożywczych. Natomiast zgodnie z wytycznymi Farmakopei Polskiej określenie „kwas askorbinowy” w przypadku leków dotyczy wyłącznie stereoizomeru o aktywności witaminy C [1].

Czysty kwas L(+)-askorbinowy ma postać białych kryształów dobrze rozpuszczalnych w wodzie. Jest słabym kwasem organicznym ( $pK_{a1} = 4,19$ ). Specyficzna rotacja optyczna kwasu L(+)-askorbinowego w roztworze wod-

nym to +20,5 do +24 stopni. Jest niestabilny w roztworach wodnych o odczynie zasadowym, łatwo utlenia się w sposób nieodwracalny pod wpływem podwyższonej temperatury i promieniowania UV, a także w obecności jonów takich metali jak żelazo, miedź czy srebro.

W organizmie człowieka kwas askorbinowy występuje w postaci zdysocjowanej – anionu askorbinianowego, dlatego formami witaminy C są również sole kwasu L(+)-askorbinowego, na przykład sól sodowa, potasowa czy wapniowa. W tabletkach kwas L(+)-askorbinowy zwykle stosowany jest w postaci soli, najczęściej sodu lub wapnia – są to formy dobrze przyswajalne i aktywne biologicznie. Do wlewów dożylnych witaminę C stosuje się prawie wyłącznie w postaci askorbinianu sodu. W kosmetykach często stosuje się palmitynian askorbylu, czyli estrową pochodną kwasu L(+)-askorbinowego, ze względu na jej zwiększoną stabilność i większą lipofilowość, jednak należy zwrócić uwagę, że aktywność biologiczna tego typu pochodnych witaminy C jest znacząco niższa niż kwasu L(+)-askorbinowego.

### Źródła witaminy C

Naturalne bogate roślinne źródła witaminy C można podzielić na dwie grupy: owoce i liście. Do pierwszej z nich należą na przykład: róża pomarszczona poddana hybrydyzacji (*Rosa hybrida*) zawierająca 2500–3500 mg witaminy C na 100 g owocu, jagoda camu-camu (*Myrciaria dubia*) (850–5000 mg/100g), acerola (*Malpighia glabra*) zawierająca do 1790 mg/100g (1,79%), dzika róża (*Rosa canina*) o zawartości 680–1200 mg witaminy C na 100 g owocu, rokitnik (*Hippophaë rhamnoides*) dostarczający 120–1100 mg przy zjedzeniu 100 g, czarna porzeczka (*Ribes nigrum* L.) zawierająca do 400 mg/100g, średnio 200 mg/100g. Dla porównania – pomarańcza, podawana często jako bogate źródło witaminy C, zawiera około 50–55 mg na 100 g owocu. Należy jednak brać pod uwagę również typową wielkość porcji, dlatego też cytrusy mogą być ważnym źródłem tej witaminy. Z tego samego względu ważnym źródłem witaminy C mogą być również dojrzewające na słońcu pomidory. Druga grupa to liście, a wśród nich ogonki liściowe rzewienia, czyli rabarbaru (*Rheum rhaponticum*) (380 mg/100g), natka pietruszki (*Petroselinum crispum*) (180 mg/100g, jedno z ważniejszych źródeł witaminy C w polskiej diecie), jarmuż (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica* L.) (120 mg/100g), szczypiorek (*Allium schoenoprasum*) (50–100 mg/100g), różne odmiany kapusty (50–95 mg/100g). Warto tu dodać, że w przypadku kapust biodostępność witaminy C rośnie w wyniku procesu kiszenia. Zawartość witaminy C w każ-

dym z powyższych owoców i warzyw może ulegać znacznym wahaniom, zależnie od warunków uprawy, pogodowych czy przechowywania [2]. Jest to związane między innymi z zawartością podstawowego substratu do biosyntezy kwasu L(+)-askorbinowego, czyli glukozy.

Ważnym źródłem, ze względu na ilość obecną w typowej polskiej diecie, są ziemniaki – choć zawierają tylko 15–30 mg witaminy C w 100 g. Należy też pamiętać, że przetwarzanie żywności jest związane ze stratami witaminy C – na przykład suszenie powoduje ubytek do 80%, gotowanie do 50%, a gotowanie z odsączaniem do 75% pierwotnej ilości [3]. Również przechowywanie świeżych owoców i warzyw związane jest z degradacją witaminy C, za co odpowiedzialna jest oksydaza askorbinowa [4].

