

Az élelmiszer-célú növények betárolásának hatása a C-vitamin tartalomra

Hajdinák Péter – Czobor Ádám

Összefoglalás

Az aszkorbinsav, vagy más néven C-vitamin az élő szövetek egyik legfontosabb antioxidánsa, valamint számos enzim kofaktora. Az ember azonban egy génmutáció következtében elvesztette az aszkorbinsav bioszintézisének képességét. Ennek köszönhetően a mindennapi szükséglet biztosítása, illetve a hiánybetegségek, például skorbut elkerülése érdekében megfelelő táplálkozással, elsősorban növényi forrásokra támaszkodva kell bevinni a szükséges mennyiséget. A zöldségek és gyümölcsök C-vitamin tartalma betakarítás után igen gyorsan csökken, ezért különösen fontos a tárolás körülménye és időtartama. Hűtéssel, de legfőképpen gyorsfagyasztással a bomlás sebessége lelassítható, ezzel szemben konzerválással, főzéssel jelentős mértékben felgyorsul. Ezen tényezők figyelembevétele kulcsfontosságú lehet a megfelelő vitaminbevitel biztosításához.

A C-vitamin

A molekuláris oxigén metabolizmusa során oxigén tartalmú szabadgyökök és magas reaktivitású molekulák keletkezhetnek, amelyeket együttesen reaktív oxigénvegyületeknek nevezünk. Ezek oxidatív károsodásokat okozhatnak a sejtekben, így azok antioxidánsok termelésével védekeznek ellenük, amelyek közül az egyik legfontosabb az aszkorbinsav, vagy más néven C-vitamin.

Az aszkorbinsav antioxidáns funkciója mellett számos más biokémiai reakcióban is szerepet játszik, ilyen például az állati szervezetekben az epesavak termelése, az adrenalin, a noradrenalin, valamint a kollagén bioszintézise (Mandl et al., 2009; Szarka & Lőrincz, 2014).

A fentiek alapján tehát az élő sejtek és szövetek számára kulcsfontosságú a megfelelő aszkorbinsav-ellátottság. Az ember azonban – hasonlóan néhány más emlőshöz (pl. tengerimalac, gyümölcssevő denevér) – elvesztette az aszkorbinsav bioszintézisének képességét, amelynek oka a bioszintézis utolsó lépését katalizáló gulonolakton-oxidázt kódoló gént ért többszörös mutáció (Bánhegyi et al., 1997).

Az ember számára tehát az aszkorbinsav vitamin, szükségletét megfelelő táplálkozással kell kielégítenie. Elégtelen mennyiségű aszkorbinsav bevitele esetén hiánybetegség, például skorbut alakul ki, amely

részben a kollagén szintézis zavarának következménye (Szarka & Lőrincz, 2014).

A kollagén vázfehérje, amely az állatok kötőszövetek egyik legfontosabb összetevője. Aszkorbinsav hiányában a prolin-hidroxiláz enzim nem képes hidroxiprolint termelni, így a kollagén felépítéséhez nem megfelelő minőségű polipeptid láncok keletkeznek. Ezekhez a láncokhoz aztán a kollagén szénhidrát részei sem képesek kapcsolódni, és kialakul a skorbut.

Ilyenkor a kötőszövetek lazává, a véredények és a bőr fragilissé válnak, valamint kialakulnak a skorbutra jellemző egyéb tünetek, például a fogak meglazulása és kiesése (Szarka & Lőrincz, 2014). A kollagén azonban nem az egyetlen fehérje, amelynek szintézisében szerepet játszik a C-vitamin. Kimutatták ugyanis, hogy az aszkorbát az endoplazmás retikulumban (ER) zajló oxidatív fehérje érésben is közreműködik mint a diszulfid képződés egyik lehetséges elektronszállítója (Bánhegyi et al., 2003; Csala et al., 1999). Az aszkorbát az ER felszínén egy elektron leadásával monodehidroaskorbát szabadgyökké oxidálódik (Szarka et al., 2002), majd továbbá alakul dehidroaskorbáttá, amely képes bejutni az ER lumenjébe (Csala et al., 2000), és ott reagálni a fehérjék tiol-csoportjaival. A folyamat jelentőségét alátámasztja, hogy a C-vitamin hiánya ER-stressz kialakulásával jár az intenzív fehérjeszintézist folytató májsejtekben (Margittai et al., 2005).

