

A FEHÉR KÁPOSZTA C-VITAMIN-TARTALMÁNAK ÉS PEROXIDÁZ ENZIMFORMÁINAK AKTIVITÁSVÁLTOZÁSA A TÁROLÁS SORÁN

Bevezetés

A fehér káposzta (*Brassica oleracea convar. capitata var. alba*), amely kifejezetten táplálkozási célra termesztett zöldségféle, több ezer éve konyhakultúránk szerves része. Napjainkban az egyre népszerűbb salátakeverékek egyik fő összetevőjeként kerül újra a tudományos érdeklődés középpontjába. Ennek kapcsán munkacsoportunk már több mérést végzett a különböző összetételű salátakeverékek eltarthatóságát vizsgálva. Adatainkból arra következtettünk, hogy a káposzta lehet az az összetevő, amely leginkább befolyásolja az eltarthatóságot, illetve az egyik legfontosabb egészségmegőrző alkotóelem a C-vitamin mennyiségét illetően (1).

Ezt bizonyítandó vizsgálatunk célja az volt, hogy a káposzta beltartalmi paramétereit vizsgáljuk más zöldségfélék módosító hatásai nélkül.

Ennek keretében egyrészt arról kívántunk képet kapni, hogyan változik az egyik legfontosabb egészségvédő összetevő, a C-vitamin mennyisége a tárolás során, másrészt a mennyiségét bizonyítottan befolyásoló peroxidáz enzim (POD) aktivitása (2, 3). Előző vizsgálatainkat elmélyítve, amelyekben összesen POD-aktivitást mértünk, ezúttal külön határoztuk meg a sejtfalhoz ionosan kötött, annak textúráját közvetlenül befolyásoló, illetve a sejt citoplazmájában oldottan levő forma aktivitását, amely főleg a sejt redox-homeosztázisában játszik kulcsszerepet (4). Szakirodalmi adatokból tudjuk, hogy a két formának a különböző növényfajokban eltérő a hőstabilitása, s a különböző változásokra – a zöldségfélék fertőzésére vagy fagyásos sérülésére – is eltérően reagálnak (5). A kötött forma általában stabilabb, míg az oldható nagy változásokat mutat a különböző környezeti stresszorok, például a gombás fertőzés és a hőközlés hatására (6). Mindezek jelentősége és a zöldségféléken való vizsgálata megkérdőjelezhetetlen a táplálkozási szempontból fontos összetevők mennyiségi változásainak mélyebb megértéséhez, illetve a fehér káposztának az általunk régóta vizsgált salátamixek minőségmegőrzésében betöltött szerepével kapcsolatban.

A vizsgálat célja

Mivel előttünk még nem vizsgálták a két POD-enzimforma aktivitásváltozását a különböző hőmérsékleteken való, rövid távú tárolás során, így célunk a minimálisan feldolgozott káposztában tárolás alatt hőmérsékletfüggően lezajló, C-vitamin-szintet befolyásoló folyamatok közötti összefüggések megítélése az oldható és a kötött POD-formák aktivitásának tükrében.

Anyag és módszer

A káposztamintákat helyi kiskereskedőtől szereztük be. A feldolgozás során a külső levelek eltávolítása után káposztagyaluval aprítottuk fel a mintákat, s fedél nélküli, műanyag

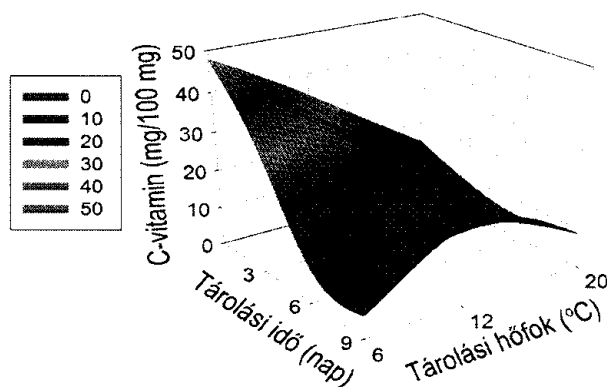
tálakban tároltuk 6, 12 és 20 °C-on. A megfelelő hőmérsékleteket hűtőszekrényekkel és termosztáttal állítottuk be. A C-vitamin mennyiségének meghatározásához a módosított Spanyol-módszert alkalmaztuk, amelynek során a C-vitamin-FeCl₃-dipiridil reagens által létrehozott, vörös színű komplex mennyiségét fotometriásan mértük 540 nm-en (7). Minden mintát öt, párhuzamos mérésben vizsgáltunk.

