

9

Vitamina C

Luciana Yuki Tomita

HISTÓRICO

O escorbuto é uma das doenças mais antigas relatadas na história da nutrição humana, tendo acometido marinheiros, soldados em batalhas, presidiários, refugiados e idosos em asilos. Escorbuto significa boca inchada e ulcerada, caracterizada por sangramento das gengivas e necrose, articulações edemaciadas e inflamadas, manchas escuras na pele e fraqueza muscular. Patologistas encontraram distúrbios ósseos característicos de escorbuto em múmias egípcias da época de 2050 até 500 anos a.C. Além dos egípcios, romanos e gregos foram afetados por essa doença. Hipócrates e o naturalista Pliny já tinham o conhecimento do escorbuto; no entanto, não compreendiam sua etiologia.

Existem relatos de ocorrência de 114 epidemias de escorbuto no período de 1556 a 1857 em vários países, a maioria no inverno, em consequência da falta de verduras e frutas frescas na alimentação habitual.

O primeiro relato quanto à provável cura ou prevenção do escorbuto se deu em 1746 com a publicação do Tratado do Escorbuto, do médico-cirurgião da marinha britânica James Lind, referindo que as frutas cítricas promoviam a cura ou a prevenção dessa condição. Estudiosos apontam que até 1785 nenhum estudo tão importante sobre nutrição havia sido desenvolvido. Lind selecionou 12 marinheiros com escorbuto com gravidade semelhante, observando remissão da doença no grupo de 6 marinheiros que receberam limão e laranja, com melhora em 6 dias. O outro grupo de marinheiros recebeu ácido sulfúrico diluído ou vinagre durante 2 semanas sem nenhuma alteração no quadro clínico. Entretanto, pela dificuldade em levar laranja e limão

em viagens de longa duração, pesquisadores britânicos substituíram as frutas ácidas por outras substâncias ácidas pensando que a acidez das frutas era importante para a prevenção do escorbuto, causado pela alcalinização do tecido putrefeito. Na verdade, apesar de o uso de laranja e limão ter curado o escorbuto, Lind e os estudiosos da época ainda estavam descrentes da descoberta, achando que se tratava de um distúrbio digestivo.

Assim, Lind resolveu enviar limão e laranja para os navios, apesar de não saber muito bem como isso poderia ser feito. Ele enviou o suco concentrado preparado em banho-maria, mas surtiu pouquíssimo efeito. Enviou também o suco com rum e conhaque, que foi mais eficaz. Lind tentou isolar o ácido cítrico do suco, mas, como os outros pesquisadores ofereciam o isolado de ácido cítrico com o suco de limão, concluiu que o ácido cítrico não era antiescorbúutico. Ele supôs que as frutas cítricas tinham atividade de saponificação ou detergente, facilitando a respiração dos poros da pele entupidos com o ar marítimo, evitando o envenenamento e permitindo eliminar as toxinas marítimas.

Relatos mostram que, em 1535, Jacques Carter aportou no Canadá em um inverno rigoroso. Seu navio foi congelado durante 4 meses e uma doença estranha começou a acometer os indígenas e os tripulantes, inclusive o próprio Carter, na fase inicial da doença. Ele, então, examinou um cadáver de um marinheiro e descreveu a observação que mais tarde foi reconhecida como escorbuto. A tripulação foi curada após a oferta de um extrato de folhas frescas de um indígena. Capitão Lancaster, na rota leste da Índia, preveniu o escorbuto distribuindo três colhe-

res cheias de suco de limão toda manhã para os seus tripulantes, mas acredita-se que esses capitães não tivessem conhecimento do estudo de Lind.

Entre 1768 e 1775, o capitão James Cook ofereceu verduras locais à sua tripulação e obrigou a manutenção de hábitos de higiene pessoal e ambiental rigorosos, o que evitou, assim, o escorbuto.

Apenas em 1801, a marinha começou a se preocupar em enviar laranja e limão para as tripulações. Até aquela data, acreditava-se que a doença acometia apenas os marinheiros em contato com o ar do oceano, não sendo uma ameaça na terra. No entanto, relatos de 1843 apontavam que presidiários britânicos adoeceram de escorbuto com características semelhantes às dos marinheiros doentes. Nesse presídio, a única mudança realizada foi a falta de batata na dieta dos prisioneiros; após a sua oferta, o escorbuto desapareceu. Entre 1845 e 1849, houve a Grande Fome, causada por um fungo que prejudicou a colheita de batatas na Europa. Na Irlanda, muitas pessoas com fome também apresentavam escorbuto. Na Escócia, a ocorrência de escorbuto em presidiários foi explicada por Liebig como consequência da desnutrição proteica.

No entanto, o escorbuto continuou existindo na corrida do ouro na Califórnia, em soldados na guerra de Crimeia, em presidiários da guerra civil norte-americana e em civis no cerco em Paris em 1871.

A partir do século 19, o escorbuto tornou-se mais raro graças à velocidade dos novos navios e ao cuidado que a tripulação tinha em obter alimentos frescos toda vez que aportavam. Na guerra de Napoleão, quando os portos foram bloqueados, os marinheiros evitaram o escorbuto graças aos limões da Sicília.

Zilva *et al.*, em 1921, isolaram a atividade antiescorbútica com uma fração do limão, que, sendo facilmente destruída pela oxidação, foi protegida com o uso de agentes redutores. Como já haviam descoberto os fatores A e B, chamaram-no de fator C e, posteriormente, vitamina C.

