

<sup>1)</sup> Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie<sup>2)</sup> Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

## Kwas askorbinowy – budowa, właściwości i funkcje w organizmie człowieka

### Streszczenie

Witaminy stanowią niezbędne składniki naszej diety, które nie tylko przyczyniają się do lepszego zdrowia, ale także samopoczucia. W ciągu ostatnich lat obserwuje się wzmożone zainteresowanie witaminą C, czyli kwasem L-askorbinowym. Witamina ta należy do grupy witamin egzogennych. Zarówno organizm człowieka jak i małp, świnek morskich, nietoperzy, czy też niektórych ras psów nie jest w stanie sam tej witaminy wyprodukować. Jednak większość zwierząt potrafi wytwarzać kwas askorbinowy, przez co są one niezależne od jego obecności w pożywieniu. Zdolność do syntetyzowania witaminy C uwarunkowana jest obecnością w wątrobie enzymu oksydazy L-gulono- $\gamma$ -laktonowej. Witamina C, ze względu na swoje właściwości, ciągle wzbudza powszechne zainteresowanie środowiska naukowego. Pełni ona wiele istotnych funkcji w organizmie człowieka. Najbardziej znaną jest rola w biosyntezie kolagenu, katecholamin czy też w metabolizmie lipidów. Związek ten wpływa na przyswajanie żelaza, przeciwdziała powstawaniu wolnych rodników oraz przyczynia się do zachowania prawidłowego poziomu cholesterolu we krwi. Celem pracy przeglądowej było omówienie budowy i właściwości kwasu L-askorbinowego oraz przegląd prac naukowych dotyczących wpływu witaminy C na organizm człowieka.

**Słowa kluczowe:** witamina C, zdrowie człowieka, przeciwutleniacz

## Ascorbic acid – structure, properties and functions in human body

### Summary

Vitamins are essential components of our diet, which not only contribute to better health, but also to the well-being. Over the past few years, there has been a growing interest in vitamin C. It belongs to the group of exogenous vitamins. Both humans and monkeys, bat guinea, pigs or some dog breeds can't produce it themselves. However most animals can produce ascorbic acid, which is independent of its presence in food. The ability to synthesize vitamin C is conditioned by the presence in the liver of the L-glucono-lactone oxidase enzyme. Vitamin C, due to its properties, is still aroused by the widespread interest of the scientific community. Ascorbic acid also has many important functions in the body. The most famous is the role in collagen biosynthesis, catecholamines or lipid metabolism. It affects the assimilation of iron, prevents the formation of free radicals and contributes to the maintenance of normal cholesterol levels in the blood. The aim of this paper was to discuss the structure and properties of L-ascorbic acid and the review the scientific work relating to effect of vitamin C on the human body.

**Key words:** vitamin C, human health, antioxidant

### Wstęp

Witaminami nazywana jest grupa związków chemicznych, niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania ludzkiego organizmu, która z reguły musi być dostarczana z pożywieniem. Nazwa „witamina” została wprowadzona przez polskiego uczonego Kazimierza Funka w 1911 roku. W tłumaczeniu z łacińskiego "vitae" oznacza życie a "amina" – nawiązuje do budowy chemicznej i związana jest z obecnością grupy aminowej. Początkowo nazwa "witamina" stosowana była tylko do witaminy B1, która w sensie chemicznym jest aminą. Ostatecznie nazwa ta przyjęła się dla całej grupy związków, pomimo iż różnią się one między sobą budową chemiczną.

Pomimo iż witaminy nie są materiałem budulcowym ani energetycznym, to są niezbędne dla organizmu człowieka. Wchodzą one w skład grup prostetycznych niektórych enzymów, spełniając rolę katalizatorów biologicznych i umożliwiają

przeprowadzenie wielu przemian biochemicznych w organizmie (Turlejska i in., 2007; Ożarowski, 2004). Ich niedobór przyczynia się m.in. do zaburzeń równowagi organizmu prowadząc np. do osłabienia systemu odpornościowego, co ma miejsce w przypadku niedoboru witaminy C. Szkodliwy dla zdrowia może być również nadmiar witamin.

Badania budowy witamin i ich roli biologicznej trwały latami i właściwie trwają po dzień dzisiejszy. Wraz z rozwojem technik badawczych uznano, że niektóre związki, nazywane kiedyś witaminami, tak naprawdę nimi nie są. Do tych związków zaliczmy m.in. niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), które niegdyś nosiły nazwę witaminy F, czy też flawonoidy określane, jako witamina P (Turlejska i in., 2007). Od czasu wprowadzenia przez Funka nazwy „witamina” poznano liczne związki o podobnych właściwościach, a z braku możliwości poznania ich budowy oznaczano je kolejnymi literami alfabetu. Na prze-

strzeni lat okazało się, że związki uznane kiedyś za witaminę stanowią kompleks różnych substancji. Dlatego oprócz liter alfabetu wprowadzono również cyfry. W dzisiejszych czasach funkcjonują nazwy literowe uzupełnione określeniem związku chemicznego (Brzozowska, 2001).