W niektórych roślinach, oprócz podstawowej formy witaminy C, można spotkać też takie jej pochodne jak kwas 6-O-glukozylo-l-askorbowy obecny w cukinii (*Cucurbita pepo*) lub kwas 2-O-glukozylo-l-askorbowy (w owocach *Lycium barbarum*, czyli kolcowoja szkarłatnego, bardziej znanego pod nazwą „jagody Goji”).

Ze względu na to, że większość zwierząt jest w stanie syntetyzować kwas L(+)-askorbinowy z glukozy (nie jest on zatem dla nich witaminą), potencjalnym źródłem witaminy C może być również świeże surowe lub tylko nieznacznie przetworzone mięso, szczególnie podroby [5]. Należy jednak pamiętać, że mięso wyższych naczelnych, kawi domowej, niektórych gatunków nietoperzy i niektórych ryb, które podobnie jak człowiek zatraciły zdolność syntezy tego związku, nie zawiera wystarczających ilości witaminy C, aby mogło być traktowane jako jej źródło.

Kwas askorbinowy wykorzystywany do produkcji tabletek jest przeważnie produkowany metodą biotechnologiczną, będącą modyfikacją metody Reichsteina i Grussnera. Ponieważ do ostatniego etapu syntezy wykorzystywane są mikroorganizmy, otrzymywany w ten sposób związek to kwas L(+)-askorbinowy [6].

### **Zapotrzebowanie na witaminę C**

Całkowita zawartość witaminy C w organizmie ludzkim mieści się w zakresie od około 300 mg, co jest już stanem niedoboru, na granicy występowania objawów szkorbutu, do około 2–3 g [7]. Gromadzi się ona głównie w wątrobie, mózgu, nadnerczach, trzustce, grasicy i soczewce oka, jednak ze względu na trudność analizy jej stężenia w organach pod uwagę bierze się stężenie witaminy C we krwi. Uważa się, że stężenie we krwi optymal-

## Znaczenie witaminy C dla organizmu człowieka

nie powinno wynosić około 70–85  $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$  [8], przy czym zależy ono od diety, pory roku czy stanu zdrowia. Wartości w zakresie 11–23  $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$  to niewielki niedobór, a poniżej 11  $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$  ( $\sim 1.8 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ) – niedobór. Należy jednak pamiętać, że ze względu na specyficzne właściwości redoks kwasu L(+)-askorbinowego oznaczony poziom witaminy C silnie zależy od sposobu przygotowania próbki, na przykład od tego, jakie antykoagulanty zastosowano przy pobieraniu krwi, a także od warunków przechowywania i metody analizy. Utrudnia to porównywanie wyników różnych badań [9].

Dzienne zapotrzebowanie na witaminę C, związane z koniecznością uzupełnienia ogólnej puli tej witaminy w organizmie, określane jest w przeliczeniu na sumę kwasu L(+)-askorbinowego i L(+)-dehydroaskorbinowego (DHA) (obie formy obecne są w ludzkiej diecie i mają taką samą aktywność biologiczną). DHA jest przetwarzany w kwas askorbinowy w miarę zapotrzebowania organizmu [10, 11], jednak w warunkach stresu oksydacyjnego, jak na przykład w przypadku zapalenia błony śluzowej żołądka, szybkość utleniania kwasu askorbinowego może być znacznie większa od szybkości jego regeneracji [12].

Dawki zalecane w celu uniknięcia niedoboru witaminy C przez Instytut Żywności i Żywienia [13] przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Dienne zalecane dawki witaminy C według Instytutu Żywności i Żywienia [13] (RDA) [mg]  
**Table 1.** Recommended daily allowance (RDA) of Vitamin C according to Food and Nutrition Institute (Poland) [mg]

Grupa	RDA [mg/dzień]
Dzieci	40–50
Młodzież	50–75 (chłopcy)/50–65 (dziewczynki)
Kobiety (ciąża/karm.)	75* (85/120)
Mężczyźni	90*
Palacze	+20%

\*Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 06.02.2014, RDA dla osób dorosłych to 80 mg/dzień