No período de 1928 a 1933, Albert Szent-Györgyi (Hungria) isolou a vitamina C. Na

mesma época, King e Waugh encontraram e identificaram componente idêntico no suco de limão, e, logo depois, Hirst e Haworth anunciaram a estrutura da vitamina C, sugerindo que o nome fosse mudado para ácido L-ascórbico pela atividade antiescorbútica. Em 1937, Haworth e Szent-Györgyi receberam o Prêmio Nobel de Química e Medicina, respectivamente.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Estrutura química

A vitamina C compreende uma vitamina hidrossolúvel, sem odor, de fórmula $C_6H_8O_6$ (176,13 g/mol), que não pode ser sintetizada pelos e primatas. Os mamíferos sintetizam-na a partir da glicose, mas nos seres humanos houve uma mutação na enzima terminal da gulonolactone oxidase.

O ácido ascórbico pode ser chamado quimicamente de 2,3 dideidro-L-trioxano-1,4-lactona ou ácido hexurônico, ácido cevita-mínico, ácido L-xiloascórbico. A denominação genérica "vitamina C" é empregada para todos os compostos com atividade biológica do ácido ascórbico e de seus produtos oxidados – monoânion de ascorbato ($A\bullet-$) e ácido deidroascórbico (ADHA).

Sua estrutura molecular é constituída por átomos de carbono assimétricos que permitem duas formas enantioméricas: a forma L, mais encontrada na natureza, e a forma D, isoascórbica ou ácido eritróbico, com pouca ou nenhuma atividade antiescorbútica (Figura 9.1).

A forma funcional da vitamina é o ácido ascórbico, que tem uma forma enólica do alfacetolactone de seis carbonos (Figura 9.2). Esses dois átomos de hidrogênio enólicos conferem a sua característica ácida e são ionizáveis pela facilidade em perder um a dois elétrons.

A perda desses elétrons (um a dois) não é prejudicial para o organismo porque pode ser tanto oxidado quanto reduzido pela glutatona, nicotinamida adenina dinucleotídio (NADH) e nicotinamida adenina dinucleotídio fosfato (NADPH), antioxidantes naturais do organismo.

Além disso, o $A\bullet-$ reage pouco com o oxigênio, produzindo quantidades mínimas

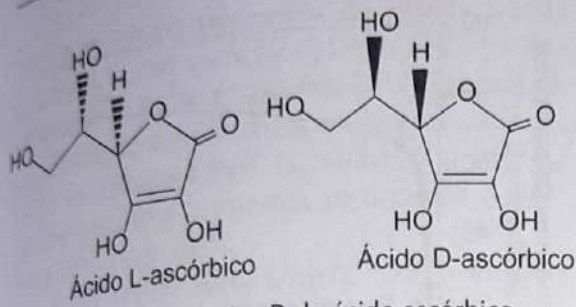


Figura 9.1 Formas L e D do ácido ascórbico.

de superóxido. Portanto, é conhecido como um excelente antioxidante ou redutor.

Estabilidade

O ácido ascórbico pode ser facilmente oxidado a radical A•- e ADHA, respectivamente na perda de um e dois elétrons. Ambos podem ser reduzidos a ácido ascórbico nos seres vivos, mas, quando o ADHA for oxidado a 2-3 dicetogulônico, não é mais reversível, sendo metabolizado a oxalato, treonato, xilose ou ácido xilônico. O catabolismo, além do ADHA, é aumentado pelo pH alcalino e por metais, principalmente cobre e ferro.

Assim que se forma o ácido dicetogulônico, há perda da atividade antiescorbútica.

Essa oxidação acontece com maior facilidade em soluções aquosas.

METABOLISMO

Absorção

O ácido ascórbico é absorvido no intestino pelo transporte ativo dependente de sódio, sendo saturável conforme aumenta a dose dessa vitamina no trato digestório. Quando a concentração da vitamina no lúmen intestinal é baixa, o transporte ativo predomina, mas, quando a oferta é alta, ocorre o processo de difusão.

Cerca de 70 a 90% do consumo habitual dietético de ácido ascórbico (aproximadamente 30 a 180 mg/dia) é absorvido, mas a absorção pode cair para 50% ou mais quando se aumenta a concentração para 1 g/dia, comum nos casos de suplementação dessa vitamina. Consumo de vitamina C acima de 500 mg não tem efeito algum sobre os depósitos de ácido ascórbico (Figura 9.3).¹

A absorção máxima poderá ser alcançada quando a ingestão de ácido ascórbico é fracionada em doses pequenas do comprimido

