

XVIII. NEMZETKÖZI TUDOMÁNYOS NAPOK
18th INTERNATIONAL SCIENTIFIC DAYS

A „ZÖLD MEGÁLLAPODÁS” – KIHÍVÁSOK ÉS LEHETŐSÉGEK
THE 'GREEN DEAL' – CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Tanulmányok
Publications

Szerkesztette
Bujdosó Zoltán



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Károly Róbert Campus
Gyöngyös, 2022

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM KÁROLY RÓBERT CAMPUS
Károly Róbert Campus of the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences

GYÖNGYÖSI FELSŐOKTATÁSÉRT ALAPÍTVÁNY
Foundation for Higher Education in Gyöngyös

Szerkesztő

Dr. Bujdosó Zoltán

(Vidékfejlesztés és Fenntartható Gazdaság Intézet, MATE Károly Róbert Campus)

Lektorok

Dr. Ambrus Andrea (MATE Károly Róbert Campus)
Dr. Bujdosó Zoltán (Vidékfejlesztés és Fenntartható Gazdaság Intézet, MATE Károly Róbert Campus)
Dr. Dinya László (MATE Károly Róbert Campus)
Dr. Domán Szilvia (MATE Károly Róbert Campus)
Dr. Fodor László (MATE Károly Róbert Campus)
Dr. Hágen István Zsombor (MATE Károly Róbert Campus)
Dr. Koncz Gábor (MATE Károly Róbert Campus)
Dr. Láposi Réka (MATE Károly Róbert Campus)
Dr. Lehoczky Éva (MATE Károly Róbert Campus)
Dr. Novák Tamás (MATE Károly Róbert Campus)
Dr. Pallás Edit (MATE Károly Róbert Campus)
Szabóné Dr. Benedek Andrea (MATE Károly Róbert Campus)
Dr. Szűcs Csaba (MATE Károly Róbert Campus)
Dr. Taralik Krisztina (MATE Károly Róbert Campus)
Dr. Tóth Eszter Ilona (MATE Károly Róbert Campus)
Dr. Zörög Zoltán (MATE Károly Róbert Campus)

© A szerzők, 2022

Szerkesztés © Bujdosó Zoltán, 2022

A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:

[CC-BY-NC-ND-4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



Kiadja

a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Károly Róbert Campus

Cím: 3200 Gyöngyös, Mátrai út 36.

Telefon: 37/518-301

Honlap: <https://karolyrobertcampus.uni-mate.hu>

Felelős kiadó: Dr. Bujdosó Zoltán campus-főigazgató
Szöveggondozó, korrektor: Kovácsné Burunkai E. Patrícia
Technikai szerkesztő: Kovácsné Burunkai E. Patrícia

ISBN 978-963-623-032-6 (pdf)

