



ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS



VOLUME 55.

NUMBER 1.

**Mosonmagyaróvár
2013**

UNIVERSITY OF WEST HUNGARY
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Mosonmagyaróvár
Hungary

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
Mosonmagyaróvári
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Közleményei

Volume 55. Number 1.

**Mosonmagyaróvár
2013**

Editorial Board/Szerkesztőbizottság

Benedek Pál DSc
Hegy Judit PhD
Kovács Attila József PhD
Kovácsné Gaál Katalin CSc
Kuroli Géza DSc
Manninger Sándor CSc
Nagy Frigyes PhD
Neményi Miklós CMHAS
Pinke Gyula PhD
Porpáczy Aladár DSc
Reisinger Péter CSc
Salamon Lajos CSc
Schmidt János MHAS
Schmidt Rezső CSc
Tóth Tamás PhD
Varga László PhD
Varga-Haszonits Zoltán DSc
Varga Zoltán PhD *Editor-in-chief*

Address of editorial office/A szerkesztőség címe
H-9201 Mosonmagyaróvár, Vár 2.

Publisher/Kiadja
University of West Hungary Press/Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.



Az előkezelések hatása a fagyasztva szárított *Jonagold* alma minőségére és a szárítási kinetikájára

ANTAL TAMÁS

Nyíregyházi Főiskola
Műszaki és Mezőgazdasági Kar
Jármű és Mezőgazdasági Géptani Tanszék
Nyíregyháza

ÖSSZEFOGLALÁS

A fagyasztva szárítás igen hosszú szárítási idővel jellemezhető. Az előkezelések viszont hozzájárulnak a szárítási idő csökkentéséhez és egyúttal a szárítási ráta fokozásához. Ebben a tanulmányban a *Jonagold* almaminták szárítási kinetikáját, textúráját és vízfelvételét (fagyasztva szárítás után) vizsgáljuk. A mintákat előkezeltük (fagyasztva szárítás előtt) forró vízben (blansírozás: 95 °C), só- (10%, w/w) és cukoroldatban (20%, w/w). A kezeletlen minták szolgáltak kontrollként, melyek csak fagyasztva szárítva voltak. A forró vízben blansírozott minták hozták a legalacsonyabb végnedvesség-tartalmat összehasonlítva a kezeletlen és kezelt minták nedvességtartalmával a szárítás végén. Mindegyik előkezelés csökkentette a fagyasztva szárítás működtetési idejét. Ezen kívül az eredmények azt mutatták, hogy az előfőzött almaminták produkálták a legrövidebb szárítási időt és a legjobb fagyasztva szárítási rátát. A szárítási kinetikát ún. harmadfokú polinom matematikai modellel jellemeztük. A kiértékelés eredménye azt mutatta, hogy a modell jól illeszkedik a kísérleti adatokra. A modellt két statisztikai faktossal, korrelációs koefficienssel (R^2) és relatív átlagos négyzetes hibával (RMSE) értékeltük ki. Az ún. kompressziós tesztet alkalmazva mutattuk ki az előkezelések hatását az alma szövetére. Mindegyik előkezelés hozzájárult a textúra szilárdságának csökkentéséhez. A blansírozás volt a legjobb hatással a *Jonagold* minták keménységére (omlás, legpuhább textúra). Megállapítottuk, hogy az előfőzött–szárított termék jellemezhető a legjobb rehidrációs tulajdonsággal, összehasonlítva a kezeletlen, illetve só- és cukoroldatban előkezelt mintákéhoz. A legjobb termékminőséget – mely meghatározásra került a szárítási kinetika, a textúra és a rehidrációs ráta által – a blansírozott és sóoldatban kezelt *Jonagold* alma adta. A blansírozás előnyös hatásainak ellenére a forró vízben kezelt végtermék beltartalma degradálódik, hasonlítva a többi előkezeléshez (Lee és Kader 2000, Lo et al. 2002). Az előfőzés hatására az alma szövetszerkezete károsodáson ment keresztül. A kutatómunkánk a jövőben az előkezelési módszerek és azok koncentrációjának optimalizálására fog fókuszálni. Mindemellett további kutatás szükséges ahhoz, hogy megértsük az előkezelések hatását az alma mikrostruktúrájára és a beltartalmára.

Kulcsszavak: *Jonagold* alma, liofilizálás, előkezelés, polinom modell, keménység, rehidráció, mikrostruktúra.

BEVEZETÉS ÉS IRODALOM

A fagyasztva szárítás (vagy liofilizálás) olyan dehidrációs eljárás, melynek során a szublimáció által a vizet alacsony hőmérsékleten és nyomáson a szárított anyagból eltávolítjuk. A szárítási folyamat során a folyékony fázis kihagyásával a magas minőségű végtermék előállításához járulunk hozzá. A liofilizált élelmiszer kiváló értékekkel rendelkezik, azaz a színe, a textúrája, a beltartalma, a szilárdsága és az íze a nyersanyagéhoz hasonló (Jiang *et al.* 2010). Ezen kívül a szárítmány jó rehidrációs kapacitással bír, a szárítás alatt nem vagy csak kismértékben zsugorodik (Krokida és Maroulis 2001, Moreira *et al.* 1998). Ennek ellenére a fagyasztva szárítás élelmiszer-ipari alkalmazása még várat magára. Az oka, hogy a szárítási folyamat rendkívül magas üzemeltetési költséggel bír. A liofilizálást hasonlítva a mai modern szárítási eljárásokhoz, hosszú szárítási idővel, alacsony szárítási rátával jellemezhető, melyek a rendszer magas energiafogyasztásához járulnak hozzá (Donsi *et al.* 2000, Rawson *et al.* 2011).

A szárítási folyamat meggyorsítása érdekében olyan előkezelési eljárások láttak napvilágot, melyek a végtermék minőségének csökkenése nélkül (hasonlítva a kezeletlenhez) szignifikáns hatással voltak a szárítási időre. Néhány előkezelési eljárást – a kísérleti mintákat a vízelvonás előtt valamilyen vizes oldatba mártották – a teljesség igénye nélkül felsorolnánk, pl. ozmózis-cukros (Prothon *et al.* 2001), NaCl-os (Severini *et al.* 2005), aszkorbinsavas és blansírozás (Jokic *et al.* 2009). Ezek az előkezelési eljárások hatása elsősorban a hagyományos szárítási technikák (természetes (napon)-, konvekciós-, vákuum- és mikrohullámú szárítás stb.) esetében jelentettek kedvező hatást, mind a termék, mind pedig az üzemeltetési időt tekintve.

A végtermék minősítése szempontjából a keménységnek/szilárdságnak és a visszanedvesítésnek igen fontos szerepe van, mint mechanikai és fizikai jellemzőknek.

A szilárdsági vizsgálatok célja a termék szilárdsági és azokkal szorosan összefüggő alakváltozási jellemzőinek megállapítása. A termény szilárdságán azt az ellenálló képességet értjük, melyet a termék az idegen test behatásával szemben kifejt (Komándiné 1981).