Felvetődik tehát a kérdés, hogy mekkora mennyiségű aszkorbinsav fogyasztása szükséges az egészség megőrzéséhez. Az RDA (*Recommended Dietary Allowance*: Ajánlott Napi Tápanyagbevitel) adatok szerint napi 60-80 mg C-vitamin fogyasztása is elegendő lehet, de ez a mennyiség valószínűleg csak éppen elegendő a skorbut és más hiánybetegségek megelőzéséhez. Klinikai vizsgálatok alapján hozzávetőlegesen napi 200 mg aszkorbinsav bevitele lenne kívánatos (Levine et al., 1996; Szarka & Lőrincz, 2013), de az esetek jelentős részében a megadózisú (10-15 g) C-vitamin sem okoz problémát, jó vízdoldhatósága miatt kiürül a szervezetből. Éppen ezért nem is javasolt különösen nagy mennyiségű bevétel (Chen et al., 2005).

A napi aszkorbinsav-igény kielégítésére kézenfekvő megoldás a különböző magas C-vitamin tartalmú növények, élelmiszerek fogyasztása. Az aszkorbinsav azonban oldott formában gyorsan lebomlik, így a nem megfelelően tárolt zöldségek és gyümölcsök vitamin tartalma jelentősen csökkenhet.

A friss élelmiszercélú zöldségek és gyümölcsök csoportosítása tárolás szempontjából

Az már régóta bizonyított tény, hogy a rendszeres zöldség- és gyümölcsfogyasztás elengedhetetlen az egészséges életmódhoz, de míg régen leginkább frissen, a saját kertünkben, vagy a piacról jutottunk hozzá a zöldségekhez és gyümölcsökhöz, addig manapság igen sok lehetőség (frissen, fagyasztva, befőzve, fel-

A különböző tárolási módszerek hatása a C-vitamin szintre

A fent említett tárolási módszerek hatását a C-vitamin szintre a szakirodalom által széles körben vizsgált, így megfelelő mennyiségű adatot biztosító borsó, zöldbab, spenót és répa példáján mutatjuk be.

Az 1. táblázat-ban bemutatott „frissességi csoportosítás” alapján a 2. táblázat szemlélteti az egyes

1. táblázat: Friss élelmiszercélú zöldségek és gyümölcsök csoportosítása (Favell, 1998)

Csoport	Tárolási idő és körülmények
Frissen szedett (kerti frissesség)	azonnali felhasználás
Piaci frissesség	1-3 nap; normál (kb. 20°C) tárolás
Piaci frissesség + otthoni tárolás	3-7 nap; normál (kb. 20°C) tárolás
Szupermarket frissesség	2-3 nap; hűtött (kb. 4°C) tárolás
Szupermarket frissesség + otthoni tárolás	I: 3-7 nap; hűtött (kb. 4°C) tárolás
	II: 2-3 nap; hűtött (kb. 4°C), majd 1-3 nap normál (kb. 20°C) tárolás

dolgozva stb.) áll rendelkezésünkre ezek beszerzésére. A fentieket figyelembe véve mindenképpen hasznos tisztában lenni azzal, hogyan is befolyásolja a betakarítás és az elfogyasztás közt eltelt idő, illetve a tárolás típusa a kulcsfontosságú antioxidáns – a C-vitamin – szintjét zöldségeinkben és gyümölseinkben.

A tárolási idő és a körülmények szempontjából az 1. táblázatban feltüntetett csoportokba sorolhatjuk a friss élelmiszercélú zöldségeinket és gyümölseinket.