TARTALOMJEGYZÉK

ELŐSZÓ	13
PREFACE	14
<i>Alexy, Marta</i>	
THE ROLE AND IMPORTANCE OF DIGITAL DATA IN PRECISION LIVESTOCK TECHNOLOGIES	15
<i>Antal, Tamás – Tóth, Csilla</i>	
A SZÁRÍTÁSI MÓDSZEREK HATÁSA A SÁRGARÉPA MIKROSZERKEZETÉRE ÉS AZ ALAKVÁLTOZÁSÁRA	
THE IMPACT OF DRYING METHODS ON MICROSTRUCTURE AND DEFORMATION OF CARROT	22
<i>Balling, Péter – Deák Patrik, Zoltán – Török, Virág Zita</i>	
A ZÖLDSZÜRET HATÁSAINAK VIZSGÁLATA EGY SZŐLŐÜLTETVÉNYBEN A TOKAJI BORVIDÉKEN	
STUDY OF THE EFFECTS OF GREEN HARVESTING IN A VINEYARD IN THE TOKAJ WINE REGION	32
<i>Barna, Róbert – Horváthné Kovács, Bernadett</i>	
COMPARISON OF VEGETATION INDICES CALCULATED FROM VISIBLE BANDS	39
<i>Barna, Róbert – Horváthné Kovács, Bernadett – Stettner, Eleonóra</i>	
KIS KAPACITÁSIGÉNYŰ INFORMATIKAI MÓDSZER JAVÍTÁSA A DRÓNREPÜLÉSSEL SZERZETT FELVÉTELEK ÁTFEDÉSÉNEK ELLENŐRZÉSÉRE	
IMPROVING A LOW-CAPACITY DEMAND IT METHOD TO CHECK THE OVERLAP OF DRONE FLIGHT IMAGES	47
<i>Béltéki, Ildikó – Szigedi, Márton – Vincze, Judit</i>	
MÉZTERMELÉS EREDMÉNYESSÉGÉNEK VIZSGÁLATA EGY CSALÁDI GAZDASÁGBAN	
EXAMINING THE EFFICIENCY OF HONEY PRODUCTION ON A FAMILY FARM	56
<i>Béltéki, Ildikó – Tóth, Szilárd Zsolt – Ambrus, Andrea</i>	
A TERMŐHELY HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA MARTONVÁSÁRI BÚZAJAJTÁK TERMŐKÉPESSÉGÉRE	
EXAMINATION OF THE EFFECT OF PRODUCTION SITE ON THE YIELD OF WHEAT VARIETIES OF MARTONVÁSÁR	63
<i>Bohák, Kornélia Blanka – Kovács, Szilvia</i>	
ZÖLD TRANSZFORMÁCIÓ: AZ ÖKOSZISZTÉMA-SZOLGÁLTATÁSOK ÉRTÉKELÉSI LEHETŐSÉGEIRŐL A RÁCKEVEI (SOROKSÁRI) DUNA-ÁG (RSD) PÉLDÁJÁN KERESZTÜL	
GREEN TRANSFORMATION: ABOUT THE EVALUATION POSSIBILITIES OF ECOSYSTEM SERVICES IN THE CASE OF DANUBE BRANCH IN RÁCKEVE (BUDAPEST-SOROKSÁR)	71
<i>Bozóki, Boglárka – Kovács, Gergő Péter – Birkás, Márta – Gyuricza, Csaba</i>	
DROUGHT IN HUNGARY AND ITS IMPACTS ON SOYBEAN (GLYCINE MAX L.) PRODUCTION	82
<i>Bozóki, Boglárka – Kovács, Gergő Péter – Gyuricza, Csaba</i>	
A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAI A MAGYARORSZÁGI FEHÉRJENÖVÉNY TERMELÉSRE	
THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE ON LEGUMES GROWTH IN HUNGARY	88
<i>Bringye, Bernadett – Eke, Zsolt – Pataki, László</i>	
A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A BIZTOSÍTÁSI SEKTOR PENETRÁCIÓJÁRA	
IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON INSURANCE SECTOR PENETRATION	95
<i>Bringye, Bernadett – Eke, Zsolt – Pataki, László</i>	
CURRENT SITUATION OF MUSHROOM GROWING IN EUROPE, TRENDS, NEW CHALLENGES	102
<i>Bujdosó, Zoltán – Lissenko, Anastassiya – Szabó, Róbert – Gulya, Mátyás</i>	
THE IMPORTANT ROLE OF TRENDS IN THE HOTEL INDUSTRY IN KAZAKHSTAN	108