Witaminy podzielimy na rozpuszczalne w tłuszczach oraz rozpuszczalne w wodzie. Do witamin rozpuszczalnych w tłuszczach zalicza się witaminy A, D, E, K, natomiast do rozpuszczalnych w wodzie - witaminę C oraz witaminy z grupy B (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, PP, foliany, kwas pantotenowy, biotynę). Aby dobrze zrozumieć oraz przyswoić sobie wiadomości dotyczące witamin należy wyjaśnić pewne określenia z nimi związane:

- prowitamina - składnik, który może być przekształcany w organizmie w postać aktywnej witaminy,
- hipowitaminoza - niedobór witaminy w organizmie objawiający się charakterystycznymi zmianami cech funkcjonalnych ustroju,
- awitaminoza - zespół chorobowy spowodowany znacznym niedoborem witaminy w organizmie. Występuje bardzo rzadko najczęściej osiąga się go do celów doświadczalnych,
- hiperwitaminoza - zmiany chorobowe spowodowane nadmiernym spożyciem i zawartością witamin w organizmie. Najczęściej dotyczą witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (Brzozowska, 2001).

W dzisiejszych czasach suplementacja witaminami staje się coraz bardziej rozpowszechnionym sposobem dostarczania niezbędnych składników dla organizmu. Wynika to z faktu, iż w naszej cywilizacji można zaobserwować znaczący spadek składników odżywczych w warzywach i owocach, na co wpływ ma wiele czynników, m.in. zanieczyszczenie różnymi antropogenicznymi związkami chemicznymi powietrza i gleby, obniżenie naturalnych składników w glebie, które jest skutkiem stosowania nawozów sztucznych, czy też tworzenie krzyżówek gatunków i różnych modyfikacji genetycznych. Te wszystkie czynniki doprowadzają do widocznego spadku wartości odżywczych produktów spożywczych (Maćkowiak i Torliński, 2007).

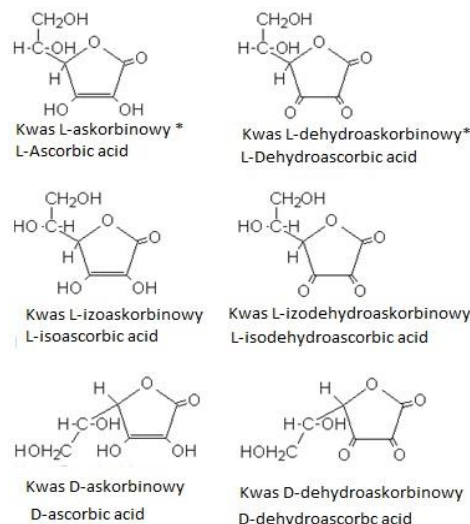
Istotnym zagadnieniem odnoszącym się do żywności i prawidłowo zbilansowanej diety jest dziś wzbogacanie artykułów spożywczych, czyli ich fortyfikacja. Polega ona na dodawaniu do żywności jednego lub kilku składników odżywczych w celu zapobiegania oraz korygowania ich braków występujących w całej populacji lub określonej grupie ludności. Dzięki temu możliwe staje się wyrównanie strat składników odżywczych ponoszonych w procesach technologicznych oraz zapobieganie ich niedoborom. Produkty spożywcze najczęściej są wzbogacane w takie witaminy jak: kwas L-askorbinowy, retinol (A), ergokalcyferol i cholekalcyferol (D<sub>2</sub> i D<sub>3</sub>), tokoferole (E), tiamina (B<sub>1</sub>), ryboflawina (B<sub>2</sub>), kwas pantotenowy (B<sub>5</sub>), pirydoksyna (B<sub>6</sub>), kwas foliowy (B<sub>9</sub>), cyjanokobalamina (B<sub>12</sub>), amid kwasu nikotynowego (PP) oraz biotyna (H) (Nowak i Żmudzińska-Żurek, 2009). Witaminy, zwłaszcza z grupy B oraz antyoksydacyjne (A, C, E), pełnią również rolę składników bioaktywnych w żywności funkcjonalnej

## Historia i charakterystyka kwasu askorbinowego

Zanim dokładnie poznano budowę chemiczną witaminy C, stosowano ją, jako substancję zapobiegającą gnilcowi

(szkorbutowi), który znali już Wikingowie i zwalczali za pomocą cebuli. W 1907 roku, Axel Horst i Alfred Fröhlich podejrzewali istnienie takiego związku, na podstawie swoich badań na świnkach morskich. Odkrywcą witaminy C i rutyny (czasami nazywanej witaminą P) był węgierski biochemik Albert Szent-György, który za jej odkrycie i opisanie utleniania otrzymał nagrodę Nobla w dziedzinie medycyny w 1937 roku. W 1928 roku Szent-György uzyskał z wyciągów kapusty i pomarańczy związek, który wykazywał właściwości oksydoredukcyjne. Nie zdawał on sobie sprawy, że związek ten, nazwany przez niego kwasem heksuronowym, to witamina C. W 1932 roku Wang i King otrzymali witaminę C z cytryny. Rok później Haworth i współpracownicy ustalili budowę chemiczną witaminy C. W latach 1933-34 Reichstein T. dokonał syntezy kwasu askorbinowego (Grzybowski i Pietrzak, 2013; Grajek 2007; Brzozowska i in., 2005).