Szabó *et al.* (1974) szerint a szárítási eljárások értékelésében leggyakrabban a visszanedvesedés mértéke a mérvadó. Az élelmiszerek rehidrációja egy komplex folyamat, mely megcélozza helyreállítani a nyersanyag tulajdonságait azáltal, hogy a szárított anyagot folyékony közegbe mártjuk. A szárított termék visszanedvesedésekor három egyidejű folyamat játszódik le: szárított anyag vizet szív magába, a rehidratált anyag duzzad és nedvességet ad le a környezetnek (Krokida és Marinos-Kouris 2002).

A tanulmány célja, hogy három előkezelési eljárás – vízben oldott cukor és NaCl megfelelő koncentrációban, illetve blansírozás – hatását megvizsgálni a liofilizálás szárítási idejére és az alma olyan minőségi jellemzőire, mint a rehidráció, szövetszerkezet és a keménység. Jelen ismereteink szerint ilyen jellegű publikáció nem található a szakirodalomban.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A nyersanyag

A kísérletekben felhasznált *Jonagold* (*Malus domestica*, *Golden D. x Jonathan*) mintákat a Nyíregyházán található zöldségpiacról szereztük be. A nyírségben előszeretettel termesztett *Jonagold*, a *Jonathan* mellett a legismertebb almafajta. A *Jonagold* gyümölcse nagyméretű (220–250 g), sárgászöld alapszínén a gyümölcsfelület 30–45%-a világospiros fedőszínnel borított. Lédús, laza húsú, édes, gyengén savanyú íze van. Az alapanyagot felhasználás előtt hűtőberendezésben tároltuk 5 °C-on. A mintákat megtisztítottuk, eltávolítottuk a hibás részeket és a szennyeződések. A felülettisztítás után az alapanyagot 10 mm-es méretű kockákra szeleteltük fel.

A nyersanyag nedvességtartalma nedves bázisra számolva 84,35%, ez száraz bázisban kifejezve 5,389 kg víz/kg sz. a. Az alma nedvességtartalmát – a szárítás kezdetén és végén – PRECISA HA 60 (Svájc, Precisa Gravimetrics AG) típusú gyorsnedvesség-mérővel határoztuk meg.

Az előkezelési és a szárítási vizsgálatokat háromszori ismétléssel végeztük el, a tanulmányban az átlagértékeket vettük figyelembe.

Előkezelési eljárások

Az 1. táblázatban feltüntetett módszerekkel, azaz felforralt vízben (1) és különböző oldatokban (2, 3) kezeltük a nyers mintákat, a szárítási folyamat előtt. Blansírozáskor 95 °C-os forró vízbe merítettük az almakockákat, és 5 perc áztatási idő letelte után 22 °C-os vízben hűtöttük 5 percen keresztül azokat. Mindegyik előkezelési eljárás esetében 200 g anyagot mártottunk 500 ml víz, víz–só és víz–cukor koncentrációba.

1. táblázat Az alkalmazott előkezelések

Table 1. Applied pre-treatments

Módszer (1)	Áztatási idő (min) (2)
Kontroll (kezelés nélkül) (3)	–
1. Blansírozás (4) (95 °C/22 °C)	5/5
2. 10%-os NaCl oldat (5) (w/w)	15
3. 20%-os cukros oldat (6) (w/w)	15

(1) method, (2) dipping time, (3) control (without treatment), (4) blanching, (5) NaCl solution, (6) sugar solution

Az áztatási idő letelte után a minták felületéről eltávolítottuk a nedvességet, nedvszívó papír segítségével. Ezt követően szárítottuk a mintákat. Az alkalmazott előkezelési eljárások paramétereinél – hőmérséklet, koncentráció és áztatás mértéke – a szakirodalom ajánlását vettük figyelembe (*Tahmasbi et al.* 2006, *Arévalo-Pinedo és Murr* 2007, *Garcia-Noguera et al.* 2010).

Fagyasztva szárítás

A fagyasztva szárítás művelete Armfield FT33 (Egyesült Királyság, Armfield Ltd.) típusú berendezéssel lett végrehajtva, mely a Nyíregyházi Főiskola Jármű és Mezőgazdasági Géptani Tanszék laboratóriumában található. Az almakockák szárítása az alábbi paraméterekkel jellemezhető:

- a szárítási idő: 17–21 h,
- a szárítókamra hőmérséklete (a művelet végén): 21 °C,
- a minták átlaghőmérséklete (a művelet végén): 19 °C,
- a kondenzátorkamra hőmérséklete (a művelet alatt folyamatosan): –49 – –55 °C,
- a munkakamra nyomása: 55–100 Pa,
- a nyersanyag tömege: 200 g (JKH-500 típusú digitális mérleggel mérve, Tajvan).

A mintatálcára egy rétegben helyeztük el a szárítandó anyagot.

A szárítás alatt lejátszódó folyamatok pontos elemzéséhez a laboratóriumi fagyasztva szárító berendezést elláttuk egy adatgyűjtő rendszerrel. A szárítandó anyag tömegének méréséhez a vákuum alatt lévő henger alakú szárítókamra aljára vastag fémlapok (4 mm) közé szereltük az EMALOG Kft. által gyártott PAB-01 típusú mérleg-cellát. A lemért mintákat a platformcellára helyeztük. Az adatkábel kivezetését pedig a kamra tetejét lezáró akril fedélen keresztül oldottuk meg. A tömegváltozás a külső térben elhelyezett ES-138 típusú mérlegműszerről olvasható le, mely a platformcellától kapja az analóg jeleket. A mérlegműszert RS232 illesztőn keresztül kapcsolatba hoztuk a számítógépre telepített adatgyűjtő szoftverrel (DATPump), ami a mérés értékeit Microsoft Office Excel táblázatban dolgozta fel.

Matematikai modellezés

A fagyasztva szárított *Jonagold* minták szárítási görbéire vékonyrétegű szárítási modellt illesztettünk, ún. harmadfokú polinomot. Az alkalmazott modell egyenlete a következőképpen írható fel:

$$MR = at^3 + bt^2 + ct + I \quad (1)$$

ahol MR – a minta nedvességrátája (dimenzió nélküli), t – szárítási idő (h), a, b, c – állandó együtthatók.

A harmadfokú polinom állandó együtthatói: a, b, c, melyek értékei elsősorban az anyag jellemzőitől függenek: a fajtától, az érettségtől, a fagyasztási sebességtől, a vízleadási hajlandóságtól és az alkalmazott szárítási paraméterektől (Antal *et al.* 2011).

A modell kiértékeléséhez a korrelációs koefficiens (R^2) és a relatív átlagos négyzetes hibát (RMSE) alkalmaztuk. Amennyiben a modell nagy R^2 (0,95 fölötti) és alacsony RMSE (közelít a nullához) értékkel jellemezhető, akkor a szárítási folyamatot leíró görbére elég pontosan illeszkedik.

A száradási folyamat matematikai leképzéséhez a száraz bázisra vonatkoztatott víztartalom használata a célszerű, ezért a száradó anyag nedvességtartalma (M) száraz bázisban kifejezve a következő összefüggéssel számolható:

$$M = \frac{m_t - m_s}{m_s} \quad (2)$$

ahol M – a minta nedvességtartalma (kg víz/kg száraz anyag), m_t – a minta tömege az adott pillanatban (kg), m_s – a minta száraz tömege (kg).