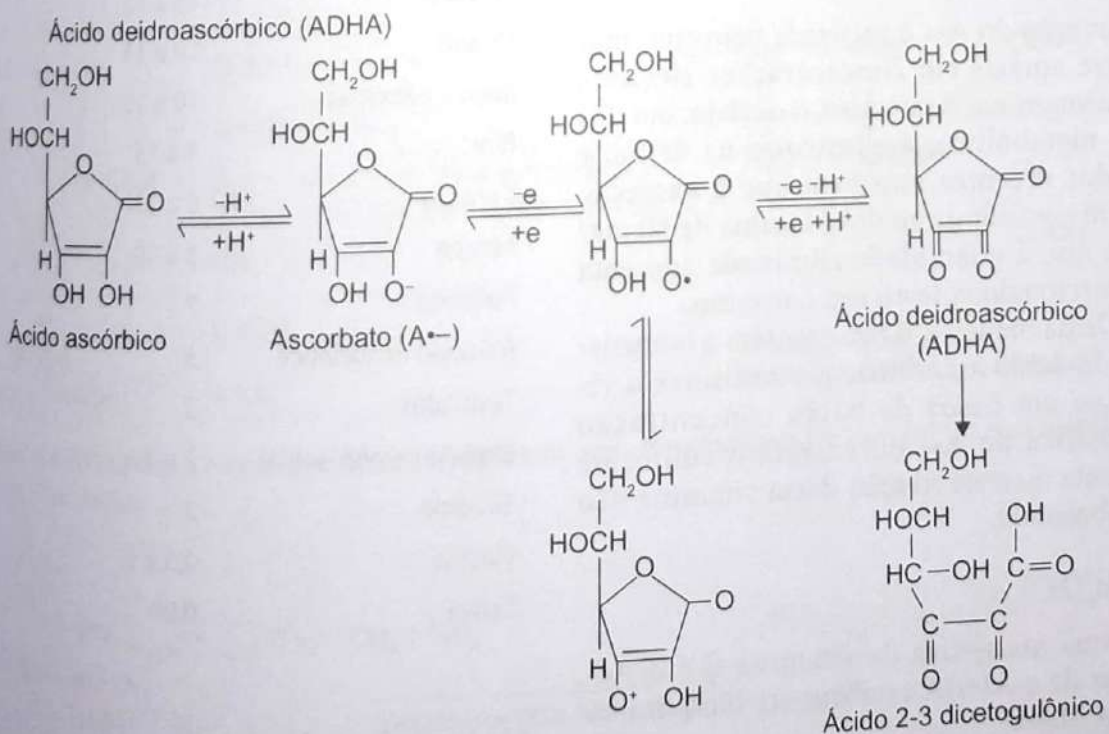


Figura 9.2 Estrutura química do ácido ascórbico e os elementos oxidados a partir desse ácido até a forma irreversível da vitamina, ácido 2-3 dicetogulônico.

com quantidade total de 1 g durante o dia, em vez de uma dose única elevada.

A absorção do ADHA é mais rápida (cerca de 10 vezes mais) nas células intestinais e no sangue que a do ácido ascórbico, por ser realizada pelo transportador de glicose. Após a sua absorção, é rapidamente reduzido ao ácido ascórbico no interior das células intestinais, razão pela qual raramente se encontra ADHA intracelular. A forma presente no interior das células e no plasma é o A•-.

Transporte

A vitamina C é hidrossolúvel, portanto não necessita de transportador para circular no meio extracelular. Já o transporte intracelular de ácido ascórbico e ADHA é mediado por transportadores que variam de célula para célula. Isso explica a diferença de concentração nos vários tecidos e células.

Reservas orgânicas

Como se observa na Tabela 9.1, a reserva orgânica do ácido ascórbico no organismo é muito baixa, mas concentrações maiores poderão ser encontradas na pituitária, na adrenal e nos leucócitos.

Excreção

A excreção do A•- é realizada pelo rim, mas ocorre apenas em concentrações elevadas dessa vitamina. Nesse caso, o oxalato, um dos seus metabólitos, é eliminado na urina, e estudos recentes mostram que a excreção ocorre com consumo diário acima de 80 mg/dia e que a quantidade eliminada aumenta proporcionalmente ao seu consumo.

Dessa maneira, o rim mantém a homeostase do ácido ascórbico, que reabsorve a vitamina em casos de baixa concentração plasmática de A•- ou excreta-o conforme aumenta a concentração dessa vitamina não metabolizada.

FUNÇÕES

A forma mais ativa da vitamina C é o A•-, apesar de o ADHA também ser bioquimicamente ativo.

O A•- é importante pelo seu papel como cofator ou cossustrato para várias reações do organismo, conforme abordado a seguir.

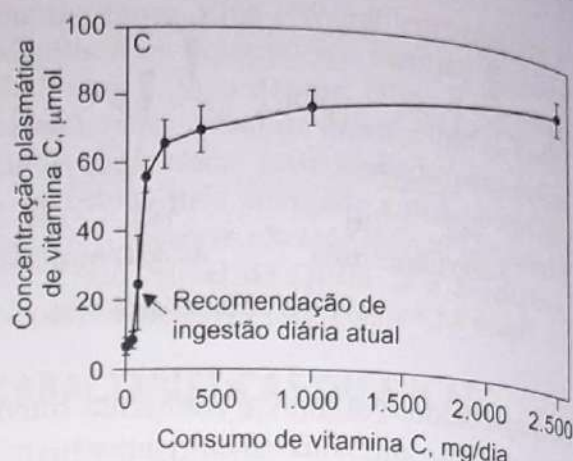


Figura 9.3 Relação entre consumo diário e concentração plasmática de vitamina C. Adaptada de WHO (2005).¹

Tabela 9.1 Concentração do ácido ascórbico (mg/100 g do tecido ou fluido) no organismo humano.

Tecido/fluido	Ácido ascórbico (mg/100 g)
Pituitária	40 a 50
Adrenal	30 a 40
Leucócitos	7 a 140
Olho (cristalino)	25 a 31
Cérebro	13 a 15
Fígado	10 a 16
Baço e pâncreas	10 a 15
Rins	5 a 15
Coração	5 a 15
Sêmen	3 a 10
Pulmões	7
Músculo esquelético	3
Testículos	3
Líquido cerebrospinal	2 a 4
Tireoide	2
Plasma	0,3 a 1
Saliva	0,09

Síntese do colágeno

O A•- é importante para a hidroxilação da prolina e da lisina para a síntese do colágeno. A enzima envolvida na hidroxilação, a proli-

na hidroxilase, necessita de molécula de oxigênio, ácido ascórbico, ferro (estado ferroso - Fe^{2+}) e alfacetoglutamato (Figura 9.4).