A legtöbb zöldség és gyümölcs a friss mellett fagyasztott (kb. -20°C tárolás), illetve egyéb módon tartósított (pl. konzervált) formában is megvásárolható. Ezek a termékek hosszabb eltarthatóságuk miatt igen népszerűek, így C-vitamin tartalmuk változása az idő múlásával szintén fontos információ lehet számunkra a megfelelő vitaminbevitel biztosításához.

csoportok C-vitamin tartalmának változását a frissen szedethez (kerti frissesség) képest. Jól látható, hogy az egyes csoportok közt igen jelentős különbségek is előfordulnak, hiszen a C-vitamin bomlásának üteme jelentősen függ a zöldség/gyümölcs szöveteinek felépítésétől, intracelluláris aszkorbát oxidáz, illetve vas- és réztartalmától, az uralkodó pH-tól, a fajlagos felülettel, tehát végeredményben a fajtájától. További jelentős paraméterek a betakarítás, illetve a szállítás közben keletkező esetleges sérülések, hiszen ezek drasztikusan képesek növelni a C-vitamin veszteséget. A spenót esetében tapasztalható a legnagyobb mértékű aszkorbinsav veszteség, amely még fagyasztás alkalmazásával (3. táblázat) is megközelíti a 35%-ot (Favell, 1998). Ennek hátterében a spenót igen magas vastartalma, illetve nagy fajlagos felülete áll, ezen felül igen gyakori a spenótlevelek mechanikai sérülé-

2. táblázat: A friss élelmiszercélú borsó, zöldbab, spenót és répa C-vitamin szintjének változása a "frissességi csoportosítás" alapján (Favell, 1998)

	Frissen szedett (kerti frissesség)	Piaci frissesség	Piaci frissesség + otthoni tárolás	Szupermarket frissesség	Szupermarket frissesség + otthoni tárolás
Borsó	100%	61%	37%	97%	I.: 85% ; II.: 59%
Zöldbab	100%	56%	44%	49%	I.: 43% ; II.: 32%
Spenót	100%	11%	0%	51%	I.: 20% ; II.: 0%
Répa	100%	88%	73%	98%	I.: 88% ; II.: 74%

se a betakarítás során. Ezek együttesen jelentős mértékű aszkorbinsav $\rightarrow$ dehidroaszkorbát átalakulást eredményeznek (Giannakourou & Taoukis, 2003). A répa szinte teljesen ellentétes tulajdonságokkal ren-

zöldbab és a répa esetében pedig szinte teljes mértékben megőrizhető a kerti frissesség C-vitamin tartalma.

A már bemutatott friss, illetve fagyasztott körülmények mellett egyre inkább előtérbe kerülnek étkezé-

3. táblázat: A fagyasztás hatása a borsó, zöldbab, spenót és répa C-vitamin tartalmára (Favell, 1998; Hunter & Fletcher, 2002)

	Frissen szedett (kerti frissesség)	Fagyasztva tárolás (12 hónap)
Borsó	100%	92%
Zöldbab	100%	100%
Spenót	100%	66%
Répa	100%	100%

delkezik, mint a fent bemutatott spenót, amely magyarázza a C-vitamin csökkenés jóval alacsonyabb mértékét. A köztes eredményt mutató zöldbab és borsó esetében kiemelendő, hogy a borsó hűtés hatására igen jól képes megőrizni C-vitamin tartalmát, amelyhez nagymértékben járul hozzá a hüvely védelmi szerepe a betakarítás közben.

Az élelmiszer célú zöldségeink és gyümölcsjeink hosszabb távú tárolására kiváló módszer lehet a fagyasztás. Természetesen ebben az esetben is nagyon fontos a betakarítás és a fagyasztás közt eltelt idő, hiszen a maximális C-vitamin tartalom megőrzéséhez a lehető leghamarabb el kell végezni a fagyasztást, ezt követően pedig nem megengedhető a termék felolvasztása a végső felhasználásig.