Znane są również inne przypadki poznania właściwości witaminy C, zanim została ona odkryta i zdefiniowana. Zimą 1536 roku, francuski badacz Jacques Carter znajdował się na statku, dryfującym po rzece Świętego Wawrzyńca, na którym ponad 90% załogi było w ciężkim stanie zdrowia. Mieli oni osłabione kończyny, liczne obrzęki, odbarwienia oraz krwawienia z dziąseł (objawy skorbutu). Wielu z marynarzy zmarło, jednak podawanie owoców oraz otrzymanych z nich soków pozwoliło u innych zanotować znaczącą poprawę stanu zdrowia w przeciągu kilku dni, nawet u osób z zaawansowanymi objawami (Halliwell, 2001). Termin „witamina C” odnosi się zarówno do kwasu askorbinowego, jak i dehydroaskorbinowego, gdyż obie te formy wykazują działanie przeciwskorbutowe. Spożywając ok. 10 mg/dobę w bardzo prosty sposób można zapobiegać powstawaniu skorbutu przy klasycznym niedoborze witaminy C.



Rys. 1. Wzory strukturalne kwasu L-askorbinowego i L-dehydroaskorbinowego oraz ich izomery (\* związek o aktywności witaminy C) (Owen, 1996)

Fig. 1. The structural formulas of L-ascorbic acid and L-dehydroascorbic acid and their isomers (\* a compound with vitamin C activity) (Owen, 1996)

Na rysunku 1, przedstawione zostały wzory strukturalne kwasu L-askorbinowego, L-dehydroaskorbinowego oraz ich izomerów. Zarówno kwas L-askorbinowy jak i L-dehydroaskorbinowy należą do związków biologicznie czynnych. Ze względu na budowę chemiczną kwas L-askorbinowy jest laktonem endiolu kwasu 2-okso-L-gulonowego, a kwas L-dehydroaskorbinowy laktonem kwasu 2,3-diokso-L-gulonowego (Kim i in., 2015; Sadowska i in., 2012).

Zgodnie z projekcją Fishera, grupa hydroksylowa może znaleźć się zarówno po prawej jak i po lewej stronie płaszczyzny cząsteczki. Nazywamy to konfiguracjami L i D, stanowiącymi swoje lustrzane odbicia. W kwasie L-askorbinowym ta grupa atomów znajduje się po lewej stronie, jednak porównywanie tego do lewoskrętności z punktu widzenia stereochemii jest błędne. Cząsteczka, którą uznajemy za witaminę C posiada konfigurację L, co omyłkowo uznawane jest za lewoskrętność. Cecha ta określa nam, stronę skręcania płaszczyzny światła spolaryzowanego przechodzącego przez próbkę substancji optycznie czynnej (Sorice i in., 2014).

Kwas L-askorbinowy jest związkiem krystalicznym, występuje w formie bezbarwnych lub prawie białych kryształów. Ma przyjemny, ostry kwaśny smak. Jest dobrze rozpuszczalny w wodzie i słabo rozpuszczalny w etanolu, a praktycznie nie rozpuszczalny w eterze i chloroformie. Wykazuje on właściwości redukujące. W warunkach beztlenowych jest odporny na wysoką temperaturę. W obecności tlenu kwas L-askorbinowy utlenia się do kwasu L-dehydroaskorbinowego, a ten ulega hydrolizie do produktów nieaktywnych biologicznie, zwłaszcza w obecności jonów niektórych metali, takich jak  $\text{Cu}^{2+}$  i  $\text{Fe}^{3+}$ . Szczegółowo omówiona charakterystyka kwasu askorbinowego znajduje się w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka kwasu askorbinowego (Chambial i in., 2013)

Table 1. Characteristic of ascorbic acid (Chambial i in., 2013)

Nazwa łacińska; Latin name	Acidum ascorbicum
Nomenklatura systematyczna (IUPAC); Systematic nomenclature IUPAC	(R)-3,4-dihydroxy-5-((S)-1,2-dihydroxyethyl)furan-2(5H)-on; (R)-3,4-dihydroxy-5-((S)-1,2-dihydroxyethyl)furan-2(5H)-one
Inne nazewnictwo; Other names	Kwas askorbowy, 2,3-didehydro-L-treo-heksono-1,4-lakton, 3-keto-L-gulofuranolakton; Ascorbic acid, 2,3-Didehydro-L-threo-hexono-1,4-lactone, 3-keto-Lgulofuranolacton
Wzór sumaryczny; Chemical formula	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$
Masa molowa; Molar mass	176,13 [g·cm <sup>-3</sup> ]
Wygląd; Appearance	Bezbarwne lub prawie białe kryształy (proszek); Colorless or nearly white crystals (powder)
Gęstość; Density	1,65 [g·cm <sup>-3</sup> ]
Rozpuszczalność w wodzie; Water solubility	170 [g·l <sup>-1</sup> ] (20°C)
Temperatura topnienia; Melting point	190-194°C
Kwasowość; Acidity	$K_{a1}=4,17$ $K_{a2}=11,6$
Oznaczenie dodatku do żywności; E number	E 300