A peroxidáz izoenzimek aktivitásának meghatározása során a Tijskens által alkalmazott módszert használtuk kisebb módosítással (6). A mintákat pH 6-os acetátpufferben való homogenizálást követően 12 000 g-n centrifugáltuk. A felülúszót használtuk az oldható forma aktivitásának meghatározására. A pelletet a mosási ciklus után 0,4 M-os CaCl₂-t is tartalmazó pufferben szuszpendáltuk (ezzel a sejtfalhoz ionosan rögzülő enzimeket leoldottuk), majd centrifugáltuk. Az így elkülönült felülúszó már tartalmazta a kötött enzimeket, s ebből mértük a kötött POD-aktivitást. Mindkét forma esetében o-feniléndiamin kromogén donor és H₂O₂ szubsztrát jelenlétében, pH 4-es acetátpufferben mértük a színváltozást 3 percig 420 nm-en. Egységnyi enzimaktivitáson azt az abszorbanciaváltozást értjük, amelyet 1 gramm növényi minta okoz 1 perc alatt. Minden mintát három, párhuzamos mérésben vizsgáltunk.

A C-vitamin-szint hőmérsékletfüggő változásának elemzésére kéttényezős ANOVA, míg az enzimaktivitások és a C-vitamin összefüggésének vizsgálatára a lineáris regresszió-analízist alkalmaztunk az R software (R Development Core Team; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) segítségével. Minden elemzést 5%-os szignifikanciaszinten végeztünk.

Eredmények

Méresi adataink alapján (1. táblázat) elmondható, hogy a C-vitamin-tartalom a tárolás idejétől egyértelműen függ, míg a hőmérséklet csak a tárolás harmadik napjáig játszik fontos szerepet, utána már nagyobb eltérés nem tapasztalható a különböző hőmérsékleten tárolt minták között.

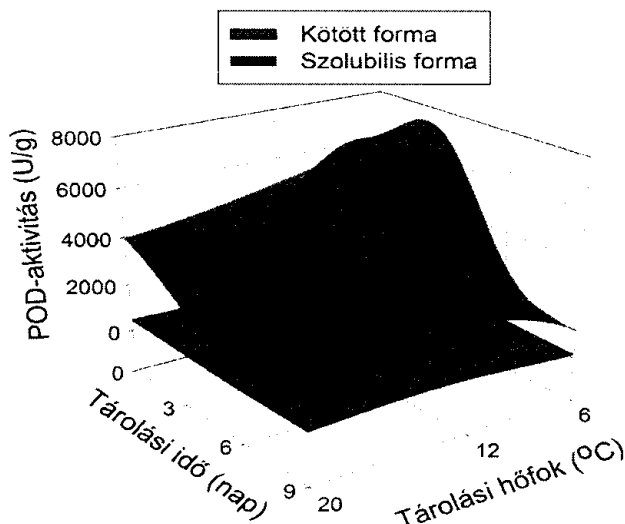


1. ábra A C-vitamin mennyiségének változása a tárolás során

Tárolási körülmények		C-vitamin-tartalom (mg/100g)	Peroxidáz enzimaktivitás (U/g)	
Időtartam (nap)	Hőmérséklet (°C)	Átlag ± SD	Oldható Átlag ± SD	Kötött Átlag ± SD
		Friss	-	47,73 ± 3,35
3	6	31,15 ± 4,11	7143,67 ± 618,51	427,49 ± 25,18
	12	22,47 ± 2,23a	5563,33 ± 429,68a	316,58 ± 28,76a
	20	8,85 ± 1,77a,b	2306,96 ± 337,62a,b	403,49 ± 6,89b
6	6	8,50 ± 2,38	2605,04 ± 65,36	288,25 ± 15,03
	12	8,91 ± 2,61	1143,65 ± 26,45a	129,60 ± 7,71a
	20	6,10 ± 4,67	1004,15 ± 31,80a	368,30 ± 8,74a,b
9	6	5,73 ± 1,71	1184,85 ± 20,51	151,37 ± 5,80
	12	19,70 ± 1,36a	4566,63 ± 25,32a	507,76 ± 2,34a
	20	8,87 ± 1,90b	2019,12 ± 3,74a,b	412,04 ± 4,13a,b

a: p<0,05 vs. azonos időpont 6 °C minta, b: p<0,05 vs. azonos időpont 12 °C minta

1. táblázat A fehér káposzta C-vitamin-tartalmának és POD-formáinak aktivitásváltozása a tárolási idő és a hőmérséklet függvényében