A **3. táblázat** a borsó, a zöldbab, a spenót, illetve a répa C-vitamin tartalmának változását mutatja be frissen szedett állapotban történő gyorsfagyasztás, majd 12 hónap fagyasztva tárolást (-20°C) követően. A zöldbab és a répa esetében gyakorlatilag nem mutatható ki aszkorbinsav csökkenés egy év fagyasztva tárolás hatására, a borsó pedig minimális mértékben veszít C-vitamin tartalmából ugyanilyen körülmények között. Ezzel szemben a spenót C-vitamin tartalma fagyasztott állapotban is jelentősnek mondható mértékben (35%) csökken.

Összességében elmondható, hogy a valóban gyorsfagyasztott termékek kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkeznek C-vitamin szempontjából piaci és szupermarket frissességű társaikhoz képest, a borsó, a

sünekben az előkezelt termékek, mint például a konzervek, befőttek. Azt is érdemes megfontolni, hogy a változatos formában rendelkezésre álló zöldségekkel és gyümölcsökkel hogyan is bányunk ételünk elkészítésénél. A **4. táblázat** a fenti felvetéseket igyekszik megvizsgálni ismét a frissen szedett zöldségeket viszonyítási alapul véve.

A **4. táblázat**-ban látható „Főzött” oszlop forrásban levő vízben 3 percig, a „Túlfőzött” oszlop 8 percig történő főzést, míg a mikrohullámú kezelés 750 W-on 4 percig történő (2x2 perc) előkészítést reprezentál (Hunter & Fletcher, 2002). Az összehasonlítás végett a két relatív magas C-vitamin tartalommal rendelkező (borsó: kb. 1000 nmol/g; spenót: kb. 1600 nmol/g), de a fent bemutatottak alapján jelentősen eltérő C-vitamin csökkenést mutató borsó és spenót kerül bemutatásra.

A konzervált termékek esetén tapasztalható a legjelentősebb aszkorbinsav szintcsökkenés, amelyet a konzerválás során szokásosan alkalmazott, a hosszú távú szavatosságot biztosító, hővel történő tartósítás okoz. A főzési idő hosszának fontosságát a főzött és a túlfőzött minták C-vitamin tartalmának jelentős különbsége is alátámasztja. A legkisebb mértékben a mikrohullámmal történő kezelés csökkenti az aszkorbinsav mennyiségét mind a borsó, mind a spenót esetében. A **4. táblázat** adatai jól mutatják, hogy igen fontos a friss zöldségek fogyasztása C-vitamin szükségletünk kielégítése végett, illetve, hogy igen nagymértékben „tékozunk el” élelmiszereink vitamin tartalmát a gyakran felesleges, túlzott mértékű főzéssel.

4. táblázat: Különböző kezelések hatása a borsó és a spenót C-vitamin szintjére (Hunter & Fletcher, 2002)

	Frissen szedett (kerti frissesség)	Konzervált	Főzött	Túlfőzött	Mikrohullámmal kezelt
Borsó	100%	26%	60%	38%	87%
Spenót	100%	10%	28%	9%	39%

Konklúzió

A fent bemutatott adatok jól szemléltetik a C-vitamin gyors bomlását élelmiszercélú zöldségeinkben, illetve a különböző tárolási módszerek hatását a bomlás sebességére. Ismét bizonyosságot nyert, hogy a friss termékek jóval nagyobb mértékben járulhatnak hozzá aszkorbinsav igényünk fedezéséhez, ezen keresztül pedig egészségünk megőrzéséhez, mint konzervált és feldolgozott (főzött; mikrohullámmal kezelt) társaik.

A hosszú távú tárolásra a fagyasztás nyújt igen jó lehetőséget, hiszen a friss állapotban gyorsfagyasztott termékek C-vitamin tartalma csekély mértékben csökken, kiváltképpen más módon raktározott zöldségekhez képest.