Durante a hidroxilação, a molécula de ferro é oxidada a Fe^{3+} (férico). O ácido ascórbico reativa a enzima reduzindo o Fe^{3+} para Fe^{2+} (ferroso).

Ação semelhante ocorre com a enzima lisina hidroxilase, que requer o cobre como cofator para a sua hidroxilação.

Síntese de carnitina

As enzimas que sintetizam carnitina necessitam do A^- da mesma maneira que essa vitamina é necessária com o ferro para a hidroxilação da prolina e a biossíntese do colágeno. A carnitina é utilizada pela mitocôndria para transferir elétron pela membrana e sintetizar ATP.

Síntese de neurotransmissor e sistema nervoso

O ácido ascórbico é necessário como cofator para a enzima dopamina beta-hidroxilase e peptidil-glicina alfa-mono-oxigenase, que necessitam de cobre para a biossíntese do hormônio. A primeira enzima catalisa a hidroxilação da cadeia de dopamina para no-

repinefrina (Figura 9.5). A segunda está envolvida na biossíntese do neuropeptídeo, adicionando o grupo amido ao terminal carboxílico do hormônio, conferindo estabilidade para o hormônio adrenocorticotrófico, a vasopressina, a ocitocina e a colecistocinina.

Outros componentes modulados pela concentração do ácido ascórbico são o receptor de neurotransmissor, a função dos neurônios dopaminérgicos e glutaminérgicos e a síntese de células da glia e da bainha de mielina dos neurônios.

Metabolismo da tirosina

O ácido ascórbico também é cofator da enzima 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenase, na hidroxilação e na descarboxilação no metabolismo da tirosina.

Doação de elétrons

O ácido ascórbico é conhecido como o antioxidante dietético hidrossolúvel mais versátil e efetivo. Compreende um doador de elétrons ou agente redutor para reações químicas tanto intra quanto extracelulares. Dentro das células, o ascorbato pode ser um doador de elétron para transformar ferro férrico em ferroso.

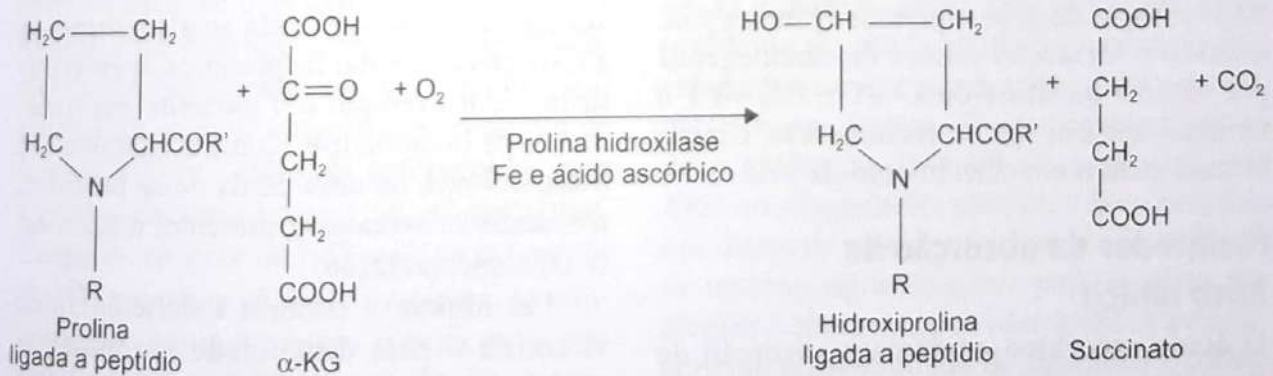


Figura 9.4 Hidroxilação da prolina, necessitando do A^- para transformar o Fe^{3+} em Fe^{2+} , com o oxigênio e o alfacetoglutamato.

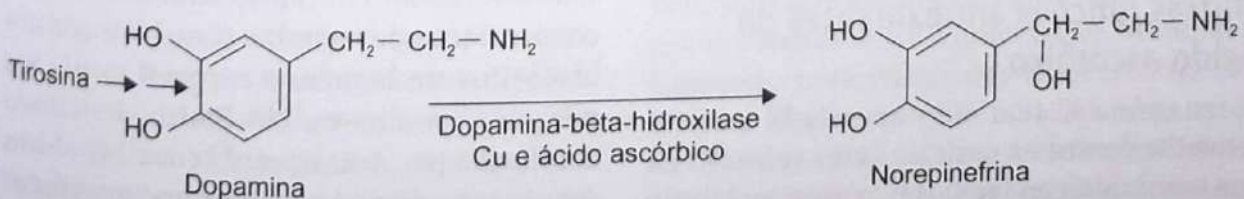


Figura 9.5 Síntese da norepinefrina, a partir da dopamina, e a importância do A^- para recuperar o cobre (Cu).

Na atividade extracelular, a vitamina C está associada à retenção da oxidação do LDL (lipoproteína de baixa densidade). O ácido ascórbico atua transferindo elétrons para radicais de tocoferol em membranas ou lipídios, evitando a oxidação da lipoproteína, sequestrando os radicais peroxil na fase aquosa antes de iniciar a peroxidação e por regenerar a forma ativa da vitamina E, um importante antioxidante lipossolúvel.