Witamina C jest witaminą rozpuszczalną w wodzie, będącą podstawowym składnikiem diety, niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania naszego organizmu. Kwas L-askorbinowy może być zarówno pochodzenia naturalnego jak i syntetycznego. Naturalnie związek ten występuje w świeżych owocach i warzywach. Dobrym źródłem kwasu L-askorbinowego są owoce dzikiej róży, acerola, czarna porzeczka, a także owoce cytrusowe, ziemniaki, natka pietruszki, czerwona papryka oraz kiszona kapusta (Levine i in., 1999).

### Rola witaminy C w organizmie człowieka

Biologiczne funkcje kwasu askorbinowego nie zostały jeszcze do końca wyjaśnione (Brzozowska i in., 2005). Wiadomo, że kwas L-askorbinowy jest silnym antyoksydantem. Łatwo redukuje reaktywne formy tlenu, poza tlenem singletowym i podchlorynem. Reaktywne postacie tlenu, zwane inaczej wolnymi rodnikami, wytwarzane są w czasie prawidłowych procesów metabolicznych przez komórki ludzkiego organizmu. Są to grupy atomów lub cząsteczki posiadające jeden lub więcej niesparowanych elektronów, co stanowi przyczynę ich dużej aktywności chemicznej.

Czynniki środowiskowe, takie jak: smog, promieniowanie, dym papierosowy, pestycydy, herbicydy oraz wiele leków,

mogą wpływać na przemiany metaboliczne zwiększając w efekcie produkcję wolnych rodników tlenowych. Pomimo częściowej neutralizacji reaktywnych form tlenu przez system obronny organizmu, te wysoce reaktywne ugrupowania atakują wielonienasycone kwasy tłuszczowe fosfolipidowych warstw błon komórkowych oraz uszkodzają DNA, prowadząc do mutacji i transformacji nowotworowej (Guz i in., 2007; Januszewska, 2000).

Kwas L-askorbinowy stanowi znaczącą ochronę przeciwutleniającą przeciwko utlenianiu LDL, czyli lipoprotein niskiej gęstości. Kwas L-askorbinowy może również współdziałać z innymi przeciwutleniaczami, jak witamina E. Jako skuteczny przeciwutleniacz, askorbinian sodu może działać zarówno bezpośrednio przez reakcję z rodnikami nadtlenkowymi w roztworze wodnym i pośrednio poprzez przywrócenie właściwości przeciwutleniających rozpuszczalnej w tłuszczach witaminie E. Konsekwencją tych działań jest korzystna regulacja peroksydacji lipidów błon komórkowych, w tym także w obrębie organelli wewnątrzkomórkowych. Atak wolnych rodników wewnątrzkomórkowych na lipidowy materiał jądrowy może być osłabiony (Moser i Chun, 2016; Bartosz, 2006; Carr i Frei, 1999; Levine i in., 1999). Aktywność antyoksydacyjną kwasu askorbinowego scharakteryzowano szczegółowo w tabeli 2.



Tabela 2. Antyoksydacyjna aktywność kwasu askorbinowego (Chambial i in., 2013)

Table 2. The antioxidant activity of ascorbic acid (Chambial i in., 2013)

Neutralizuje wolne rodniki; Neutralizes free radicals	·OH, O <sub>2</sub> <sup>-</sup> , RO·, ROO·, RSO·, RSO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , rodniki pochodne kwasu moczowego i leków ·OH, O <sub>2</sub> <sup>-</sup> , RO·, ROO·, RSO·, RSO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Uric acid derivatives and medicines
Neutralizuje nierodnikowe reaktywne formy tlenu; Neutralizes non-radicals reactive oxygen species	Tlen singletowy, kwas podchloryny (HClO), kwas nadtlenoazotowy (ONOOH), ozon (O <sub>3</sub> ), czynniki nitrujące; Singlet oxygen, hypochlorous acid (HClO), peroxyntrous acid (ONOOH), Ozone (O <sub>3</sub> ), Nitrating agents
Hamuje peroksydację lipidów; Inhibits lipid peroxidation	Współdziała z witaminą E poprzez regenerowanie α-tokoferolu z rodnika α-tokoferolowego, hamuje peroksydację zależną od aktywacji neutrofilów i dymu tytoniowego w lipoproteinach osocza; Interacts with vitamin E regeneration α-tocopherol from the α-tocopherol radical, inhibits peroxidation dependent on activation of neutrophils and cigarette smoke plasma lipoprotein
Uczestniczy w reakcjach enzymatycznych; Participates in enzymatic reactions	Stanowi kosubstrat dla peroksydaz zależnych od askorbinianu, biorących udział w usuwaniu nadtlenu wodoru; It is a co-substrate for ascorbate peroxidase dependent, involved in the removal of hydrogen peroxide
Chroni układ naczyniowy i oddechowy; Protects the vascular and respiratory system	Poprawia tolerancję nitratów u pacjentów z chorobami naczyń, zabezpiecza układ oddechowy przed uszkodzeniami powodowanymi przez wdychane zanieczyszczenia powietrza; Improves tolerance to nitrates in patients with vascular disease, protect the respiratory system from damage caused by inhaled air pollution