Szintén fontos, hogy otthonunkban is sokat tehetünk a nagyobb mértékű vitaminvesztés elkerüléséért az élelmiszereink megfelelő (hűtött) tárolásával, illetve a főzési idő minimalizálásával.

A fentiek figyelembe vétele nagyban hozzájárulhat vitalitásunk megőrzéséhez és az igen gyakori, vitaminhiány okozta betegségek elkerüléséhez.

Irodalomjegyzék

A teljes irodalomjegyzék a szerzőknél, illetve a NAIK ÉKI (www.eki.naik.hu) és a MÉTE (www.mete.hu) honlapján megtalálható.

Bánhegyi, G., Braun, L., Csala, M., Puskás, F. & Mandl, J. (1997): Ascorbate Metabolism and Its Regulation in Animals. *Free Radical Biology and Medicine*, 23 (5), 793–803. doi:10.1016/S0891-5849(97)00062-2

Bánhegyi, G., Csala, M., Szarka, A., Varsányi, M., Benedetti, A. & Mandl, J. (2003): Role of ascorbate in oxidative protein folding. *BioFactors* (Oxford, England), 17 (1-4), 37–46.

Csala, M., Braun, L., Mile, V., Kardon, T., Szarka, A., Kupcsulik, P., et al. (1999): Ascorbate-mediated electron transfer in protein thiol oxidation in the endoplasmic reticulum. *FEBS Letters*, 460 (3), 539–43.

Favell, D.J. (1998): A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. *Food Chemistry*, 62 (1), 59–64. doi:10.1016/S0308-8146(97)00165-9

Giannakourou, M.C. & Taoukis, P.S. (2003): Kinetic modelling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions. *Food Chemistry*, 83 (1), 33–41. doi:10.1016/S0308-8146(03)00033-5

Hunter, K.J. & Fletcher, J.M. (2002): The antioxidant

activity and composition of fresh, frozen, jarred and canned vegetables. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3 (4), 399–406. doi:10.1016/S1466-8564(02)00048-6

Mandl, J., Szarka, A. & Bánhegyi, G. (2009): Vitamin C: update on physiology and pharmacology. *British Journal of Pharmacology*, 157 (7), 1097–110. doi:10.1111/j.1476-5381.2009.00282.x

Margittai, E., Bánhegyi, G., Kiss, A., Nagy, G., Mandl, J., Schaff, Z. & Csala, M. (2005): Scurvy leads to endoplasmic reticulum stress and apoptosis in the liver of Guinea pigs. *The Journal of Nutrition*, 135 (11), 2530–4.

Szarka, A. & Lőrincz, T. (2014): The role of ascorbate in protein folding. *Protoplasma*, 251 (3), 489–97. doi:10.1007/s00709-013-0560-5

Szarka, A., Stadler, K., Jenei, V., Margittai, E., Csala, M., Jakus, J., et al. (2002): Ascorbyl free radical and dehydroascorbate formation in rat liver endoplasmic reticulum. *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*, 34 (4), 317–23.

The effect of storage on Vitamin-C content of vegetables

P. Hajdinák – Á. Czobor

Ascorbic acid (Vitamin-C) is the one of the most important antioxidant for cells and a co-factor for many enzymes. Due to a genetic mutation, humans have lost the ability to biosynthesize ascorbic acid. Thus the daily requirement must be met with adequate intake of plants, to prevent deficiencies such as the scurvy. Vitamin-C content of fruits and vegetables diminishes quickly after harvest hence the duration and environment of their storage is highly important. Freezing or more precisely quick freezing can slow the decay, in contrast to boiling and canning which accelerates the process. Taking these methods into consideration, proper Vitamin-C needs can be fulfilled.

A szerzők neve, beosztása és címe:

Czobor Ádám II. évf. Biomérnök MSc hallgató
Hajdinák Péter II. évf. Biomérnök MSc hallgató
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi
Tanszék
1111 Budapest, Szent Gellért tér 4.
E-mail: adam.czobor@gmail.com; hajdinakpeter@gmail.com