A SZÁRÍTÁSI MÓDSZEREK HATÁSA A SÁRGARÉPA MIKROSZERKEZETÉRE ÉS AZ ALAKVÁLTOZÁSÁRA

THE IMPACT OF DRYING METHODS ON MICROSTRUCTURE AND DEFORMATION OF CARROT

Antal, Tamás – Tóth, Csilla

Összefoglalás

A kutatómunka során egyfokozatú fagyasztva szárítással és háromfokozatú hibrid vízelvonási módszerekkel, azaz vákuum előszárítás fagyasztva- és vákuum utószárítással, illetve infravörös előszárítás fagyasztva- és vákuum utószárítással dehidráltuk a sárgarépa szeleteket. A kombinált szárítási eljárások működési ideje jóval kedvezőbb volt, mint a liofilizálásé. A nyers és a szárított minták szöveti felépítését digitális mikroszkóp által elemeztük. A szárított sárgarépa szeletek alaktani változásait pedig 3D profilmérőgép segítségével határoztuk meg. Megállapítottuk, hogy a liofilizált és a kombinált vákuum előszárított minták porózus szövetszerkezettel jellemezhetők, bár nagyméretű sejtüregekkel rendelkeznek. Az infravörös előszárított anyagok finomabb mikrostruktúrával és kisebb pórusméretekkel rendelkeznek. A 3D felvételek által kimutattuk, hogy a liofilizáláshoz képest a kombinált módszerekkel előállított szárítmány felületén nagyobb mértékű deformáció következett be. A deformitás mértéke elsősorban szárítási eljárás függő, másodsorban szövettani elváltozásokhoz is visszavezethető. A hibrid módszerrel szárított sárgarépa minták közül a 4 perces infravörös előszárított fagyasztva- és vákuum utószárított jellemezhető legkisebb mértékű deformációval.

Kulcsszavak: sárgarépa, fagyasztva szárítás, hibrid szárítás, szövet, deformáció

JEL kód: L66

Abstract

In the research work, carrot slices were dehydrated by one-stage freeze-drying and three-stage hybrid dehydration methods, i.e. vacuum pre-drying freeze and vacuum finish-drying and infrared pre-drying freeze and vacuum finish-drying. The operation time of the combined drying methods was much better than that of lyophilization. The tissue structure of the raw and dried samples was analyzed by digital microscopy. The morphological changes of the dried carrot slices were determined using a 3D profile-measuring instrument. It was found that lyophilized and combined vacuum pre-dried samples are characterized by a porous tissue structure, although they have large cell cavities. The infrared pre-dried materials have a finer microstructure and smaller pore sizes. The 3D images showed a higher degree of deformation on the surface of the material which is dried by combined methods compared to lyophilization. The extent of deformation is primarily a function of the drying process and secondarily can be attributed to histological changes. Among the carrot samples dried by the hybrid method, the 4 min infrared pre-drying freeze and vacuum finish-drying were characterized by the lowest degree of deformation.

Keywords: carrot, freeze drying, hybrid drying, tissues, deformation

Bevezetés

A vízelvonási folyamatok kedvezőtlen hatással vannak a gyümölcsök és zöldségek mikrostruktúrájára és külső megjelenésére. Ezért a növényi anyagok alaktani és szövettani jelenségeinek tanulmányozása fontos a száradási folyamat jobb megértéséhez és a termék jellemzőinek megismeréséhez.

A liofilizálás az egyik legjobb élelmiszer tartósítási módszer a hőre és az oxidációra érzékeny biológiai anyagok esetében. A fagyasztva szárított anyagok porózus szerkezetűek, ezért jól rehidrálnak (Sagar és Kumar, 2010). Korábban megjelent tudományos eredmények alapján kijelenthetjük, hogy a liofilizált anyagok minimális mértékben zsugorodnak (Ratti, 2001).

A vákuum szárításra jellemző az alacsony hőmérséklet és az oxigén hiánya, ezért kiválóan tartósíthatók a hőérzékeny élelmiszerek (Mousa és Farid, 2002). Az alacsony hőmérsékletű vákuum szárítás során az alacsony alnyomás szint a legjobb módja a termék zsugorodásának csökkentésére (Wang et al., 2020). Krokida és Maroulis (1997) megállapította, hogy a fagyasztva szárított sárgarépa porozitási indexe 80%-os, míg a vákuum szárítotté csak 50%-os.