O ascorbato pode reduzir superóxidos ($O_2^{\cdot-}$), radical hidróxido (HO^{\cdot}) e oxidantes reativos, evitando possíveis danos ao DNA (o que pode levar à mutação e iniciar o processo de carcinogênese), ou afetar a transcrição do DNA, da proteína e das estruturas de membranas. A catarata é um exemplo da distorção ou inativação da proteína pelo estresse oxidativo.

Além dessas atividades, o ácido ascórbico sequestra radicais livres das espécies de oxigênio reativo, produzidas de modo endógeno, pela redução parcial do oxigênio para o radical superóxido, ou por interferências exógenas, como raios ultravioleta, camada de ozônio, fumaça de cigarro, quinona da dieta e substâncias quinoides. Sugere-se que essas espécies de oxigênio reativo têm oferecido danos à pele, sendo consideradas carcinógenas, pois o contato com a luz ultravioleta (UVB) pode induzir a mutação do gene supressor de tumor p53, levando à formação celular de carcinógenos por alterar os sítios de C→T e CC→TT e também ser um agente inflamatório, contribuindo para o envelhecimento da pele.

Facilitador da absorção de ferro iônico

O ácido ascórbico aumenta a absorção de ferro por mantê-lo na forma reduzida Fe^{2+} (ferroso, mais absorvível), sendo considerado estimulador da absorção intestinal de ferro iônico.

Outras funções antioxidantes do ácido ascórbico

A vitamina C tem sido associada a efeito protetor contra os radicais livres sob ação da luz em fluidos ou tecidos oculares, incluindo córnea, lentes, umidade vítrea e retina.

Altos níveis de ascorbato foram encontrados em neutrófilos, conferindo a proteção celular e tecidual durante a respiração celular – processo que produz normalmente radicais livres.

DEFICIÊNCIAS

O escorbuto representa a doença clássica da deficiência grave de vitamina C, caracterizada pelo defeito do tecido conjuntivo, pois a vitamina C é cofator para a síntese de hidroxiprolina e hidroxilisina (necessárias à hidroxilação da prolina para a síntese de colágeno). Assim, a sua deficiência causa hiperqueratose folicular, petéquias, alteração da cicatrização e degradação oxidativa de alguns fatores da coagulação sanguínea, contribuindo para inflamação e sangramento das gengivas, hemorragias perifoliculares e artralgia.

Os sintomas de escorbuto parecem surgir quando da concentração plasmática menor que $11 \mu\text{mol}/\ell$ ($0,2 \text{ mg}/100 \text{ mL}$) e leucócito menor que $2 \mu\text{g}/10^8$ células. Esses sintomas aparecem em menos de 10 semanas na ausência de alimentos ricos em vitamina C.

Em crianças, o escorbuto poderá promover anormalidade óssea, comprometimento de crescimento ósseo, hemorragia e anemia.

A deficiência de ácido ascórbico entre os adultos tem sido associada ao alcoolismo ou à restrição alimentar na presença de enfermidades. Um exemplo é o paciente em tratamento de hemodiálise. Como a vitamina C é hidrossolúvel, há uma perda nesse processo, tornando-se necessário aumentar a sua oferta ou suplementação.

Em idosos, é comum a deficiência de vitamina C pela dificuldade em mastigar verduras e frutas frescas, dieta restrita, dificuldade de mobilidade, questões sociais por morar sozinho ou problemas financeiros. Entre os idosos, as necessidades nutricionais são maiores em relação ao adulto jovem, e a concentração de vitamina C no plasma e nos leucócitos em homens é em geral menor em relação às mulheres. No Brasil, um estudo conduzido por Aranha *et al.*² entre 112 idosos (idade entre 60 e 93 anos) institucionalizados em João Pessoa (Paraíba) verificou baixa

ingestão de vitamina C em inquérito alimentar com pesagem de alimentos e bebidas em todas as refeições oferecidas durante 7 dias. A média de consumo dessa vitamina entre os homens foi de 38,8 mg/dia (desvio padrão de 14,1 mg/dia) e entre as mulheres, de 32,6 mg/dia (desvio padrão de 11,7 mg/dia). Em outro estudo, Da Cunha *et al.*³ avaliaram o nível sérico de vitamina C em idosos internados no hospital universitário de Ribeirão Preto. A maioria dos participantes do estudo era aposentada, de baixa ou média renda, e dois terços da amostra foram compostos de pessoas da cor de pele branca. Os níveis séricos de vitamina C em 21 idosos desnutridos foram estatisticamente menores (média de 0,20 mg/100 mL) quando comparados com o grupo de 106 idosos em estado nutricional normal (média de 0,26 mg/100 mL). Utilizando o mesmo tipo de população, Aranha *et al.*² realizaram um estudo de intervenção com suco de acerola, rico em vitamina C, e suplemento vitamínico. Um grupo de 11 idosos recebeu durante 1 mês suco de acerola com teor de 500 mg de vitamina C e outros 11 idosos 500 mg de vitamina C em comprimido. Os pesquisadores avaliaram o nível sérico a cada 10 dias após o início da intervenção e verificaram valores maiores estatisticamente significantes nos participantes que receberam suco de acerola, que variaram de 0,5 mg/100 mL antes da intervenção para aproximadamente 1,4 mg/100 mL em 10 dias, chegando ao ápice de 1,67 mg/100 mL no 20º dia. O grupo que recebeu o suplemento também apresentou aumento significativo, variando de 0,5 mg/100 mL antes da intervenção para aproximadamente 1 mg/100 mL após 10 dias e 1,71 mg/100 mL no 20º dia. Após o pico máximo no 20º dia de intervenção, a concentração sérica apresentou ligeira queda e estabilização até o término da suplementação, tanto nos que receberam suco quanto comprimido. A oferta de suco de acerola para os idosos institucionalizados seria um meio saudável e barato para prevenir a hipovitaminose C.