Powszechna jest jednak opinia, że dawki zgodne z zaleceniami Instytutu Żywności i Żywienia stanowią tylko niezbędne minimum, a dawka optymalna jest znacznie wyższa. W związku z tym proponowane są również inne zalecenia. Jednym z nich jest dzienna dawka 200 mg, co oparte jest na obserwacji, że polecana jako wyjątkowo korzystna dla zdrowia dieta śródziemnomorska dostarcza 200–500 mg witaminy C dziennie, a 5 porcji wa-

rzyw i owoców dziennie, zalecanych w ramach kampanii „5 A Day”, dostarcza średnio 200–250 mg witaminy C dziennie. Istnieją również zalecenia stosowania znacznie większych dawek, nawet do kilku gramów dziennie, brak jest jednak wystarczających danych naukowych do ich oceny.

W przypadku zalecania wysokich dawek (powyżej 500 mg dziennie) należy wziąć pod uwagę ograniczenia w możliwości poboru witaminy C przez organizm. Kwas L(+)-askorbinowy wchłaniany jest przede wszystkim za pośrednictwem wyspecjalizowanego nośnika, drogą transportu aktywnego. Nośnik ten znajduje się w dwunastnicy i jelicie cienkim, a jego aktywność zmniejsza się w obecności glukozy [14]. Natomiast DHA wchłaniany jest na zasadzie dyfuzji wspomagananej i może być przyswajany w większej ilości [14]. Witamina C jest wchłaniana również w żołądku na zasadzie transportu biernego, jednak w znacznie mniejszym stopniu. Nadmiar witaminy C jest resorbowany przez nerki i wydalany z moczem.

Przy dziennej dawce (podawanej doustnie) między 180 a 200 mg u zdrowych osób utrzymuje się stałe stężenie kwasu askorbinowego w osoczu, na poziomie około 70  $\mu\text{M}$ , a przy przyjmowaniu dziennie 400–500 mg następuje nasylenie krwi tym związkami, do stężenia około 80–90  $\mu\text{M}$ . U osób przyjmujących długotrwale zwiększone dawki witaminy C możliwe jest jednak niekiedy osiągnięcie jej wyższego poziomu we krwi [8].

Doustne dawki większe niż 1 g powodują spadek wydajności absorpcji od około 70–90% dawki poniżej 200 mg do 40% przy dawce 3 g i 16% przy dawce 12 g [15, 16]. Dodatkowo, jednorazowe dawki powyżej 2 g przy podaniu doustnym mogą działać przeczyszczająco. Zwiększenie wchłaniania przy podaniu doustnym możliwe jest przy zastosowaniu liposomalnej postaci kwasu L(+)-askorbinowego [17]. Uzyskanie znacznie wyższych stężeń o potencjalnym działaniu farmakologicznym w schorzeniach typu reumatoidalnych lub nowotworowych, rzędu milimolowych, jest jednak możliwe tylko w przypadku dożylnego podawania witaminy C [15, 18].

Badania budżetów i diet typowych rodzin w Polsce pokazały, że spożycie witaminy C wynosi średnio 25–37 mg dziennie, czyli zaledwie 40–60% zalecanej dziennej dawki (RDA) [19]. Ryzyko niedoboru witaminy C jest większe w przypadku osób w podeszłym wieku, osób żyjących samotnie i żywiących się poza domem, alkoholików, palaczy tytoniu, osób doznających przewlekłego stresu oraz osób intensywnie uprawiających sporty, jednak lekkie niedobory witaminy C występują również w innych grupach. Przy stosowaniu suplementacji, szczególnie dużymi dawkami witaminy C (powyżej 1000 mg dziennie), należy jednak pamiętać o istniejących w niektórych przypadkach



przeciwskazaniach, takich jak skłonność do nadmiernego magazynowania żelaza w organizmie, dieta niskosodowa, wiek poniżej 12 lat, ciąża i karmienie, a także niewydolność nerek i terapia antykoagulantami.