Míg a vákuum szárításról nem található olyan jellegű információ szakirodalomban, hogy kombinálható a fagyasztva szárítással, az infravörös szárításról viszont igen (Pan et al. 2008). Az infravörös előszárítással jelentős mennyiségű nedvességet távolítanak el a termékből, majd a fagyasztva utószárítást alkalmaznak a végtermék alacsony nedvességtartalomra történő dehidráálására. A kombinált eljárás célja, egyrészt kihasználni az infravörös vízelvonás gyorsaságát, másrészt pedig a kiváló termékminőséget elérni a fagyasztva szárítás által. Pan et al. (2008) viszont megemlíti, hogy a hibrid infravörös-fagyasztva szárított banán nagyobb mértékű zsugorodáson ment keresztül, mint a liofilizált banán. Az infravörös-fagyasztva szárítás energiát takarít meg az egyfokozatú fagyasztva szárításhoz képest (Shih et al., 2008).

A kutatómunka célja egyrészt, hogy három különböző szárítási módszer – infravörös-, vákuum-, és fagyasztva szárítás – összekapcsolásával dehidráljuk a szeletelt sárgarépát. Másrészt megvizsgálni fény és digitális mikroszkóp segítségével a nyersanyag és a szárítmány szövetszerkezetét. Ezen kívül 3D mérőgéppel analizálni a szárítás hatására bekövetkező felületi alakváltozást a terméken. Jelen ismereteink szerint olyan jellegű publikáció nem lelhető fel a nemzetközi szakirodalomban, mely a kombinált szárítási eljárással tartósított sárgarépa mikrostrukturális elváltozását és alakváltozását elemzi.

Anyag és módszer

Nyersanyag

A nyers sárgarépát (*Daucus carota* L.) egy supermarketben szereztük be 2021. decemberben (Nyíregyháza). A kísérletekben felhasznált mintákat megtisztítottuk bő vízben, késsel hámoztuk, majd eltávolítottuk a szennyeződések és a hibás részeket. Ezután a mintákat 0.5 ± 0.05 cm vastagságú, és 2.0 ± 0.1 cm átmérőjű szeletekre vágtuk fel (digitális tolómérővel mért). Mindegyik szárítási kísérlet esetében 50 g alapanyagot használtunk fel. A minták tömegét JKH-500 típusú ($500\text{g} \pm 0.1\text{g}$) digitális mérleggel (Jadever Scale Ltd., Tajvan) mértük meg. A nyersanyag nedvességtartalma nedves bázisra számolva 88.53%. A sárgarépa nedvességtartalmát – a szárítás kezdetén és végén – LP-303 (Budapest, Labor-MIM) típusú hengersizárítóban határoztuk meg, ún. gravimetriás módszerrel. A nedvességtartalom meghatározása háromszori ismétléssel lett végrehajtva és az átlagértékekkel számoltunk.

Szárítási módszerek

A sárgarépa szeletek szárítását három különböző vízelvonási programmal végeztük el, azaz egyfokozatú fagyasztva szárítással, és az ún. hibrid vagy kombinált szárítással: infravörös szárítás-fagyasztva szárítás-vákuum szárítás és vákuum szárítás-fagyasztva szárítás-vákuum szárítás. A szárítóberendezések tálcáira a nyersanyagot egy rétegben helyeztük el, melyeknek tömege egységesen 50-50 g volt. A kísérletben felhasznált anyagok szárítását tömegállandóságig végeztük, ami 3.2-4.4%-os nedvességtartalomnak felel meg (nedves bázis). A szárítást minden esetben háromszori ismétléssel hajtottuk végre, a dolgozatban az átlagértékeket jelenítettük meg.