A nedvességrátát (MR) a következő képlet segítségével számoltuk ki:

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (3)$$

ahol MR – a minta nedvességrátája (dimenzió nélküli), M_e – egyensúlyi nedvességtartalom (kg víz/kg száraz anyag), M_0 – az anyag nyers nedvességtartalma (kg víz/kg száraz anyag), M – a minta nedvességtartalma az adott pillanatban (kg víz/kg száraz anyag).

Keménysegmérés

A kezelt minták állományvizsgálata Brookfield CT3-4500 (Egyesült Államok, Brookfield Engineering Laboratories Inc.) típusú keménységmérővel volt meghatározva. Roncsolásmentes felületi keménységmérés módszerét vagy más néven kompressziós vizsgálati eljárást alkalmaztunk (*Ramallo és Mascheroni* 2010). A kompressziós vizsgálat azt jelenti, hogy egy nyomófejet nyomunk az anyagba, miközben mérjük az erőt és a deformációt (*Fekete* 2005). Newtonban (N) kifejezve kaptuk meg a termék ellenállását a nyomófejjel szemben.

A berendezést az alábbi paraméterekkel üzemeltettük: a terhelési tartomány 0–10 g, a munkasebesség 1 mm/s, a próbafej átmérője 4 mm, a próbafej haladási távolsága 50 mm, a penetráció maximális értéke az anyagban 2 mm. A vizsgálatokat minden kezelési eljárás esetében hat alkalommal végeztük el, és az átlagértékeket prezentáltuk ebben a cikkben.

Visszanedvesítési vizsgálat

A kísérlet lépései a következőképpen alakultak: először lemértük az előkezelt-szárított minták tömegét, mindegyik minta tömege 0,4 g (± 0.01) körüli értéket vett fel, majd ezeket a mintákat 25 °C-os (± 1 °C) desztillált vízbe merítettük és 120 percen keresztül nedvesítettük. Mindegyik edénybe 200 ml desztillált vizet öntöttünk, melynek hőmérsékletét folyamatosan mértük Testoterm 4510 (Németország, Testo AG.) típusú készülék hőmérsékletmérőjével (NiCrNi). A vízből kivett nedves mintákról nedvszívó réteg segítségével a felesleges folyadékot eltávolítottuk és a kísérlet végén lemértük a rehidratált anyag tömegét.

A rehidrációs ráta (RR) meghatározása az alábbi képlet alkalmazásával történik *Duan et al.* (2010) szerint:

$$RR = \frac{m_{re}}{m_{sz}} \quad (4)$$

ahol RR – rehidrációs ráta (dimenzió nélküli), m_{re} – rehidratált minta tömege (g), m_{sz} – szárított minta tömege (g).

A visszanedvesítési kísérleteket háromszori ismétléssel végeztük el.

A mikrostruktúra vizsgálata

A kísérletben felhasznált nyersanyag és az előkezelt minta szövetszerkezetének elemzését Bresser Biolux A1 (Németország, Bresser GmbH) típusú elektromikroszkóppal hajtottuk végre. A vizsgálatok során az előírt protokollt alkalmazva elkészítettük a preparátumot, melyet a mikroszkóp tárgyasztalára helyeztünk. A mintákról 4x nagyítású képeket készítettünk a mikroszkóphoz csatolt kamera segítségével, melyeket ezután a számítógépre mentettük. A képfeldolgozás pedig az ún. MicrOcular nevezetű programmal történt.

Statistikai eljárások

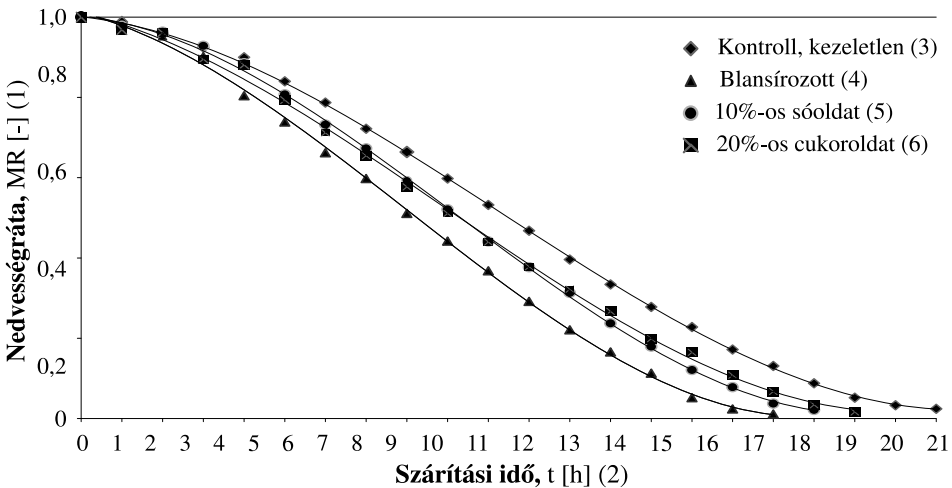
A PASW Statistics 18 programcsomagot felhasználva matematikai statisztikai vizsgálatot végeztünk el. Egyutas varianciaanalízissel (ANOVA) mutattuk ki, hogy van-e szignifikáns különbség a különböző oldatokban kezelt és a fagyasztva szárított (kontroll) *Jonagold* almakockák minősége között.

A matematikai modell előállításához a Microsoft Office Excel 2007 táblázatkezelőt és a Table Curve 2D for Windows version 2.03 szoftvert alkalmaztuk.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Az előkezelés hatása az almaminták szárítási kinetikájára

Az 1. ábrán a kezelt és kezeletlen *Jonagold* almaminták szárítási görbéjét figyelhetjük meg. Ezen az ábrán feltüntettük az alma vízfelvételét leíró görbékre illesztett harmadfokú polinomokat (fekete folytonos vonal) is.



1. ábra Előkezelt *Jonagold* almakockák nedvesség rátája a szárítási idő függvényében

Figure 1. Moisture ratio of pre-treated *Jonagold* apple cubes versus drying time
 (1) moisture ratio, MR [-], (2) drying time, t [h], (3) control, (4) blanching,
 (5) salt solution, 10%, (6) sugar solution, 20%

A szárítási folyamat végén – amikor már további tömegcsökkenés nem jellemezte a száradó mintákat – a kontroll minta nedvességtartalma 0,13 kg víz/kg sz. a. (5,86%, nedves bázis), a szárítási ideje 21 h, 20%-os cukoroldatba mártott minta nedvességtartalma 0,089 kg víz/kg sz. a. (4,75%), a szárítási ideje 19 h, 10%-os sóoldatba mártott minta nedvességtartalma 0,11 kg víz/kg sz. a. (5,09%), a szárítási ideje 18 h, és a blansírozott alma nedvességtartalma 0,06 kg víz/kg sz. a. (2,11%), a szárítási ideje 17 h volt.