### **Funkcje witaminy C w organizmie**

Witamina C jest niezbędna w syntezie kolagenu. Jej niedobór powoduje w związku z tym nieprawidłowości w funkcjonowaniu naczyń krwionośnych (zasinienia, wybroczyny), osłabienie chrząstki stawowej, dziąseł, skóry i zębów. Przy znacznych niedoborach nieprawidłowości związane z syntezą kolagenu są na tyle duże, że pojawiają się oznaki szkorbutu. Odpowiedni poziom witaminy C jest wymagany do prawidłowej absorpcji żelaza, szczególnie tego pochodzenia roślinnego (niehemowego), do właściwego przebiegu procesów krzepnięcia krwi, jak również do prawidłowej przemiany mineralnej w układzie kostnym. Bierze ona też udział w syntezie lipidów skóry, przyczyniając się w ten sposób do prawidłowego funkcjonowania tego organu, a także karbony, warunkującej prawidłowe działanie mięśni. Ma związek z prawidłowym działaniem systemu nerwowego przez udział w syntezie noradrenaliny, neuropeptydów i serotoniny. Jest niezbędna do prawidłowego działania układu immunologicznego, szczególnie w trakcie i po intensywnych ćwiczeniach fizycznych (przy dawce powyżej 200 mg dziennie) [20, 21].

Jedną z najbardziej znanych funkcji witaminy C jest jej działanie antyoksydacyjne, czyli ochrona komórek przed stresem oksydacyjnym. Uczestniczy ona również w metabolizmie energetycznym komórki [22].

Dokładny mechanizm działania witaminy C w organizmie człowieka wciąż jest przedmiotem licznych badań. Przyczyną są tu liczne problemy spotykane przy projektowaniu i prowadzeniu badań dotyczących mechanizmu biologicznej aktywności witaminy C, w tym olbrzymie trudności ze znalezieniem w pełni wiarygodnego modelu, na którym takie badania można by prowadzić [9]. Najczęściej stosowane modele to modele komórkowe (badania z wykorzystaniem hodowli komórkowych) i modele zwierzęce. Jednak badania z wykorzystaniem hodowli komórkowych są utrudnione ze względu na obecność znacznie większego niż w przypadku tkanek w żywym organizmie stężenia tlenu, co wpływa na szybkie wyczerpywanie zasobów kwasu askorbinowego w hodowli komórkowej. W warunkach fizjologicznych takie zjawisko pojawia się tylko w przypadku bardzo ostrych niedoborów witaminy C. Natomiast w przypadku modeli zwierzęcych dużym utrudnieniem jest to, że organizmy większości zwierząt są w stanie



kwasy L(+)-askorbinowe syntetyzować, w znacznych ilościach, ze związków pobieranych w pożywieniu. Dodatkowo, brak zdolności syntezy kwasu askorbinowego wiąże się z wytworzeniem mechanizmów kompensujących, takich jak istnienie specyficznych procesów transportu czy regeneracji tego związku. Mechanizmy takie nie występują u zwierząt mających zdolność syntezy, nawet jeśli została ona zablokowana przez modyfikacje genetyczne. A nawet w przypadku zwierząt, które również nie wytwarzają same kwasu L(+)-askorbinowego, mechanizmy kompensujące mogą być różne od tych działających w organizmie człowieka [9].

### **Witamina C w profilaktyce i terapii**

Najbardziej znanym tradycyjnym zastosowaniem witaminy C jest profilaktyka i leczenie przeziębienia. Przeprowadzone badania nie potwierdzają jednak tego działania – metaanaliza badań klinicznych [23] dotyczących stałej suplementacji witaminą C przez okres od dwóch tygodni do pięciu lat wykazała, że regularna suplementacja nie wpływa na częstość zachorowań, ale może w umiarkowanym stopniu skracać i łagodzić przebieg przeziębienia, przynajmniej w sytuacji intensywnego wysiłku fizycznego. Efekt ten był silniejszy u dzieci niż u dorosłych. W badaniach tych stosowano dawki od 200 mg dziennie i wszystkie brane pod uwagę w metaanalizie badania uwzględniały efekt placebo, a większość z nich to badania randomizowane, podwójnie zaślepione. Natomiast badania kliniczne dotyczące podawania bardzo dużych dawek (od 1 g do 8 g dziennie) w celach terapeutycznych, czyli po wystąpieniu pierwszych objawów przeziębienia, w większości nie wykazywały leczniczego działania witaminy C [23]. Jedynie pierwsze z tych badań, w którym podawano dawki 4 g i 8 g pierwszego dnia przeziębienia, wykazało niewielkie, ale znaczące statystycznie skrócenie czasu trwania przeziębienia [24]. Brak jest badań dotyczących bardzo dużych dawek rzędu 10–20 g dziennie, nie ma też danych dotyczących terapeutycznego zastosowania witaminy C w przypadku przeziębień u dzieci.