Witamina C jest również niezbędna podczas powstawania wiązań krzyżowych kolagenu w procesie hydroksylacji proliny i lizyny, a także do regulacji transkrypcji syntezy kolagenu. Ponadto kwas askorbinowy hamuje biosyntezę elastyny, którą obserwuje się podczas starzenia się skóry, jest również kofaktorem w wielu procesach biologicznych w tym przekształceniu dopaminy w noradrenalinę, w syntezie hormonów steroidowych nadnerczy w metabolizmie tyrozyny na kwas foliowy, w syntezie lipidów i białek oraz w oddychaniu komórkowym. Spożywanie witaminy C w zmniejszonych dawkach znacznie osłabia aktywność bakterioobójczą organizmu człowieka (Wilson, 2002).

Wielokierunkowe działanie kwasu askorbinowego sprawia, że jest to związek niezbędny dla organizmu człowieka i powinien być dostarczony z diety. Według danych FAO/WHO minimalne zapotrzebowanie witaminy C osób zdrowych wynosi 80-90 mg/dobę. Normy oszacowane przez Komitet Żywności Człowieka są nieco inne i wynoszą odpowiednio dla dorosłych mężczyzn 90 mg/dobę, dla dorosłych kobiet 75 mg/dobę, dla ciężarnych 80-85 mg/dobę, dla karmiących 95-100 mg/dobę (Jarosz, 2012). Liczne badania dowodzą, że witamina C może zarówno zapobiegać, jak i leczyć wiele schorzeń, przy podawaniu jej w znacznie wyższych niż zalecane dawkach.

### Witamina C, jako lek i suplement

W wielu badaniach biochemicznych i klinicznych udowodniono, że witamina C ma duże znaczenie w zwalczaniu chorób serca. Stwierdzono, że śmiertelność w przypadku chorób układu krążenia znacząco maleje w grupach o najwyższym spożyciu witaminy C. Ponadto spożywanie jej prowadzi do redukcji krótko i długoterminowego stresu oksydacyjnego i zmniejsza ponadtlenukową neutrofilii u pacjentów z niewydolnością serca. Witamina C hamuje apoptozę komórek śródbłonna naczyń u pacjentów z przewlekłą zastoinową niewydolnością serca oraz łagodzi zaburzenia w idiopatycznej kardiomiopatii rozstrzeniowej. Już pod koniec 1940 roku zapoczątkowano pionierskie badania zależności pomiędzy niedoborem witaminy C a zawałem serca. Niedługo po odkryciu budowy kwasu L-askorbinowego udowodniono, że

brak wystarczającej jego dawki w organizmie może być przyczyną miażdżycy tętnic, zwanej także arteriosklerozą. Odkryto również, że choroba ta powstaje u 100% zwierząt pozbawionych i niezdolnych do wytwarzania witaminy C (Lee i in., 2013). Ponadto kwas askorbinowy może również wykazywać działanie przeciw cukrzycowe. Badania (Dakhale et al., 2011) wykazały, że stosowanie witaminy C w połączeniu z metforminą mogą stanowić alternatywę w leczeniu i profilaktyce cukrzycy typu II. Z kolei badania dr Fredricka R. Klennera wykazały związek między zawartością witaminy C w organizmie, a chorobami zakaźnymi. Przeprowadzone badania nad terapią kwasem askorbinowym pozwalają leczyć infekcję wirusowe przede wszystkim polio oraz ospę wietrznej, odry, świnki oraz tężca (Klenner, 1974).

Zarówno naukowcy jak i dietetycy zgadzają się, że część występujących chorób układu krążenia, nowotworów i prawdopodobnie chorób neurodegeneracyjnych może być zmniejszona dzięki stosowaniu diet bogatych w owoce i warzywa, które są źródłem witaminy C. W Stanach Zjednoczonych witamina C obecnie jest jednym z najpopularniejszych suplementów diety. Leczenie nowotworów za pomocą witaminy C zostało spopularyzowane przez Linusa Paulinga. W badaniach *in vitro* wykazano, że kwas askorbinowy w wysokich stężeniach jest toksyczny dla komórek nowotworowych. Witamina C podana dożylnie wywiera korzystny wpływ na leczenie nowotworów (Riodan i in., 2003; Donaldson, 2001). Badania epidemiologiczne sugerują, że witamina C może odgrywać rolę w opóźnieniu występowania zarówno wyżej wspomnianych chorób serca jak też nowotworów, jednak dane na ten temat są sprzeczne. W 1997 roku Światowy Fundusz Badań nad Rakiem i Amerykański Instytut Badań nad Rakiem oceniły potencjał askorbinianu sodu w zapobieganiu występowaniu nowotworów. Z badań tych wynikało, że efekt tej substancji, jako związku przeciwdziałającemu pojawieniu się nowotworów, jest prawdopodobny w przypadku raka żołądka, możliwy w przypadku raka prostaty, jamy ustnej, gardła, przełyku, płuc, trzustki i raka szyjki macicy. Natomiast brak jest wystarczających danych dotyczących raka jelita grubego, odbytnicy, krtań i pęcherza moczowego. Zapotrzebowanie na witaminę C przede wszystkim powinna pokrywać odpowiednio dobra-