Em gestantes, outro estudo brasileiro avaliou o consumo alimentar de 1.228 gestantes adolescentes com idade entre 12 e 19 anos no período de julho de 1999 a março de 2001 do município do Rio de Janeiro. Foi aplicado um questionário de frequência de consumo alimentar, no qual a participante referia a frequência de consumo de mais de 3 vezes/dia, de 2 a 3 vezes/dia, 2 vezes/dia, 5 a 6 vezes/semana, 2 a 4 vezes/semana, 1 vez/semana, 1 a 3 vezes/mês e nunca ou quase nunca, e com as porções padronizadas para cada alimento. A prevalência de consumo diário de laranja foi de 50,8% e semanal de 79,6%, enquanto o consumo de legumes foi 53,8% diariamente e 88,4% semanalmente. Contudo, a diferença da média de consumo entre as meninas que consumiam mais vitamina C (quartil superior = 441 mg) quando comparada àquelas com menor consumo dessa vitamina (quartil inferior = 38 mg) foi de 11 vezes. Apenas o grupo de menor consumo de vitamina C não atingiu a ingestão diária recomendada para a população norteamericana gestante de 80 mg/dia.⁴

Atualmente, a ocorrência de escorbuto no Brasil é rara por ser um país tropical com grande abundância de vegetais e frutas ricas em vitamina C.

O escorbuto ainda representa um grave problema de saúde pública entre os povos refugiados e entre aqueles sem acesso a legumes e frutas frescas. Houve uma estimativa de prevalência de 6,3% dessa doença em 2002 no Afeganistão, com pico de ocorrência nos meses de janeiro e fevereiro, após 6 meses de inverno rigoroso nesse país. A dieta dos afegãos é composta por pães e chás e eventualmente acompanhada de laticínios e folhas verdes. Outros povos que recebem ração alimentar ou carecem de alimentos frescos, como nos países africanos (Etiópia, Quênia, Somália, Sudão), e butaneses, no Nepal, também sofreram escorbuto. Após esses incidentes, o Programa de Alimentação Mundial e Comissão para refugiados da Secretaria das Nações Unidas providenciaram alimentos fortificados e aumentaram a oferta de alimentos frescos, além de oferecerem suplemento vitamínico para curar o escorbuto.⁵

A Organização Mundial da Saúde (OMS) considera um problema de saúde pública a ocorrência de um caso de escorbuto.¹

TOXICIDADE

Difícilmente encontra-se toxicidade por vitamina C, pois sua homeostase é regulada pelo rim. Além disso, não há evidências de que ela seja carcinogênica ou teratogênica para a reprodução.

No entanto, dados mostram que um consumo acima de 200 mg/dia pode elevar ligeiramente os níveis plasmáticos. Possíveis efeitos colaterais incluem diarreia e outras complicações gastrintestinais, como náuseas, cãibra abdominal, formação de pedras no rim (cálculo renal ou nefrolitíase), aumento da absorção de ferro, redução de vitamina B₁₂ e cobre, aumento da demanda de oxigênio e erosão do esmalte do dente.

Outra preocupação quanto ao consumo elevado de vitamina C é a sua provável atividade pró-oxidante, atuando como sequestrador de elétrons, podendo formar radicais livres ou elementos altamente reativos.

Avaliação nutricional

Para determinação da vitamina C no organismo humano, o método mais utilizado com alta especificidade e sensibilidade é a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC, do inglês *high performance liquid chromatography*). Podem ser avaliados sangue total (leucócitos), soro e plasma. O soro e o plasma refletem a ingestão recente de vitamina C, enquanto os níveis nos leucócitos representam a reserva orgânica dessa vitamina.

A concentração normal plasmática é de 0,8 a 1,4 mg/100 mL, enquanto nos leucócitos é de 20 a 40 µg/10⁸ células e células vermelhas.

A excreção urinária de ácido ascórbico pode também ser utilizada, embora indicada apenas em casos de escorbuto ou tratamento de escorbuto, controlando-se a excreção após a administração de vitamina C oral, utilizada apenas em avaliação individual.

Recomendações nutricionais

A FAO/OMS recomenda níveis de ingestão de vitamina C de 25 a 30 mg/1.000 kcal –

níveis superiores às necessidades reais de ácido ascórbico para a maior parte dos indivíduos. Entretanto, essa recomendação considera o efeito potencial da vitamina C na estimulação da absorção do ferro iônico, melhorando a biodisponibilidade do ferro da dieta, especialmente em países em desenvolvimento. Essa recomendação se refere ao teor de vitamina C proveniente de frutas e vegetais frescos, uma vez que a cocção desses alimentos pode representar cerca de 50% de perda no teor de vitamina C.¹

Vários estudos apontam que a concentração plasmática ou sérica de A•- é maior entre as mulheres que entre os homens, independentemente da ingestão oral. A provável diferença segundo o sexo tem sido atribuída à diferença na composição corporal – os homens têm uma quantidade menor de massa gorda em comparação às mulheres.