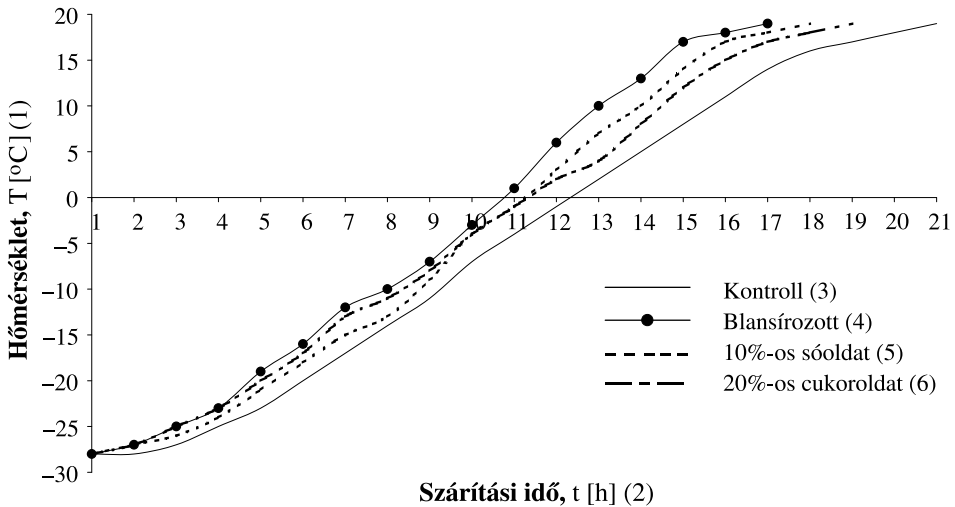
A liofilizálást megelőzően a kezelt alma minden esetben gyorsabb szárítási rátát (a víz-elvonás kezdetén) és rövidebb szárítási időt produkált. A blansírozott almakockák a leg-rövidebb szárítás idővel, illetve a szárítás végén a legalacsonyabb nedvességtartalommal jellemezhetőek. Mindez azt jelentette, hogy a blansírozás volt legkedvezőbb hatással az alma vízelvonására.

A kutatási eredményeink a szakirodalommal jól összeegyeztethetőek. *Edukondalu és Samuel* (2008) NaCl-os oldatban előkezelt hagyma (2 mm-es szeletek) szolár szárítását hajtotta végre. Megállapították, hogy a magasabb sókoncentrációban (0,5; 1 és 1,5%, w/w) történt előkezelés a dehidrálni folyamat elején meggyorsította a szárítási rátát. Hasonlóan az előbbiekhöz *Baroni és Hubinger* (1998) is hagymaszeletek (0,8 cm) sóoldatba (10 és 15%, w/w) való előkezelését végezte el, majd meleg levegővel szárították azokat. Az eredményeik azt mutatták, hogy a 10%-os NaCl oldatban kezelt minták szárítási rátája gyorsabb volt a 15%-os sóoldatba mártott és a kontrollhoz képest.

Krokida et al. (2001) hasáburgonya (5x5x40 mm) előkezelését készítették el: NaCl (20%, w/w), cukor (40%, w/w) és maltodextrin (20%, w/w) oldatokban, majd olajsütőbe helyezték a mintákat. Az előkezelések közül a cukoroldatban kezelt minták nedvességleadása volt a leggyorsabb, legintenzívebb a hőkezelés során. *Aktas et al.* (2006) sárgarépa- és burgonyaszeletek 20%-os cukoroldatba helyezését végezték el. Az előkezelt zöldségek szárítási ideje (szárítószekrényben) csökkent a kontroll mintákhoz képest.

Jokics et al. (2009) *Florina* almafajta konvekciós szárítását hajtották végre kísérleti úton, többféle előkezelési módszerrel kezelve. Kimutatták, hogy a 85 °C-os forró vízben előkezelt almakarikák (átm: 20 mm, vast: 5 mm) szárítási rátája megnövekedett, így szignifikáns hatással volt a szárítási időre. Mintegy 54,55%-kal csökkent a szárítási idő a kontroll mintákhoz képest. *Wang et al.* (2010) kísérleti úton megállapították, hogy fagyasztva szárítás előtt blansírozott (forrásban lévő víz, 5 min) burgonya szeletek (4 mm) kicsivel gyorsabb szárítási rátával jellemezhetőek, mint a kezeletlen minták. *Allali et al.* (2009) szerint a forró vízben történő hőkezelés során (60–95 °C, 6 min) az alma sejtfalai vékonyodnak, majd megsérülnek, végül a sejtek összeomolnak, mely a nedvesség elszállítását elősegíti, meggyorsítja.

A hőmérséklet–idő görbék a fagyasztva szárítás folyamat szempontjából nagyon fontos szerepet játszanak, mivel jól visszatükrözik a szárítási teljesítményt (*Duan et al.* 2010). A 2. ábra szemlélteti a kezelt és kezeletlen minták hőmérsékletgörbéit a fagyasztva szárítás folyamata alatt. A szárítási görbénél levont következtetéshez hasonlóan a száradó anyag hőmérséklet-változása is azt erősíti meg számunkra, hogy a blansírozott *Jonagold* minták vízelvonása következett be a leghamarabb (17 h), összevetve a többi kezelési módszerrel.



2. ábra Az anyag hőmérséklet-változása fagyasztva szárítás alatt

Figure 2. The material temperature changing under freeze drying

(1) temperature, T [°C], (2) drying time, t [h], (3) control, (4) blanched, (5) salt solution, 10%, (6) sugar solution, 20%

A diagramon jól megfigyelhető, hogy a szárítás elején az almaminták fagyott állapotban vannak, egységesen -28 °C-on. Ezután a szublimációs szárítási szakaszban a száradó minták hőmérséklete lassan emelkedik, ennek oka Wang *et al.* (2010) szerint, hogy a jég szublimációjához igen nagy mennyiségű energiafelvételre van szükség. A szublimáció előrehaladtával a szabad víz nagy része eltávolításra kerül, a maradék víz, a kötött víz az ún. deszorpciós szárítási szakaszban lesz eltávolítva. A deszorpciós szakasz végét, egyúttal a szárítás befejezését a minták hőmérséklet-kiegyenlítődése jelezte, azaz a görbék konstans jellegűvé váltak.

A vizes oldatokban történt kezelések szignifikáns hatással vannak a liofilizált *Jonagold* alma szárítási idejére (2. táblázat). A minta 95 °C-os forró vízben történt áztatása hozta a legjobb eredményt, mintegy 19%-kal csökkentve az üzemeltetési időt.

2. táblázat Az előkezelések hatása a liofilizálás szárítási idejére

Table 2. Effect of pre-treatments on the drying time of lyophilising

Megnevezés (1)	Szárítási idő [h] (2)			
	Kontroll (FD) (4)	Blansírozás (5)	10% só (6)	20% cukor (7)
<i>Jonagold</i>	21 ^c	17 ^a	18 ^a	19 ^b

Megjegyzés: abc statisztikai analízis ANOVA Duncan (szignifikanciaszint: $p < 0,05$) teszttel

(1) description, (2) drying time, (3) pretreatment, (4) control, (5) blanching, (6) salt solution, 10%, (7) sugar solution, 20%

abc statistical analysis (significantly different $p < 0,05$) ANNOVA Duncan test applies between treatments

A 3. táblázat ismerteti a szárítási görbékre illesztett vékonyrétegű szárítási modell a-b-c együtthatóit és a statisztikai jellemzőket (R^2 és RMSE). A táblázatban feltüntetett korrelációs koefficiens és a relatív átlagos négyzetes hiba értékei igazolják, hogy a harmadfokú polinom pontosan közelíti meg kísérleti adatokat, tehát megfelel a liofilizálás szárítási kinetikájának leírására. *Doymaz és Ismail* (2011) szerint, ha a modell korrelációs koefficiens értéke 0,95 felett van, akkor azt jelenti, hogy a matematikai modell jól illeszkedik a szárítási görbére.