Zaobserwowano wpływ kwasu L(+)-askorbinowego na parametry stanu zapalnego w przypadku schorzeń związanych z nadmiernym pobudzeniem układu immunologicznego. Według Mikirovej i wsp. [25] dożylnie podawanie witaminy C obniża poziom markerów stanu zapalnego we krwi chorych na reumatoidalne zapalenie stawów. Według Kodamy i wsp. [26] terapia taka umożliwia zmniejszenie dawki leków przeciwzapalnych w przypadku chorób reumatycznych, a także działa antyhistaminowo (hamuje syntezę

histaminy i wpływa na jej nieenzymatyczny rozkład), zmniejszając w ten sposób nasilenie reakcji alergicznej. Działanie antyhistaminowe potwierdzili Hagel i wsp. [27]. Stwierdzano też pozytywny wpływ witaminy C na funkcje układu oddechowego przy narażeniu na alergeny, choć nie we wszystkich badaniach [28].

Postulowano również przeciwnowotworowe działanie kwasu L(+)-askorbinowego. Nie potwierdzono takiego efektu przy podawaniu doustnym [29], natomiast opisano przypadki poprawy stanu pacjentów z chorobami nowotworowymi przy podawaniu dużych dawek dożylnie (jako uzupełnienia chemioterapii) [30, 31, 32]. Brakuje jednak najbardziej wiarygodnych randomizowanych badań klinicznych z grupą kontrolną dotyczących podawania witaminy C jako terapii wspomagającej. Takie badanie przeprowadzono z udziałem pacjentek z rakiem jajników w stadium III i IV [33]. Podawanie witaminy C drogą dożylną zmniejszało skutki uboczne chemioterapii. Natomiast w latach 2006–2013 przeprowadzono badanie kliniczne dotyczące dożylnego podawania dużych dawek witaminy C pacjentom z guzami litymi (faza I), wyniki tego badania nie zostały jednak jeszcze opublikowane [34].

Metaanaliza badań z udziałem małych grup pacjentów dotyczących wpływu witaminy C na ciśnienie krwi wykazała, że przy średniej dawce dziennej 500 mg krótkoterminowo obniżała ona ciśnienie krwi u osób z nadciśnieniem [35].

Wśród potencjalnych zastosowań medycznych kwasu askorbinowego podawanego dożylnie jest również wspomaganie leczenia stanu septycznego. Wyniki wstępnej fazy badań klinicznych (badanie bezpieczeństwa) wskazują na zmniejszenie częstości zaburzeń pracy narządów powodowanych sepsą u pacjentów, którym podawano dożylnie duże dawki witaminy C, przy braku niepożądanych skutków ubocznych [36]. Jest to prawdopodobnie związane z uzupełnianiem obniżonej przy sepsie zawartości witaminy C w organizmie.

U pacjentów po udarze niedokrwiennym podawanie kwasu askorbinowego w dawce 200 mg dziennie w połączeniu z kwasem acetylosalicylowym przez 3 miesiące obniżyło poziom stresu oksydacyjnego mierzonego jako stężenie produktów utleniania lipidów w porównaniu do podawania samego kwasu acetylosalicylowego [37].

### **Podsumowanie**

Witamina C pełni liczne istotne role w funkcjonowaniu ludzkiego organizmu. Wciąż jednak wiele aspektów jej działania nie zostało dokładnie poznanych. Cały czas prowadzone są badania nad rolą tej witaminy w profi-

laktyce i leczeniu chorób, a także nad biochemicznymi mechanizmami jej działania. Największe zainteresowanie budzi rola witaminy C w zapobieganiu i leczeniu chorób nowotworowych i stanów zapalnych.