Entre os fumantes, valores menores de concentração de ascorbato no plasma e nos leucócitos têm sido descritos quando comparados aos não fumantes. Isso pode ser explicado pelo baixo consumo de vegetais e frutas e/ou aumento da oxidação sofrida pelos fumantes, como foi observado em estudo de Lykkesfeldt *et al.*⁶, que encontraram concentração plasmática maior de ADHA que de A•- em fumantes quando comparados com os não fumantes.

Com o aumento do estresse oxidativo, os fumantes são mais suscetíveis à oxidação lipídica, de lipoproteínas e DNA, com maior risco para disfunção endotelial e hemostática. Observou-se também aumento no estresse oxidativo entre fumantes passivos. Portanto, entre os fumantes, estima-se um aumento da necessidade de 35 mg/dia de vitamina C.

Para os recém-nascidos e as crianças menores de 1 ano, a ingestão adequada foi estimada com base na composição do leite materno, que seria o alimento exclusivo até os 6 meses de idade, como recomenda a OMS, e para crianças entre 7 e 12 anos, como alimentação complementar.⁵ Os limites máximos seguros para ingestão de vitamina C estabelecidos pelo Institute of Medicine dos EUA (IOM) são apresentados na Tabela 9.2.⁷

Tabela 9.2 Limites máximos diários de ingestão de vitamina C nos ciclos da vida, segundo o Institute of Medicine (EUA).

Grupo populacional	Limite máximo de ingestão de vitamina C (mg/dia)
Crianças 1 a 3 anos	400
Crianças 4 a 8 anos	650
Crianças 9 a 13 anos	1.200
Adolescentes 14 a 18 anos	1.800
Adultos	2.000
Gestante e lactante (14 a 18 anos)	1.800
Gestante e lactante (acima de 18 anos)	2.000

Fonte: IOM (2006).⁷

FONTES ALIMENTARES

Não há diferenças quanto à biodisponibilidade de vitamina C encontrada tanto nos alimentos quanto em suplementos comerciais. O teor de vitamina C em alimentos depende de fatores como época do ano, transporte, tempo de prateleira, meio de conservação, estocagem e forma de cocção. Cerca de 90% da vitamina C provém de frutas e vegetais, principalmente frutas ácidas, como tomate e seus derivados (suco e molho). Outras fontes são couve, pimenta e brócolis. Entre as frutas com elevado teor de vitamina C, destacam-se, além das cítricas (laranja, limão, tangerina etc.), o camu-camu ou caçari ou araçá d'água (fruta nativa da região Amazônica que pode ser consumida em fruta, sorvete ou geleia), acerola, araçá e goiaba (Tabela 9.3).⁸⁻¹²

O estudo de Serafini *et al.*¹³, na Itália, avaliou a concentração da vitamina C da alface (após higienização) sob conservação convencional (conservação doméstica) ou em embalagens especiais de ambiente modificado, como é vendido em mercados. Essa embalagem mantém o balanço do gás no seu interior e com atividade respiratória baixa, cuja concentração de oxigênio e gás carbô-

nico é mínima para evitar a deterioração do produto. A mudança da concentração da vitamina C foi avaliada logo após a higienização, 3 e 7 dias sob refrigeração, em ambas as formas de conservação. Tanto na conservação convencional quanto nas embalagens especiais, houve perda de ácido ascórbico com o tempo de estocagem; no entanto, a perda maior ocorreu na embalagem com controle de gás, decorrente da situação de hipoxia e redução de atividade antioxidante. Portanto, para melhor aproveitamento da vitamina C, deve-se incentivar o consumo de folhas frescas.

Um estudo chileno avaliou a concentração da vitamina no espinafre segundo modos de preparo: a maior oferta foi observada nas folhas cruas, seguida do preparado em micro-ondas, vapor e na cocção em água em abundância, na qual houve menor concentração.¹⁴

CURIOSIDADES

Há alguns anos, cosméticos para retardar o envelhecimento da pele continham vitaminas C e E, importantes vitaminas antioxidantes, que poderiam neutralizar o dano oxidativo celular. No entanto, em revisão da literatura recente, pesquisadores atribuíram a saúde da pele à alimentação rica em verduras, legumes e frutas e estilo de vida saudável livre de cigarro.¹⁵

A suplementação da vitamina C tem sido recomendada para auxiliar na cicatrização de feridas em situações pós-cirúrgicas, deiscência de anastomose ou em úlcera de decúbito, por seu papel na síntese de colágeno.

Em idosos, a suplementação dessa vitamina tem sido associada à melhora do processo de cicatrização.

Artigos de revisão de vários estudos mostram que a megadose de vitamina C não tem nenhum efeito na diminuição da incidência de resfriados. Apenas pode diminuir a duração do resfriado ou a gravidade do episódio.