3. táblázat A matematikai modell állandó együtthatóinak és a koefficienseinek értékei

Table 3. Values of constant factor and coefficients of the mathematical model

Minta (1)	Kezelési módszer (2)	Modell paraméterei (3)				
		a	b	c	R^2	RMSE
<i>Jonagold</i>	Kontroll (4)	0,0002	-0,0054	-0,0102	0,9999	0,00969
	Blansírozás (5)	0,0003	-0,0067	-0,0256	0,9992	0,03135
	10%-os sóoldat (6)	0,0003	-0,0072	-0,0096	0,9997	0,01594
	20%-os cukoroldat (7)	0,0002	-0,0051	-0,0243	0,9989	0,03927

(1) sample, (2) method of treatment, (3) model parameters, (4) control, (5) blanching, (6) salt solution, 10%, (7) sugar solution, 20%

Az előkezelés hatása a szárítmány keménységére

A 4. táblázat jól prezentálja, hogy mindegyik módszerrel kezelt minta keménysége minőségjavuláson ment keresztül a kontrollhoz képest, mindez statisztikailag is igazolt.

4. táblázat Az előkezelések hatása a *Jonagold* alma keménységére

Table 4. Effect of pre-treatments on the hardness of *Jonagold* apple

Minta megnevezése (1)	Kezelések (2)	Erő, F [N] (3)
<i>Jonagold</i>	Kontroll (4)	11,071 ^c
	Blansírozás (5)	3,365 ^a
	10%-os sóoldat (6)	8,605 ^b
	20%-os cukoroldat (7)	7,656 ^b

Megjegyzés: ^{a b c} statisztikai analízis ANOVA Duncan (szignifikanciaszint: $p < 0,05$) teszttel

(1) description of sample, (2) treatments, (3) force, F [N], (4) control, (5) blanched, (6) salt solution, 10%, (7) sugar solution, 20%

^{a b c} statistical analysis (significantly different $p < 0,05$) ANNOVA Duncan test applies between treatments

A fagyasztva szárított termékek rugalmasságának, porózus struktúrájának és viszkózus tulajdonságának köszönhetően a nyersanyag keménységéhez (14,561 N) képest alacsonyabb értékkel rendelkezik (*Krokida és Maroulis* 2001). A 20%-os cukoroldatba mártott alma alacsonyabb felületi keménységgel jellemezhető, mint a 10%-os sóoldatban kezelt, de szignifikáns különbség nem volt köztük. Továbbá a 4. táblázatban megfigyelhető, hogy a 20%-os cukor- és a 10%-os sóoldatban kezelt *Jonagold* kockák felületi szilárdsága a kezelés hatására 30,85 és 22,27%-kal csökkent. *Atarés et al.* (2008) szerint mindez annak

köszönhető, hogy az almaminták (*Granny Smith*) sejtfalai rugalmassá, stabillá váltak a cukros előkezelés hatására. A blansírozott *Jonagold* minták hozták a legkedvezőbb szilárdsági értékeket, mintegy 69,6%-kal alacsonyabb ellenállást mértünk a kontrollhoz képest. Az eredményeinket jól visszatükrözi *Tahmasbi et al.* (2006) ozmózis (cukros) oldatban előkezelt paradicsom keménységéről (roncsolásos módszerrel mérve) készült kutatási jelentése. Konvekciós és mikrohullámú szárítást megelőzően 30 és 40%-os cukoroldatba mártott paradicsom keménysége alacsonyabb értéket képviselt, mint a kontroll (csak szárított) minták.

Shamaei et al. (2012) málna vízelvonását konvekciós és mikrohullámmal kombinált meleg levegős szárítási módszerrel végezték el. A dehidráció előtt cukoroldatba (40, 50 és 60%, w/w) és sóoldatba (0,4 és 8%, w/w) mártották a mintákat. Az előkezelt és magas hőmérsékleten (50 °C) végzett szárítás esetében kedvezőbb anyag-szilárdsági mutatókat kaptak a kontroll mintákhoz hasonlítva.

Leeratanarak et al. (2006) meleg levegővel szárított burgonyacsipsz (3,5 mm vastagságú) állományvizsgálata (kompressziós vizsgálat) során kimutatták, hogy a blansírozott (90 °C, 1–5 min) csipsz szignifikánsan alacsonyabb ellenállással (Newton-ban kifejezve) rendelkezett, mint a kezeletlen minta.

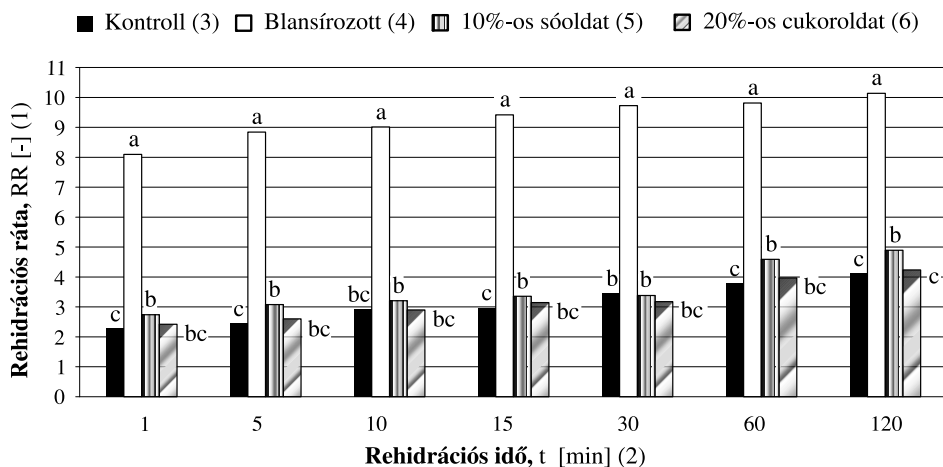
A blansírozott *Jonagold* almaminta alacsony mechanikai ellenállását (3,365 N) a hőkezelés hatására a sejtfalakban bekövetkezett szakadásnak, sérülésnek köszönheti, mely megváltoztatja a sajtfalak szilárdságát (*Choe et al.* 2001, *Argyropoulos et al.* 2010). A végtermék mechanikai jellemzése szempontjából jó eredményt kaptunk, viszont a főzési folyamat (95 °C-on) a beltartalmi értékek degradálódásához vezetett. *Di Cesare et al.* (2003) kutatási eredményeiből kiderül, hogy a blansírozással (forrásban lévő víz, 20 s) előkezelt bazsalikom illóolaj-tartalma nagymértékben csökkent a kezeletlen alapanyaghoz képest. Elektronmikroszkóp segítségével kimutatták, hogy ennek oka az olajtokok felrepedése, összetörése az előfőzés alatt. *Lee és Kader* (2000) gyümölcs- és zöldségfélék esetében elemezték, hogy a blansírozás hozzájárult – a kezelés során – a nagymértékű C-vitamin veszteséghez.