### Literatura

- [1] Farmakopea Polska X, 2014.
- [2] Vanderslice J.T. i Higgs D.J., Vitamin C content of foods: sample variability, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1991,54, s. 1323S–1327S.
- [3] USDA Table of Nutrient Retention Factors 6, 2007, <http://www.ars.usda.gov/nutrientdata>
- [4] Shimada Y. i Ko S., Ascorbic acid and ascorbic acid oxidase in vegetables., *Chugokugakuen Journal*, 2008,7, s. 7–10.
- [5] Geraci J.R. i Smith T.G., Vitamin C in the Diet of Inuit Hunters From Holman, Northwest Territories Arctic, 1979,32, s. 135–139.
- [6] Hancock R.D. i Viola R., Biotechnological approaches for l-ascorbic acid production, *Trends in Biotechnology*, 2002, 20, s. 299–305.
- [7] Jacob R. i Sotoudeh G., Vitamin C function and status in chronic disease, *Nutrition in Clinical Care*, 2002,5, s. 66–74.
- [8] Padayatty S.J., Sun H., Wang Y., Riordan H.D., Hewitt S.M., Katz A., Wesley R.A. i Levine M., Vitamin C Pharmacokinetics: Implications for Oral and Intravenous Use., *Annals of Internal Medicine*, 2004,140, s. 533–537.
- [9] Michels A. i Frei B., Myths, Artifacts, and Fatal Flaws: Identifying Limitations and Opportunities in Vitamin C Research, *Nutrients*, 2013,5, s. 5161.
- [10] Himmelreich U., Drew K.N., Serianni A.S. i Kuchel P.W., <sup>13</sup>C NMR Studies of Vitamin C Transport and Its Redox Cycling in Human Erythrocytes, *Biochemistry*, 1998,37, s. 7578–7588.
- [11] Wilson J.X., The physiological role of dehydroascorbic acid, *FEBS Letters*, 2002,527, s. 5–9.
- [12] Rathbone B., Johnson A., Wyatt J., Kelleher J., Heatley R. i Losowsky M., Ascorbic acid: a factor concentrated in human gastric juice., *Clinical Science*, 1989,76, s. 237–241.
- [13] Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja, (red) M. Jarosz, Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa 2012.
- [14] Malo C. i Wilson J.X., Glucose Modulates Vitamin C Transport in Adult Human Small Intestinal Brush Border Membrane Vesicles, *The Journal of Nutrition*, 2000,130, s. 63–69.
- [15] Duconge J., Miranda-Massari J., Gonzalez M., Jackson J., Warnock W. i Riordan N., Pharmacokinetics of vitamin C: insights into the oral and intravenous administration of ascorbate., *Puerto Rico Health Sciences Journal*, 2008,27, s. 7–19.
- [16] Levine M., Conry-Cantilenat C., Wang Y., Welch R.W., Washko P.W., Dhariwal K. R., Park J. B., Lazarev A., Graumlich J.F., Kings J. i Cantilena L.R., Vitamin C pharmacokinetics in healthy volunteers: Evidence for a recommended dietary allowance, *Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America*, 1996,93, s. 3704–3709.
- [17] Hickey S., Roberts H.J. i Miller N.J., Pharmacokinetics of oral vitamin C, *Journal of Nutritional & Environmental Medicine*, 2008,17, s. 169–177.