A fagyasztva szárítás (FD) művelete Armfield FT33 (Armfield Ltd., Egyesült Királyság) típusú berendezéssel lett végrehajtva. A minták szárítása az alábbi paraméterekkel jellemezhető: A szárítókamra hőmérséklete (a művelet végén): 22°C . A minták átlaghőmérséklete (a művelet végén): 20°C – beszűrő hőelemmel mérve. A kondenzátorkamra hőmérséklete (a művelet alatt folyamatosan): $-48 - -52^{\circ}\text{C}$. A munkakamra nyomása: 84-97 Pa.

A kombinált vízelvonás berendezései: Az infravörös szárítás (MIR) szárítószekrényben lett végrehajtva, a szárító tetején található két darab kvarcüveg infravörös cső, egyenként 400 W teljesítményűek. Az emitterek által kibocsátott sugárzás hullámhossza 2.4-3.0 μm tartományba esik. Az alkalmazott hőintenzitás 4 kW m⁻², mely 50°C-os szárítólevegő hőmérsékletnek felel meg. A szárítandó anyagot az infravörös csövek alatt 15 cm-re helyeztük el. Ezáltal egy intenzívebb száradást értünk el, az anyag megégése nélkül. Szárítás során az anyag tömegét a tálca alá helyezett digitális mérleg segítségével folyamatosan mértük (Precisa, Precisa Instruments AG, Switzerland, ± 0.01 g pontosságú). A vákuum szárítás (VD): A mintákat vákuumban (Kambic VS-50C modell, Kambic Lab. Eq., Semic, Szlovénia) 50 és 40°C-on szárítottuk. A vákuum szárítóban a szárítási folyamat alatt a nyomás 5 kPa volt. A minta tömegét a szárítás során digitális mérleggel (JKH-500 modell) mértük.

MIR-FD-VD és VD-FD-VD: A minták előszárítását az infravörös- (MIR) és vákuum szárítóban (VD) végeztük el. Ezután közvetlenül átraktuk az előszárított mintákat a liofilizáló (FD) berendezésbe. A hibrid szárítási folyamat a vákuum szárítóban (VD) zárult.

A szárítási kísérletben alkalmazott szárítási programot az 1. táblázatban közöljük.

1. táblázat: A szárítási program a sárgarépa vízelvonására

Megnevezés	Előszárítási idő	Előszárítási hőmérséklet	Utószárítási idő	Utószárítási hőmérséklet	Szárítási idő
FD	-	-	-	-	23 óra
4minMIR-FD-3hVD	4 perc	50°C	3 óra	40°C	13 óra
6minMIR-FD-3hVD	6 perc	50°C	3 óra	40°C	12 óra
2hVD-FD-3hVD	2 óra	50°C	3 óra	40°C	14 óra
3hVD-FD-3hVD	3 óra	50°C	3 óra	40°C	13 óra

Forrás: saját szerkesztés

Mikroanatómiai vizsgálatok

A mikroanatómiai vizsgálatokhoz a sárgarépa raktározó karógyökeréből vékony (1-3 sejtsor vastagságú) kézi metszeteket készítettünk. Az elkészült metszeteket metil zöld 0.5%-os és fuchsin 5%-os vizes oldatának 4:1 arányú keverékével festettük. A metszeteket 10 percig hagytuk a festékoldatban, majd vízben többször öblítettük, végül 96%-os alkoholban derítettük. A festett metszeteket desztillált vízcseppbe helyezve fedőlemezzel lefedve fénymikroszkóppal (Olympus BX51, Olympus Corp., Tokyo, Japan) vizsgáltuk. A fásodott sejttal ibolya, a cellulóz sejttal kékeszöld, a plazma vöröses színűre festődött. A keresztmetszeteket 10x4-es, 10x10-es, 10x20-as, illetve 10x40-es nagyításban vizsgáltuk, mértük a vizsgált paramétereket, fényképeztük azokat. A képeket VSI RZ302 3M CMOS kamerával digitálisan archiváltuk.