na dieta, bogata w owoce i warzywa, które poza kwasem askorbinowym zawierają liczne składniki odżywcze, mogące także mieć wpływ w profilaktyce raka (Halliwell, 2001).

Przedstawione powyżej dowody korzystnego wpływu witaminy C na zdrowie człowieka mogą sugerować, iż należy spożywać ją w formie suplementów diety. Jednak stosując odpowiednio zbilansowaną dietę, bogatą w owoce i warzywa, można dostarczyć organizmowi wystarczającą ilość witaminy C bez konieczności jej uzupełniania różnego rodzaju suplementami. Nie ma jednak żadnych dowodów na to, iż jej uzupełnienie mogłoby przynieść niekorzystny wpływ na organizm ludzki (Mayland i in., 2005). Jej nadmiar nie jest gromadzony w organizmie, lecz wydalany z moczem i potem. Większe dawki witaminy C, przekraczające 1000 mg, mogą być natomiast przyczyną zaburzeń jelitowo-żołądkowych i objawiać się w postaci bólu brzucha, wymiotów, nudności czy biegunki. Dodatkowo nadmiar kwasu askorbinowego w organizmie człowieka powoduje zakwaszenie moczu, co przyczynia się do powstawania kamieni nerkowych (Massey i in., 2005).

### Rola witaminy C w technologii żywności

Dodawanie witamin do żywności stosowane jest od dawna. Szczególnie często stosowana jest w takim przypadku witamina C, która dodatkowo spełnia rolę antyoksydacyjną w produktach żywnościowych. Coraz częściej wzbogaca się żywność kompleksem witamin A, C i E, który zapobiega tworzeniu się wolnych rodników w organizmie. Witaminami wzbogaca się przede wszystkim soki owocowe i warzywne, produkty mleczne a także zbożowe (Grajeta, 2004).

Ze względu na pełnione role w żywieniu człowieka, zarówno witaminy jak i składniki mineralne są dopuszczone do stosowania w produkcji żywności, jako dodatki do żywności. Stosowane są one w celu uzupełnienia strat, które następują w czasie przetwarzania żywności lub w wyniku zmian, jakie zachodzą podczas jej przechowywania. Dodatek witamin i składników mineralnych do środków spożywczych spełniających funkcje zamienników, stosowany jest w celu uzyskania żywności o podobnej wartości odżywczej (Dz. U. 2003 r. Nr 27, poz. 237; Dz. U. UE, L 404 z dnia 30.12.2006.).

Witamina C w żywności spełnia funkcje regulatora kwasowości, przeciwutleniacza oraz stabilizatora. Utleniając się usuwa tlen rozpuszczony i wolny ze środowiska, jak również redukuje niektóre utlenione związki. Kwas askorbinowy może wiązać jony metali (np. miedzi i żelaza) spełniając rolę katalizatora. Jedną z najważniejszych funkcji kwasu askorbinowego jak i askorbinianów w żywności są ich właściwości konserwujące, które wpływają na ich trwałość hamując niekorzystne zmiany składu chemicznego. Jako substancja silnie przeciwutleniająca utrwała naturalną barwę wielu surowców i produktów. Właściwości przeciwutleniające kwasu askorbinowego oraz askorbinianów istotnie wpływają na czas procesu peklowania oraz na barwę mięsa (Czerwińska, 2010). Kwas askorbinowy jest skutecznym inhibitorem oksydazy polifenolowej (PPO), która przyczynia się do enzymatycznego brunatnienia materiałów roślinnych, obniżając w ten sposób zawartość w nich polifenoli oraz ich atrakcyjność sensoryczną (Holzwarth i in., 2013). Jego dodatek chroni zatem warzywa i owoce przed enzymatycznym brunatnieniem wynikającym m.in. z ich rozdrobnienia (oddziaływanie

tlenu) oraz oddziaływania wysokich temperatur (Lima i in., 2010; Turmanidze i in., 2017). Zapobiega również jęlczeniu tłuszczów, substancji smakowych i zapachowych w produktach nietłuszczowych zwiększając ich trwałość, np. w płatkach zbożowych, mące, sokach, napojach, proszku mlecznym. W technologii produkcji pieczywa korzystnie wpływa na wartość wypiekową i jakość pieczywa. Przeciętnie stosowana ilość kwasu askorbinowego zależy od rodzaju mąki oraz zastosowanych metod wypieku i wynosi 0,04 – 0,1 g/kg mąki (Lewicka i Abramczyk, 2007). W organizmie człowieka wpływa na szereg ważnych funkcji biologicznych, dlatego też wzbogaca się nią odżywki dla dzieci oraz produkty dietetyczne (Silva i in., 2010; Juszczyk, 2007).