Az előkezelés hatása a szárítmány rehidráltóságára

A 3. ábra ismerteti a különböző oldatokban kezelt *Jonagold* minták rehidrációs rátáinak (RR) értékeit 25 °C-os visszanedvesítő közegben. A diagram jól mutatja, hogy az áztatási idő növekedésével a rehidrációs ráta (RR) értéke is emelkedett. Az eredményekből kiderül, hogy a liofilizált minták is jó rehidrációs képességgel rendelkeznek (a szárított termék tömegéhez képest négyszeresére duzzad, 120 min-nél).

Mindegyik előkezelési eljárás pozitívan hatott az alma visszanedvesítésére, kivételt képez ez alól a 20%-os cukoroldatos kezelés. Ugyanis a rehidrációs folyamat alatt a 20%-os cukoroldatban kezelt minták (RR = 4,23) és a kontroll (RR = 4,11) között nem volt szignifikáns különbség, másképpen kifejezve, ez a kezelés nem alkalmas arra, hogy a fagyasztva szárított alma rehidrációs tulajdonságait feljavítsuk. Ezt a korábbi tanulmányunkban is kimutattuk (*Antal et al.* 2012). A 10%-os sóoldatba merített almakockák jó rehidrációs képességgel jellemezhetők (RR = 4,89).

A keménységmérés eredményeihez hasonlóan a blansírozott minták prezentálták a



Megjegyzés: ^{a,b,c} statisztikai analízis ANOVA Duncan (szignifikanciaszint: $p < 0,05$) teszttel

3. ábra Az előkezelt *Jonagold* almaminták rehidrációs kapacitása 25 °C-os nedvesítő közegben

Figure 3. Rehydration capacity of pre-treated *Jonagold* apple samples
in wetting medium at 25 °C

(1) rehydration ratio, RR [-] (2) rehydration time, t [min] (3) control, (4) blanched,
(5) salt solution, 10%, (6) sugar solution, 20%

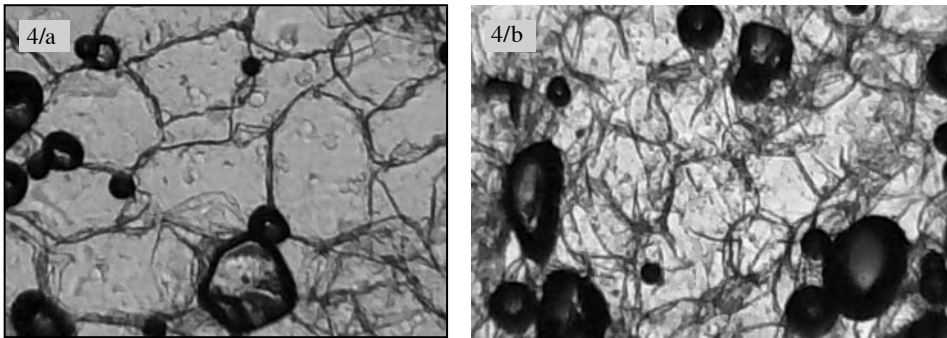
^{a,b,c} statistical analysis (significantly different $p < 0.05$)

ANOVA Duncan test applies between treatments

legmagasabb rehidrációs ráta értéket ($RR = 10,13$). A blansírozás hatására a *Jonagold* minta 2,5-ször nagyobb mennyiségű folyadékot szívott magába, mint a kontroll minta. Az előkezelt-szárított alma visszanedvesítésével kapcsolatos eredményeink ellenére *Aktas et al.* (2004) konvekciós úton szárított burgonya- és sárgarépaszeletek cukros előkezelésének (20%, w/w) hatására azt tapasztalták, hogy a kezelt zöldségek magasabb rehidrációs képességgel rendelkeztek, mint a kezeletlen minták. Mindez azt mutatja, hogy a kezelési eljárások hatása a végtermék minőségére nagy valószínűséggel fajtafüggőek. Hasonlóan az eredményeinkhez *Jokics et al.* (2009) megállapították, hogy a blansírozott-szárított (hagyományos úton) almaminták (*Florina* fajta) magas rehidrációs abilitással (forró vízben, 10 min) rendelkeznek. A többi előkezelési eljáráshoz (aszorbinsavas oldat, l-cysteine oldat, 4-hexyl-resorcinol oldat, nátrium metabiszulfitos oldat) és a kezeletlenhez képest a legnagyobb rehidrációs ráta értéket az előfőzött minták esetében mérték. *Doymaz* (2010) *Amasya* almakockák (5 mm) hagyományos úton történő szárításával kísérletezett. A vízelvonás előtt a mintákat blansírozták (70 °C, 2 min), illetve citromsavas kezelésnek vetették alá. A rehidráció a blansírozott almamintáknál sikerült a legjobban. Mindkét esetben, a 30 és 70 °C-os vízben történő visszanedvesítéskor (6 h) gyorsabb vízfelvétellel és magasabb rehidrációs ráta értékkel jellemezhető a blansírozott alma, mint a citromsavas kezelésnek alávetett és kezeletlen minták.

A kémiai előkezelések hatása az alma mikrostruktúrájára

Ebben a fejezetben az alkalmazott előkezelések hatását kívánjuk bemutatni a *Jonagold* almafajta szövetszerkezetére, abból a megfontolásból, hogy meg tudjuk magyarázni az anyagban végbemenő jelenségek okait. Mindez a késztermék minőségét is lényegesen befolyásolja. A nyers és a kezelt parenchimaszövetek keresztmetszetéről készült felvételeket elektronmikroszkóphoz kapcsolt kamerával rögzítettük. A felvételek 4x nagyításban láthatóak a 4–5. ábrákon.