Segundo evidências a partir de estudos internacionais, manter uma dieta rica em vitamina C pode reduzir o risco para câncer de pulmão, principalmente entre os fumantes.¹⁶

Tabela 9.3 Concentração de ácido ascórbico em alimentos nacionais.⁸⁻¹²

Alimento	Porção	Vitamina C por porção (mg)	Vitamina C em 100 g do alimento (mg)
Pimentão amarelo cru	1 colher de sopa cheia (13 g)	26	201
Pimentão vermelho cru	1 colher de sopa cheia (13 g)	20,5	158
Pimentão verde cru	1 colher de sopa cheia (13 g)	13	100
Tomate cru	4 fatias médias (60 g)	12,6	21
Nabo cru	2 colheres de sopa (45 g)	4,5	10
Extrato de tomate	1 colher de sobremesa (17 g)	3,1	18
Purê de tomate	1 colher de servir arroz (45 g)	2,3	5
Cenoura crua	1 colher de sopa cheia (25 g)	1,3	5
Pepino cru	1 colher de sopa cheia (18 g)	0,9	5
Beterraba crua	1 colher de sopa cheia (16 g)	0,5	3
Sorvete de camu-camu	1 bola média (80 g)	360	450
Suco de laranja-baía	1 copo pequeno (165 g)	155,1	94
Mamão formosa	1 fatia média (170 g)	134,3	79
Suco de laranja-pera	1 copo pequeno (165 g)	120,4	73
Polpa de acerola	Não disponível	–	179
Laranja-baía com bagaço	1 unidade média (180 g)	102,6	57
Laranja-pera com bagaço	1 unidade média (180 g)	97,2	54
Geleia de camu-camu	1 colher de sopa (10 g)	71	710
Suco de tangerina poncã	1 copo pequeno (165 g)	69,3	42
Tangerina poncã	1 unidade média (135 g)	66,2	49
Kiwi	1 unidade média (76 g)	54	71
Morango	5 unidades médias (60 g)	38,4	64
Abacate	1 copo pequeno cheio (130 g)	11,7	9
Maracujá	1 unidade média (45 g)	9	20
Banana-da-terra	½ unidade grande (50 g)	8	16
Banana-maçã	1 unidade média (65 g)	6,5	6
Banana-ouro	1 unidade média (40 g)	3,2	8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. WHO. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. 2. ed. Geneva: World Health Organization; 2005. Disponível em: <http://www.who.int/iris/handle/10665/42716>.
2. Aranha FQ, Moura KSA, Simões MOS, Barros ZF, Quirino IVL, Metri JC, et al. Normalização dos níveis séricos de ácido ascórbico por suplementação com suco de acerola (*Malpighia glabra* L.) ou farmacológica em idosos institucionalizados. *Rev Nutr.* 2004;17:309-17.
3. da Cunha DF, da Cunha SFC, Unamuno MR, Vannucchi H. Serum levels assessment of vitamin A, E, C, B2 and carotenoids in malnourished and non-malnourished hospitalized elderly patients. *Clin Nutr.* 2001;167-70.
4. Barros DC, Pereira RA, Gama SGN, Leal MC. O consumo alimentar de gestantes adolescentes

- no município do Rio de Janeiro. *Cad Saúde Pública*. 2004;20:121-9.
5. Cheung E, Mutahar R, Assefa F, Ververs MT, Nasiri SM, Borrel A, et al. An epidemic of scurvy in Afghanistan: assessment and response. *Food Nutr Bull*. 2003;24:247-55.
 6. Lykkesfeldt J, Christen S, Wallock LM, Chang HH, Jacob RA, Ames BN. Ascorbate is depleted by smoking and repleted by moderate supplementation: a study in male smokers and nonsmokers with matched dietary antioxidant intakes. *Am J Clin Nutr*. 2000;71:530-6.
 7. Institute of Medicine. *Dietary Reference Intakes: the essential guide to nutrient requirements*. Washington (DC): The National Academies Press; 2006. 543 p.
 8. Justi KC, Visentainer JV, de Souza NE, Matsushita M. Nutritional composition and vitamin C stability in stored camu-camu (*Myrciaria dubia*) pulp. *Arch Latinoamer Nutr*. 2000;50:405-8.
 9. Pupunha e camu-camu: espécies amazônicas com grande potencial para o agronegócio. Disponível em: http://www.inpa.gov.br/em_evidencia/03-08-20_pupunhacamucamu.html.
 10. Visenter JV, Vieira OA, Matsushita M, de Souza NE. Caracterização físico-química da acerola *Malpighia glabra* L. produzida na região de Maringá, estado do Paraná, Brasil. *Arch Latinoamer Nutr*. 1997;47:70-2.
 11. Nepa-Unicamp. *Tabela de composição de alimentos*. Campinas: NEPA-UNICAMP; 2004.
 12. Roncada MJ, Wilson D, Suguimoto L. Concentração de ácido ascórbico em sucos de diversas frutas brasileiras e sua relação com preço e necessidades diárias recomendadas de vitamina C. *Rev Saúde Pública*. 1977;11:39-46.
 13. Serafini M, Bugianese R, Salucci M, Azzini E, Raguzzini A, Maiani G. Effect of acute ingestion of fresh and stored lettuce (*Lactuca sativa*) on plasma total antioxidant capacity and antioxidant levels in human subjects. *Brit J Nutr*. 2002;88:615-23.
 14. Pighín AF, Rossi AL. Fresh, frozen and canned spinach: vitamin C content before and after cooking. *Rev Chil Nutr*. 2010;34:201-7.
 15. Pullar JM, Carr AC, Vissers MCM. The roles of vitamin C in skin health. *Nutrients*. 2017;9:866.
 16. World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research. *Diet, nutrition, physical activity and cancer: a global perspective*. Continuous Update Project Expert Report 2018. Disponível em: dietandcancerreport.org.

BIBLIOGRAFIA

- Jacob R. Vitamina C. In: Shils ME, Olson JA, Shike M, Ross AC. *Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença*. 9. ed. Barueri: Manole; 2003. p. 499-517.
- Moser U, Bendich A. Vitamin C. In: Machlin L. *Handbook of vitamins*. 2. ed. New York: Marcel Dekker Inc; 1992. p. 195-232.