### Podsumowanie

W dzisiejszych czasach witamina C stała się masowym produktem, istotnym dla przemysłu spożywczego i farmaceutycznego. Mimo, iż wiedza na temat zdrowotnego znaczenia kwasu L-askorbinowego jest bardzo obszerna, w dalszym ciągu pojawiają się nowe wzmianki o postępach badań i znaczeniu witamin dla ludzi i zwierząt. Zarówno kwas askorbinowy jak i kwas dehydroaskorbinowy pełnią wiele funkcji w organizmie człowieka. Przede wszystkim wspomagają prawidłowe funkcjonowanie układu odpornościowego, chroni DNA, białka i tłuszcze przed ich utlenianiem. Kwas askorbinowy stanowi niezbędny składnik odżywczy dla organizmu człowieka. Jest również szeroko wykorzystywany w przetwórstwie spożywczym. Jego wrażliwość na działanie temperatur oraz na zmiany warunków technologicznych, powoduje, że jest on stosowany, jako wiarygodny wskaźnik szacowania spadku jakości produktów w całym łańcuchu dostaw, m.in. podczas przetwarzania i przechowywania (Aguilar i in., 2017).

### Bibliografia

- Aguilar, K., Garvín, A., Ibarz, A., Augusto, P.E.D. (2017). Ascorbic acid stability in fruit juices during thermosonication. *Ultrasonics Sonochemistry*, 37, 375–381.
- Bartosz, G. (2006). *Druga twarz tlenu, Wolne rodniki w przyrodzie*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Brzozowska, A. (2001). Wzbogacanie żywności i suplementacja diety składnikami odżywczymi – korzyści i zagrożenia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(29), 16–28.
- Brzozowska, A., Roszkowski, W., Pietruszka, B., Kałuża, J. (2005). Witaminy i składniki mineralne jako suplementy diety. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(45), 5–16.
- Carr, A.C., Frei, B. (1999). Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 1086–107.
- Chambial, S., Dwivedi, S., Shukla, K.K., John, P.J., Sharma, P. (2013). Vitamin C in Disease Prevention and Cure: An Overview. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 28, 314–328. doi 10.1007/s12291-013-0375-3.
- Czerwińska, D. (2010). Zastosowanie przeciwutleniaczy w przetwórstwie mięsa. *Gospodarka mięsna*, 07, 20–21.
- Dakhale, G.N., Chaudhari, H.V., Shrivastava, M. (2011). Supplementation of vitamin C reduces blood glucose and improves glycosylated hemoglobin in type 2 diabetes mellitus: a randomized, double-blind study. *Advances in Pharmacological Sciences*, 1–5, doi 10.1155/2011/195271.