Digitális mikroszkóp és 3D mérőgép

Keyence VHX-7000 típusú digitális mikroszkóp (Keyence Co., Osaka, Japán): Miután a mintát tárgyasztalra helyeztük, minden további művelet – többek között a pozíció és a fókusz beállítása, a nagyítás módosítása stb. – automatikusan megy végbe. A szárított sárgarépát keresztirányban felvagtuk és a mikroszkóp segítségével digitális képet készítettünk a metszetről. A felvétel nagy felbontású, közepes nagyítású tárgylencsével készült, 100-szoros nagyítással. A digitális képalkotást 3-3 mintán végeztük el kétszeri ismétléssel.

Keyence VR-6000 típusú 3D profilmérőgép (Keyence Co., Osaka, Japán): A mérőgép a céltárgy 3D-s alakjának mérésével képes meghatározni a magasságot, szélességet és a mélységet. A magassági szín megjelenítéssel egyértelműen látható a különbség a mintaanyag közepe és szélei között (ez a deformitás mértéke). A két- és háromdimenziós kép elegendő volt a deformáció mértékének meghatározásához (12×nagyítás). A mérőgép minden esetben a termék felső része és a mélyedés közötti legnagyobb különbséget azonosította és mérte. A digitális képalkotást 3-3 mintán végeztük el kétszeri ismétléssel.