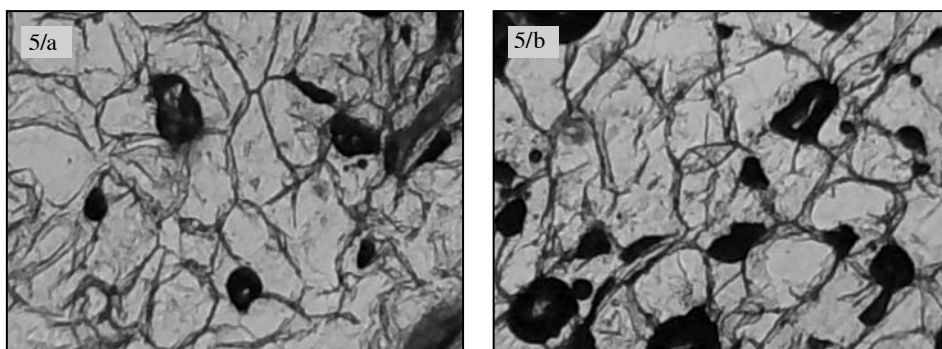


4. ábra Nyers (a) és blansírozott (b) *Jonagold* almaminta textúrája

Figure 4. Texture of unprocessed (a) and blanched (b) *Jonagold* apple sample

A 4/a ábra a nyers *Jonagold* almaminta szövetszerkezetét mutatja, ahol jól megfigyelhető a sejtekre jellemző szabálytalan, kissé elnyúlt kerekded, duzzadt forma. Az ábra számunkra azt is jól prezentálja, hogy az alma szövege hálószerű alakzatú, inhomogén. A 4/b ábrán látható, hogy az alma szövetszerkezete a 95 °C-os előfőzés (5 min) hatására elég nagymértékű deformáción ment keresztül. Az intenzív hőkezelés előidézte a sejtfaalak elvékonyodását, zsugorodását. A sejteket érő feszültségnövekedés hatására a sejtfaalak berepedtek és elszakadtak. Mivel mindez a textúra és a sejtek torzulásához vezetett, ezért egyúttal a sejtben lévő alkotók bomlását és kioldását okozta. Nagy valószínűséggel ezzel magyarázható, hogy a blansírozás során a kezelt termék beltartalmi értékei degradálódnak. Ezek mellett eredményünkkel jól összeegyeztethető *González-Fésler et al.* (2008) megállapítása, miszerint a blansírozott alma (*Granny Smith*) sejtjeinek összeomlása, a sejtfaalak széttrövése hozzájárul a vízelvonás során a szárítási ráta fokozásához. *Del Valle et al.* (1998) kimutatták, hogy az előfőzés (97,3 °C) hatására az alma (*Granny Smith*) sejtjei elváltak egymástól és sejtösszeomlás történt. Az előfőzési idő növekedésével (30 s-ról 60 s-ra) kismértékben növekedett a sejtek szétválása. Kutatási eredményeink ezen kívül jól összeegyeztethető *Argyropoulos et al.* (2010) eredményeivel, azaz a blansírozás megváltoztatja a termék mechanikai ellenállását, mivel a sejtfaalak összetartása, szilárdsága csökken. Az 5. ábrán a só- (a) és cukoroldatba (b) mártott (15 min) almaminták szövetszerkezetét láthatjuk. A kémiai oldatokban való kezelés hatására az alma sejtfaaljai kismértékű károsodásnak lettek kitéve, deformálódtak, fellazultak, elváltak egymástól. Az ép sejtek viszont

megőrizték eredeti formájukat. A minták sóoldatban történt áztatása (5/a ábra) során azt tapasztaltuk, hogy kevesebb ép sejt maradt, mint a cukoroldatos kezelésnél. Nieto *et al.* (2004) mikroszkópon keresztül megfigyelték, hogy a 25%-os glükóz vizes oldatban kezelt (200 min) alma (*Granny Smith*) szövetelrendezése nagyon hasonló a kontroll mintáéhoz. Ezenkívül megállapították, hogy néhány esetben a sejthártya szétszakadt.



5. ábra Só- (a) és cukoroldatban (b) előkezelt *Jonagold* almaminták textúrája

Figure 5. Texture of pre-treated *Jonagold* apple sample in salt- (a) and sugar solution (b)

Mindezeket figyelembe véve kijelenthetjük, hogy a blansírozás kedvezőtlenebb hatással van a *Jonagold* alma textúrájára, mint a só- és cukoroldatos kezelések.

Sajnos a szakirodalomban kevés kutatási jelentés lelhető fel azzal kapcsolatban, hogy valójában mi is történik a kémiai előkezelések hatására a termék textúrájában. Ahhoz, hogy eredményeinket szélesebb körben prezentálni tudjuk, és tudományos értelemben megalapozottá váljon, további kutatómunkára van szükség (beltartalmi és mikroszkópos vizsgálatok). Az élelmiszer-ipari anyagok szövetszerkezeti feltérképezésének széles körű elfogadott módszere a pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálat.

Influence of pre-treatments on quality and drying kinetics of freeze-dried *Jonagold* apple

TAMÁS ANTAL

College of Nyíregyháza
Faculty of Engineering and Agriculture
Department of Vehicle and Agricultural Engineering
Nyíregyháza

SUMMARY

The freeze drying suffers from the problem of very long drying time. The pre-treatments can possibly help to reduce the drying time and also can enhance drying rate. In this study the research group investigated the drying kinetics, texture and water uptake after freeze drying of *Jonagold* apple samples, that were pre-treated by using blanching (95 °C), salt (10%, w/w) and sugar solution (20%, w/w). The untreated samples were used as a control. The samples that were blanched in hot water, reached lowest final moisture content compared with those untreated and treated samples. All pre-treatments reduced the period of freeze-drying. Results showed that blanched apple samples gave the shortest drying time and the best freeze drying rate. The drying kinetics was described by using so-called third-degree polynomial mathematical model. The results of the evaluation showed a good fitting with the experimental data. The model was evaluated using two statistical factors, correlation coefficient (R^2) and root means square error (RMSE). A compression test was used to analyse the effect of pre-treatments on apple texture. All pre-treatments lead to the reduction of texture strength. The blanching had a best (crispy, softest texture) effect on the firmness of *Jonagold* cubes. It was found that the rehydration property of blanched dried product was improved, comparing to non-treated and pre-treated samples in salt and sugar solutions.

The best product quality, determined by the drying kinetics, texture and rehydration ratio was noted for blanched and pretreated in salt solution *Jonagold* apple. Despite the advantages of blanching the chemical components of finished products were reduced, comparing to other pre-treatments (Lee és Kader 2000, Lo et al. 2002). Influence of blanching the tissue of apple has been damaged. Future work should focus on the optimization of the concentrations and methods of the pre-treatments. Further research is necessary to understand the effect of pre-treatments on microstructure and chemical components of apple.

Keywords: *Jonagold* apple, lyophilisation, pre-treatment, polynomial model, hardness, rehydration, microstructure.