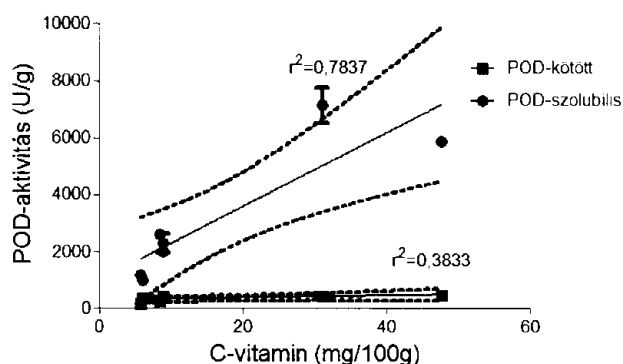


2. ábra A POD-enzimformák aktivitásváltozása a tárolás során

Összességében az mondható, hogy a nagyobb hőmérsékleten való tárolás negatívan hat a vitamintartalomra, miként a tárolási idő is. A két tényező együttesen igen látványos csökkenést idéz elő a C-vitamin mennyiségében (1. ábra), hiszen a kezdeti 47 mg/100g értékről 8 mg/100 g körüli szintre csökken e vitamin mennyisége. A vitaminkoncentráció csak a kilencnapos, 12 °C fokos minta esetében nőtt meg, ez azonban a növény kezdődő, gombás fertőzésére adott fiziológias válasznak tudható be.

A peroxidáz enzimformák közül az oldható (szolubilis) aktivitása igen látványosan csökken, míg a kötött forma viszonylag stabil (2. ábra). Statisztikailag ugyan igazolható a különbség, de az oldható formához képest a változások mértéke elhanyagolható. A változások tendenciája a C-vitaminnal megegyező: mind a tárolási hőmérséklet, mind a tárolás ideje csökkenti az enzimaktivitást.

Érdekes módon a kilencnapos, 12 °C-on tárolt minta számottevő enzimaktivitási növekedést mutatott.



3. ábra A C-vitamin-tartalom és a POD-aktivitás összefüggései

A C-vitamin-tartalom és a peroxidáz enzimformák összefüggésének vizsgálata alapján (3. ábra) elmondható, hogy pozitív összefüggés áll fenn a paraméterek között. A POD-aktivitás növekedésével szimultán nő a C-vitamin mennyisége is. Statisztikai értelemben szignifikáns regresszió csak a szolubilis forma aktivitása esetében igazolható ($r^2 = 0,7837$), míg a kötött enzim aktivitásváltozását nem követi egyértelműen a C-vitamin mennyisége ($r^2 = 0,3833$).

Megbeszélés

Vizsgálatunk során a minimálisan feldolgozott fehér káposzta C-vitamin-tartalmának, valamint oldható és kötött POD-aktivitásának változásait elemeztük 6, 12 és 20 °C-os hőmérsékleten való tárolás esetén. Eredményeink alapján egyértelmű, hogy a különböző hőmérsékleteken tárolt káposzta folyamatosan veszít C-vitamin-tartalmából, s a POD-aktivitása is csökken mind az oldható, mind a kötött forma esetében.

Eredményünk a szakirodalomban leírtakkal egyezik (5). Ezenkívül megfigyeléseink egybevágnak a *Tijskens és munkatársai* által ismertetettekkel, miszerint az oldható POD-aktivitás nagyobb mértékben változik a külső tényezők hatására, mint a kötött forma aktivitása (6).

Érdekes módon a különböző hőmérsékleteken drasztikus különbség a C-vitamin mennyiségében csak a háromnapos minták esetében igazolódott. Ennek oka valószínűleg az, hogy a feldolgozott káposztában a tárolás harmadik napjára már lezajlanak azok az intenzív, sejtlejtani változások, amelyekben az eltérő tárolási hőmérséklet szerepe kifejeződné, ezért nem mutatható ki a későbbi mérési időpontokban további, lényeges csökkenés.

A kilencnapos, 12 °C-on tárolt minta paramétereinek nagymértékű növekedése valószínűleg a kezdődő, gombás fertőzésnek tudható be. Ezt a minta külleme is megerősítette, s a szakirodalmi adatok is valószínűsítik. A megnövekedett POD-aktivitás emelkedett C-vitamin-szinttel jár, amely a fertőzéssel szembeni reakciónak tudható be. A növény így próbálja leküzdeni a szöveteket megtámadó penészgombát (5).

A C-vitamin-tartalom és az eltérő POD-formák aktivitása közötti összefüggés vizsgálata során kapott pozitív eredmény szinkronban van azzal az általános nézőponttal, miszerint a peroxidázok számos funkciót látnak el a növényi szövetekben, jelen esetben a C-vitamin-tartalom mennyiségét befolyásolják (4).

Míndezek alapján sikerült megerősítenünk azt a feltételezésünket, hogy a salátamixek eltarthatóságában a káposzta játssza a kulcsszerepet, mégpedig a karakterisztikus peroxidáz enzimaktivitásának köszönhetően (1).