- Donaldson, M.S. (2004). Nutrition and cancer: a review of the evidence for an anti-cancer diet. *Nutrition Journal*, 3, 19–30. doi [10.1186/1475-2891-3-19](https://doi.org/10.1186/1475-2891-3-19).
- Grajek, W. (2007). *Przeciwutleniacze w żywności – aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, ISBN: 83-204-3277-0.
- Grajeta, H. (2004). Żywność funkcjonalna w profilaktyce chorób układu krążenia. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 13(3), 503–510.
- Grzybowski, A., Petrzak, K. (2013). Albert Szent-György 1893–1986 scientist who discovered vitamin C, *Clinics in Dermatology*, 31(3), 327–331.
- Guz, J., Dziaman, T., Szpila, A. (2007). Czy witaminy antyoksydacyjne mają wpływ na proces karcinogenezy? *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 61, 185–198, e-ISSN 1732-2693.
- Halliwell, B. (2001). Vitamin C and genomic stability. *Mutat Research*, 475(1-2), 29–35.
- Holzwarth, M., Wittig, J., Carle, R., Kammerer, D.R. (2013). Influence of putative polyphenoloxidase (PPO) inhibitors on strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) PPO, anthocyanin and color stability of stored purees. *LWT – Food Science and Technology*, 52(2), 116–122.
- Januszewska, E.L. (2000). Witaminy przeciwutleniające – ich znaczenie w profilaktyce i leczeniu różnych schorzeń. *Przewodnik Lekarza*, 2, 90-95.
- Jarosz, M. (2012). *Normy żywienia dla populacji polskiej- nowelizacja*, Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa, ISBN 978-83-86060-83-2.
- Juszczak, L. (2007). Przeciwutleniacze jako dodatki do żywności oraz metody ich oznaczania. *Laboratorium Przemysłowe* 4, 28–32.
- Kim, S.M., Lim, S.M., Yoo, J.A., Woo, M.J., Cho, K.H. (2015). Consumption of high-dose vitamin C (1250 mg per day) enhances functional and structural properties of serum lipoprotein to improve anti-oxidant, anti-atherosclerotic, and anti-aging effects via regulation of anti-inflammatory microRNA. *Food Function*, 6, 3604–3612. doi [10.1039/c5fo00738k](https://doi.org/10.1039/c5fo00738k).
- Klenner, F.R. (1974). Significance of high daily intake of ascorbic acid in preventive medicine. *Journal of the International Academy of Preventive Medicine*, 1(1), 45–69.
- Lee, M.H., Kim, Y.J., Jung, J. (2013). Vitamin C prevents stress-induced damage on the heart caused by the death of cardiomyocytes, through down-regulation of the excessive production of catecholamine, TNF- $\alpha$  and ROS production in Gulo-mice. *Free Radical Biology and Medicine*, 65, 573–583. doi [10.1016/j.freeradbiomed.2013.07.023](https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2013.07.023).
- Levine, M., Rumsey, S.C., Daruwala, R., Park, J.B., Wang, Y. (1999). Criteria and recommendations for vitamin C intake. *JAMA*, 281(15), 1415–23.
- Lewicka, B., Abramczyk, D. (2007). Wpływ dodatku kwasu askorbinowego na cechy ciasta i jakość pieczywa pszenne-go. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, 55(11), 20–24.
- Lima, J.R., Elizondo L.J., Bohun P. (2010). Kinetics of ascorbic acid degradation and colour change in ground cashew apples treated at high temperatures (100–180°C). *Food Science and Technology*, 45(8), 1724–1731, doi [10.1111/j.1365-2621.2010.02327.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02327.x).
- Maćkowiak, K., Torliński, L. (2007). Współczesne poglądy na rolę witaminy C w fizjologii i patologii człowieka. *Nowiny Lekarskie*, 76(4), 349–356.
- Massey, L.K., Liebman, M., Kynast-Gales, S.A. (2005). Ascorbate increases human oxaluria and kidney stone risk. *Journal of Nutrition*, 135(7), 1673–1677.
- Mayland, C.R., Bennett, M.I., Allan, K. (2005). Vitamin C deficiency in cancer patients. *Palliative Medicine*, 19(1), 17–20.
- Moser, M.A., Chun, O.K. (2016). Vitamin C and Heart Health: A Review Based on Findings from Epidemiologic Studies. *International Journal of Molecular Sciences*, 17, 1328. doi [10.3390/ijms17081328](https://doi.org/10.3390/ijms17081328).
- Nowak, K., Żmudzińska-Żurek, B. (2009). Wzbogacanie żywności w witaminy – za i przeciw. *Przemysł Spożywczy*, 63(12), 25–29.
- Owen, R.F. (1996). *Food Chemistry. (Third Edition)*. Taylor i Francis, ISBN 0849384737, 9780849384738.
- Ożarowski, A. (2004). Witaminy – związki niezbędne dla życia ludzi i zwierząt są agresywnie atakowane. *Postępy Fitoterapii*, 1, 37–39.
- Riodan, H.D., Humminghake, R.B., Riodan, N.H. (2003). Intravenous ascorbic acid: protocol for its application and use. *P.R. Health Science Journal*, 22(3), 287–290.
- Rozporządzenie (WE) nr 1925/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 grudnia 2006 r. w sprawie dodawania do żywności witamin i składników mineralnych oraz niektórych innych substancji. Dz. U. UE, L 404 z dnia 30.12.2006.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 grudnia 2002 r. w sprawie substancji wzbogacających dodawanych do żywności i warunków ich stosowania. Dz. U. 2003 r. nr 27, poz. 237.
- Sadowska, A., Żebrowska-Krasuska, M., Świdorski, F. (2012). Przeciwutleniacze w żywności. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, 98–102.
- Silva, A.P., Barros, A. Goncalves, B., Nunes, F.M. (2010). A fast, simple and reliable hydrophilic interaction liquid chromatography method for the determination of ascorbic and isoascorbic acids. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 396, 1863–1864.
- Sorice, A., Guerriero, E., Capone, F. (2014). Ascorbic acid: its role in immune system and chronic inflammation on diseases. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 14, 444–452.
- Turlejska, H., Kunachowicz, H., Czarnowska-Misztal, E. (2007). *Zasady Żywienia Człowieka*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, ISBN 8302091499.
- Turmanidze, T., Jgenti, M., Gulua, L., Shaiashvili, V. (2017). Effect of ascorbic acid treatment on some quality parameters of frozen strawberry and raspberry fruits. *Annals of Agrarian Science*, 15(3), 370–374.
- Wilson, J. X. (2002). The physiological role of dehydroascorbic acid. *FEBS Lett.*, 527(1-3), 5–9.

**Klaudia Kałwa**

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności  
ul. Skromna 8, 20-704 Lublin  
e-mail: [klaudia.kalwa91@gmail.com](mailto:klaudia.kalwa91@gmail.com)