IRODALOM

- Aktas, T. – Yamamoto, S. – Fujii, S. (2004): Effects of pre-treatments on rehydration properties and microscopic structure changes of dried vegetables. *Japan Journal of Food Engineering* **5**, (4) 267–272.
- Aktas, T. – Fujii, S. – Kawano, Y. – Yamamoto, S. (2006): Effects of some osmotic pre-drying treatments on drying kinetics, desorption isotherms and quality of vegetables. 15th International Drying Symposium, Budapest, Hungary, 20–23 August, 2006, 877–883.
- Allali, H. – Marchal, L. – Vorobiev, E. (2009): Effect of blanching by ohmic heating on the osmotic dehydration behavior of apple cubes. *Drying Technology* **27**, (6) 739–746.
- Antal T. – Figiel, A. – Kerekes B. – Sikolya L. (2011): Effect of drying methods on the quality of the essential oil of spearmint leaves (*Mentha spicata* L.). *Drying Technology* **29**, (15) 1836–1844.
- Antal T. – Kerekes B. – Sikolya L. (2012): Különböző előkezelési eljárások hatása a fagyasztva szárított alma minőségére. 34. Óvári Tudományos Nap, Mosonmagyaróvár, Magyarország, október 5. 2012, 47–54.
- Arévalo-Pinedo, A. – Murr, F. E. X. (2007): Influence of pre-treatments on the drying kinetics during vacuum drying of carrot and pumpkin. *Journal of Food Engineering* **80**, 152–156.
- Argyropoulos, D. – Khan, M. T. – Mueller, J. (2010): Effect of drying temperature and pre-treatment on color and textural changes during convective air drying of *Boletus Edulis* mushroom. 17th International Drying Symposium, Magdeburg, Germany, 3–6 October, 2010, 1404–1409.
- Atarés, L. – Chiralt, A. – Gonzalez-Martinez, C. (2008): Effect of solute on osmotic dehydration and rehydration of vacuum impregnated apple cylinders (cv. *Granny Smith*). *Journal of Food Engineering* **89**, (1) 49–56.
- Baroni, A. F. – Hubinger, M. D. (1998): Drying of onion: effects of pretreatment on moisture transport. *Drying Technology* **16**, (9–10) 2083–2094.
- Choe, E. – Lee, J. – Park, K. – Lee, S. (2001): Effects of heat pretreatment on lipid and pigments of freeze-dried spinach. *Food Chemistry and Toxicology* **66**, (8) 1074–1079.
- del Valle, J. M. – Aránguiz, V. – León, H. (1998): Effects of blanching and calcium infiltration on PPO activity, texture, microstructure and kinetics of osmotic dehydration of apple tissue. *Food Research International* **31**, (8) 557–569.
- Di Cesare, L. F. – Forni, E. – Viscardi, D. – Nani, R. C. (2003): Changes in the chemical composition of basil caused by different drying procedures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**, (12) 3575–81.
- Donsi, G. – Ferrari, G. – Di Matteo, P. (2000): Atmospheric and freeze drying kinetics of shrimps. 12th International Drying Symposium, Noordwijkerhout, The Netherlands, 28–31 August, 2000, No 26.
- Doymaz, I. (2010): Effect of citric acid and blanching pre-treatments on drying and rehydration of Amasya red apples. *Food and Bioproducts Processing* **88**, 124–132.
- Doymaz, I. – Ismail, O. (2011): Drying characteristics of sweet cherry. *Food and Bioproducts Processing* **89**, 31–38.
- Duan, X. – Zhang, M. – Mujumdar, A. S. – Wang, S. (2010): Microwave freeze drying of sea cucumber (*Stichopus japonicus*). *Journal of Food Engineering* **96**, 491–497.
- Edukondalu, L. – Samuel, D. V. K. (2008): Drying kinetics of solar dehydrated onion slices: effect of pretreatment and variety. 16th International Drying Symposium, Hyderabad, India, 9–12 November, 2008, 1410–1414.
- Fekete A. (2005): Fizikai jellemzők mérés technikája. In *Sitkei Gy. (szerk.): A gyümölcs- és zöldség-termesztés műszaki vonatkozásai*. MGI könyvek 4, FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő, 131.
- Garcia-Noguera, J. – Weller, C. L. – Oliveira, F. I. P. – Fernandes, F. A. N. – Rodrigues, S. (2010): Ultrasound-assisted osmotic dehydration as a pre-treatment for freeze dried strawberries. 17th International Drying Symposium, Magdeburg, Germany, 3–6 October, 2010, 1285–1290.
- González-Féslér, M. – Salvatori, D. – Gómez, P. – Alzamora, S. M. (2008): Convective air drying of apples as affected by blanching and calcium impregnation. *Journal of Food Engineering* **87**, 323–332.
- Jiang, H. – Zhang, M. – Mujumdar, A. S. (2010): Microwave freeze-drying characteristics of banana crisps. *Drying Technology* **28**, 1377–1384.

- Jokic, S. – Velic, D. – Bilic, M. – Lukinac, J. – Planinic, M. – Bucic-Kojic, A. (2009): Influence of process parameters and pre-treatments on quality and drying kinetics of apple samples. *Czech Journal of Food Sciences* **27**, (2) 88–94.
- Kománcsi Gy-né. (1981): Terményszilárdosítási vizsgálatok. In Kománcsi Gy. E. I. (szerk.): A kertészeti termények agrofizikai adatai. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 52.
- Krokida, M. K. – Oreopoulou, V. – Maroulis, Z. B. – Marinos-Kouris, D. (2001): Effect of osmotic dehydration pretreatment on quality of french fries. *Journal of Food Engineering* **49**, 339–345.
- Krokida, M. K. – Maroulis, Z. B. (2001): Structural properties of dehydrated products during rehydration. *International Journal of Food Science and Technology* **36**, (5) 529–538.
- Krokida, M. K. – Marinos-Kouris, D. (2002): Rehydration kinetics of dehydrated products. The Proceedings of the 13th International Drying Symposium, Beijing, China, 27–30 August. B. 943–951.
- Lee, S. K. – Kader, A. A. (2000): Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* **20**, (3) 207–220.
- Leeratanarak, N. – Devahastin, S. – Chiewchan, N. (2006): Drying kinetics and quality of potato chips undergoing different drying techniques. *Journal of Food Engineering* **77**, 635–643.
- Lo, C. M. – Grün, I. U. – Taylor, T. A. – Kramer, H. – Fernando, L. N. (2002): Blanching effects on the chemical composition and the cellular distribution of pectins in carrots. *Journal of Food Science* **67**, (9) 3321–3328.
- Moreira, R. – Villate, J. E. – Figueiredo, A. – Sereno, A. (1998): Shrinkage of apples slices during drying by warm air convection and freeze drying. 11th International Drying Symposium, Halkidiki, Greece, 19–22 August, 1998, 1108–1114.
- Nieto, A. B. – Salvatori, D. M. – Castro, M. A. – Alzamora, S. M. (2004): Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose dehydration: shrinkage, porosity, density and microscopic features. *Journal of Food Engineering* **61**, 269–278.
- Prothon, F. – Ahrné, L. M. – Funebo, T. – Kidman, S. – Langton, M. – Sjöholm, I. (2001): Effects of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics. *LWT* **34**, 95–101.
- Ramallo, L. A. – Mascheroni, R. H. (2010): Dehydrofreezing of pineapple. *Journal of Food Engineering* **99**, 269–275.
- Rawson, A. – Tiwari, B. K. – Tuohy, M. G. – O'Donnell, C. P. – Brunton, N. (2011): Effect of ultrasound and blanching pretreatments on polyacetylene and carotenoid content of hot air and freeze dried carrot discs. *Ultrasonics Sonochemistry* **18**, 1172–1179.
- Severini, C. – Baiano, A. – De Pilli, T. – Carbone, B. F. – Derossi, A. (2005): Combined treatments of blanching and dehydration: study on potato cubes. *Journal of Food Engineering* **68**, 289–296.
- Shamaei, S. – Emam-Djomeh, Z. – Moini, S. (2012): Ultrasound-assisted osmotic dehydration of cranberries: Effect of finish drying methods and ultrasonic frequency on textural properties. *Journal of Texture Studies* **43**, (2) 133–141.
- Szabó Z. – Imre L. – Csernátóny-Hoffer A. (1974): Fagyasztva szárítás. In Imre L. (szerk.): Szárítási kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 997–1002.
- Tahmasbi, M. – Emam-Djomeh, Z. – Askari, G. R. (2006): Effects of pretreatments and drying methods on dehydration of tomato. 15th International Drying Symposium, Budapest, Hungary, 20–23 August, 2006, 888–892.
- Wang, R. – Zhang, M. – Mujumdar, A. S. (2010): Effects of vacuum and microwave freeze drying on microstructure and quality of potato slices. *Journal of Food Engineering* **101**, 131–139.

A szerző címe – Address of the author:

ANTAL Tamás

Nyíregyházi Főiskola

Műszaki és Mezőgazdasági Kar

H-4400 Nyíregyháza, Kótaji u. 9–11.

E-mail: antalt@nyf.hu