*Orbán Csaba tanársegéd,
Csajbókné Csobod Éva tanársegéd,
Hegedüs Noémi okleveles táplálkozástudományi szakember,
Lichthammer Adrienn adjunktus*

Irodalom

1. Csajbókné, Cs. É., Gilingerné, P. M.: Study of fresh-cut leaves vegetables' shelf life. *PTEP Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 15, 270–273, 2011.
2. Singh, J., Upadhyay, A. K. et al.: Antioxidant phytochemicals in cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata). *Scientia Horticulturae*, 108, 233–237, 2006.
3. Gökmen, V., Savaş, B. et al.: Study of lipoxygenase and peroxidase as blanching indicator enzymes in peas: change of enzyme activity, ascorbic acid and chlorophylls during frozen storage. *LWT – Food Science and Technology*, 38, 903–908, 2005.
4. Passardi, F., Cosio, C. et al.: Peroxidases have more functions than a Swiss army knife. *Plant Cell Rep*, 24, 255–265, 2005.
5. Gay, P. A., Tuzun, S.: Involvement of a novel peroxidase isozyme and lignification in hydathodes in resistance to black rot disease in cabbage. *Canadian Journal of Botany- Revue Canadienne de Botanique*, 78, 1144–1149, 2000.
6. Tijskens, L. M. M., Rodis, P. S. et al.: Activity of peroxidase during blanching of peaches, carrots and potatoes. *Journal of Food Engineering*, 34, 355–370, 1997.
7. Gilingerné, P. M., Varga, Zs.: *Élelmiszer-kémiai gyakorlatok*. Semmelweis Egyetem Egészségügyi Főiskolai Kar, Budapest, 2005.

Élvekről

2013. MÁJUS 17. – A 2. FOOD REVOLUTION DAY

Lapunk idei, első számában jelent meg írásom a *Jamie Oliver* brit sztárséf által kezdeményezett *Food Revolution* mozgalomról és az ehhez kapcsolódó, 2012. május 19-én először megrendezésre kerülő, nemzetközi *Food Revolution Day*-ról (1).

A mozgalom lényege, hogy alulról szerveződné, helyi közösségek szinterein a Food Revolution napján – amely az idén 2013. május 17-ére esett – minél több olyan eseményre kerüljön sor, amelynek keretében a felnőttek és a gyermekek megismerkedhetnek az ételek készítéséhez szükséges alapanyagokkal, az ételkészítési eljárásokkal és az egészséges táplálkozási ismeretekkel. A nemzetközi mozgalom koordinációja önkéntes, ún. nagykövetségi hálózat keretein belül működik. Nagykövet bárki lehet a saját településén vagy régiójában, aki erre a feladatra jelentkezik, s a munkáját központi iroda segíti.

Az idei évben is nagy sikerrel zajlott a Food Revolution Day. Hetvennégy ország hatszázhatvan települése összesen ezerkétszázhatvan eseményt regisztrált a kapcsolódó honlapon, s feltételezhetően a regisztrált események mellett számtalan olyan megtartására is sor került, amely hivatalosan nem került fel a honlapra. Az események között szerepelt például munkahelyi vegán cupcake-dekorációs feladat (a cupcake a muffinra hasonlító sütemény), londoni utcából Jamie Oliver szervezésében, száz gyermek közös főzése hajléktalanok ré-

szére Ausztráliában, s otthon készített ételekből közös ebéd a Penguin Kiadó kínai irodájában.

Jómagam a mozgalom nagykövetségi nagykövete vagyok, így mindenképpen helyi eseményben gondolkoztam. Mivel a fiam második osztályos, általános iskolás, adva volt, hogy az ő osztályában tartok egy egészséges táplálkozással kapcsolatos foglalkozást. Nagy szerencsémre a tanító néni is nyitott volt az együttműködésre. Két, negyvenöt perces óra állt rendelkezésemre, amelyeknek a kitöltésére a tanító néni szabad kezét adott, de a terveimet és az óravázlatot természetesen előre egyeztetettük. Az osztályba húsz, nyolc-kilenc éves gyermek jár.

Az első negyvenöt percet az elméletre szántam. Bemelegítésként ismeretfelmérést végeztem: beszélgettünk a gyermekekkel a táplálkozás, különösen az egészséges táplálkozás jelentőségéről, a napi étkezési ritmusról, a nassolásról és a táplálkozással összefüggő betegségekről. Én kérdeztem, ők válaszoltak, s ha szükséges volt, pontosítottam, kiegészítettem. Ezt követte az első játékos feladat, amelynek során a három csoportra osztott gyermekek közül csoportonként négyet-négyet megkértem, hogy jöjjen ki a táblához, s húzzon a kezemből kártyákat. A kártyákon az emésztőrendszer részei voltak feltüntetve, s a feladat az volt, hogy kerüljenek olyan sorrendbe, ahogy az emésztőrendszer felépül. A tanító