## Znaczenie witaminy C dla organizmu człowieka

- [18] Mikirova N., Casciari J., Riordan N. i Hunninghake R., Clinical experience with intravenous administration of ascorbic acid: achievable levels in blood for different states of inflammation and disease in cancer patients, *Journal of Translational Medicine*, 2013,11, s. 191–191.
- [19] Kunachowicz H., Nadolna I., Wojtasik A. i Przygoda B., *Żywność wzbogacana a zdrowie*, Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa 2004.
- [20] Weber P., Bendich A. i Schalch W., Vitamin C and human health – a review of recent data relevant to human requirements, *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 1996,66, s. 19–30.
- [21] Gertig H. i Przysławski J., *Bromatologia. Zarys nauki o żywności i żywieniu*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2007.
- [22] Padayatty S.J., Katz A., Wang Y., Eck P., Kwon O., Lee J.H., Chen S., Corpe C., Dutta A., Dutta S.K. i Levine M., Vitamin C as an Antioxidant: Evaluation of Its Role in Disease Prevention, *Journal of the American College of Nutrition*, 2003,22, s. 18–35.
- [23] Hemilä H. i Chalker E., Vitamin C for preventing and treating the common cold. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2013, [http://www.cochrane.org/CD000980/ARI\\_vitamin-c-for-preventing-and-treating-the-common-cold](http://www.cochrane.org/CD000980/ARI_vitamin-c-for-preventing-and-treating-the-common-cold).
- [24] Anderson T., Suranyi G. i Beaton G., The effect on winter illness of large doses of vitamin C, *Canadian Medical Association Journal*, 1974,111, s. 31–36.
- [25] Mikirova N., Casciari J., Rogers A. i Taylor P., Effect of high-dose intravenous vitamin C on inflammation in cancer patients, *Journal of Translational Medicine*, 2012,10, s. 189–189.
- [26] Kodama M. i Kodama T., Autoimmune disease and allergy are controlled by vitamin C treatment, [Case Reports] *In Vivo*, 1994,8, s. 251–257.
- [27] Hagel A.F., Layritz C.M., Hagel W.H., Hagel H.J., Hagel E., Dauth W., Kressel J., Regnet T., Rosenberg A., Neurath M.F., Molderings G.J. i Raithel M., Intravenous infusion of ascorbic acid decreases serum histamine concentrations in patients with allergic and non-allergic diseases, *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 2013,386, s. 789–793.
- [28] Bielory L. i Gandhi R., Asthma and vitamin C., *Annals of Allergy*, 1994,73, s. 89–96.
- [29] Moertel C.G., Fleming T.R., Creagan E.T., Rubin J., O'Connell M.J. i Ames M.M., High-Dose Vitamin C versus Placebo in the Treatment of Patients with Advanced Cancer Who Have Had No Prior Chemotherapy, *New England Journal of Medicine*, 1985,312, s. 137–141.
- [30] Monti D.A., Mitchell E., Bazzan A.J., Littman S., Zabrecky G., Yeo C.J., Pillai M.V., Newberg A.B., Deshmukh S. i Levine M., Phase I Evaluation of Intravenous Ascorbic Acid in Combination with Gemcitabine and Erlotinib in Patients with Metastatic Pancreatic Cancer, *PLoS ONE*, 2012,7, s. 29794.
- [31] Padayatty S.J., Riordan H.D., Hewitt S.M., Katz A., Hoffer L.J. i Levine M., Intravenously administered vitamin C as cancer therapy: three cases, *Canadian Medical Association Journal*, 2006,174, s. 937–942.
- [32] Welsh J.L., Wagner B.A., van't Erve T.J., Zehr P.S., Berg D.J., Halfdanarson T.R., Yee N.S., Bodeker K.L., Du J., Roberts L.J., Drisko J., Levine M., Buettner G.R. i Cullen J.J., Pharmacological ascorbate with gemcitabine for the control of metastatic and node-positive pancreatic cancer (PACMAN): results from a phase I clinical trial, *Cancer Chemotherapy and Pharmacology*, 2013,71, s. 765–775.

- [33] Ma Y., Chapman J., Levine M., Polireddy K., Drisko J. i Chen Q., High-Dose Parenteral Ascorbate Enhanced Chemosensitivity of Ovarian Cancer and Reduced Toxicity of Chemotherapy, *Science Translational Medicine*, 2014,6, s. 218–222.
- [34] Study of High-Dose Intravenous (IV) Vitamin C Treatment in Patients With Solid Tumors, 2013, <https://www.clinicaltrials.gov/ct2/show/record/NCT00441207> (stan na 04.2013).
- [35] Juraschek S.P., Guallar E., Appel L.J. i Miller E.R., Effects of vitamin C supplementation on blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2012.
- [36] Fowler A.A., Syed A.A., Knowlson S., Sculthorpe R., Farthing D., DeWilde C., Farthing C.A., Larus T.L., Martin E., Brophy D.F., Gupta S., Fisher B.J. i Natarajan R., Phase I safety trial of intravenous ascorbic acid in patients with severe sepsis, *Journal of Translational Medicine*, 2014,12, s. 32–32.
- [37] Polidori M.C., Praticó D., Ingegneri T., Mariani E., Spazzafumo L., Sindaco P.D., Cecchetti R., Yao Y., Ricci S., Cherubini A., Stahl W., Sies H., Senin U., Mecocci P. i Group A.S., Effects of vitamin C and aspirin in ischemic stroke-related lipid peroxidation: Results of the AVASAS (Aspirin Versus Ascorbic acid plus Aspirin in Stroke) Study., *BioFactors*, 2005,24, s. 265–274.

Do cytowania:

Zawada K., Znaczenie witaminy C dla organizmu człowieka, *Herbalism*, 2016, 1 (2), s. 22–34.