Eredmények

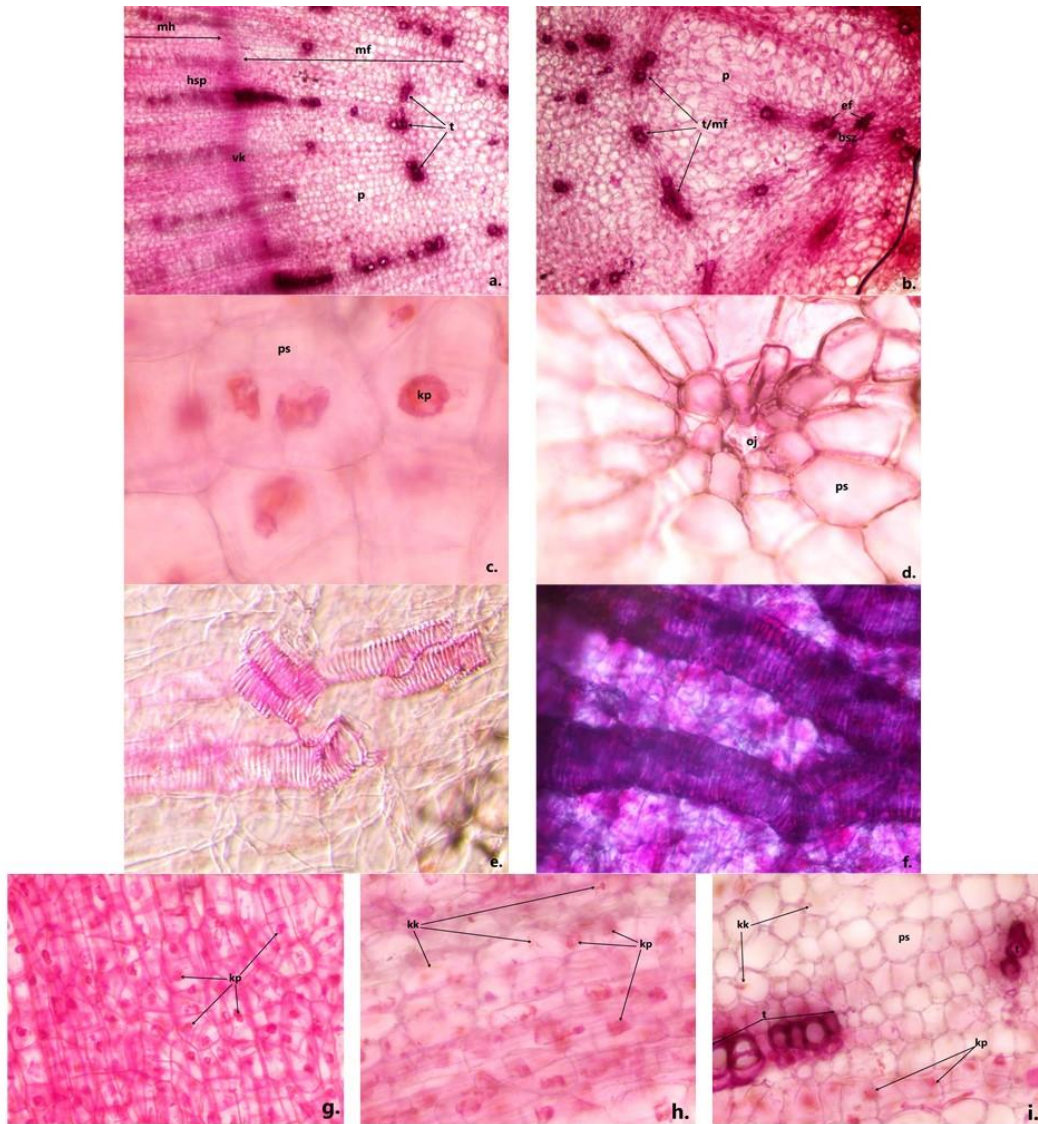
A nyersanyag szöveti felépítése

A sárgarépa (*Daucus carota* L.) sajátos, raktározásra módosult, másodlagos vastagodáson átesett karógyökérrel rendelkezik (1. ábra). Gyökerének másodlagos bőrszöveve a periciklus által képzett periderma, mely a gyökér felszakadozó elsődleges bőrszövetének, a rhizodermisnek a helyén, annak funkcióját átvéve jelenik meg. Sejtjei vékonyfalúak, parásodottak, hosszirányban megnyúltak, felülnézetben sokszög alakúak, méretük 20 - 30 μm .

A cortex (elsődleges kéreg) vékonyfalú, raktározó jellegű parenchima sejtekből áll. A parenchima sejtek plazmadúsak, a másodlagos sejtfal kialakulása nem jellemző, tágas a sejtlumen, hosszúkas alakúak és sokszögletűek. Szélességük átlag 40 μm . A sejtjeikben nagyszámú kromoplasztisz található, melyek főként színanyagokat, karotint illetve antociánt tartalmaznak. Míg a fiatalabb gyökérben jellemzően keményítőt találunk tartaléktápanyagként, idősebb szervekben jellemzően cukrokat. A cortex legbelső sejtje az endodermisz, a kéreghatár.

A központi henger az ún. sztéle, ennek külső sejtje a periciklus, ahonnan az oldalgyökerek indulnak ki. Közvetlenül az elsődleges kéreg alatt található a központi henger első külső összefüggő zónája, a másodlagos hánccs, összefüggő hánccsrostestet alkotva. A sárgarépa raktározó karógyökérében a másodlagos vastagodás sajátos módon megy végbe: a vastagodás során vastag parenchimatikus hánccs képződik. A floémet felépítő rostasejtek, rostacsövek, hánccsparenchima, hánccsrostok ún. hánccsnyalábokba rendeződnek. A hánccsnyalábok között a parenchima sejtek hánccsugárparenchimaként jelennek meg, méretüket tekintve elmaradnak a cortex parenchimatikus sejtjeitől, izodiametrikusak. A sejtek keresztmetszeti képe kerek vagy ovális, sejtfaluk vékony, plazmadúsak. Sejtjeiben felfedezhetők a kromoplasztiszok. A másodlagos hánccsot felépítő parenchima sejtek karotinkristály tartalma meghatározóan magasabb, mint a másodlagos fában található parenchimatikus sejteké (Baranska et al., 2006; Kim et al., 2010). A parenchimatikus sejtek között sejtközötti járatok alakulnak ki (Galindo et al., 2004). A hánccsot olajtartó járatok jelenléte is jellemzi. A hánccsrostestben a rostacsövek mellett jellemzően kísérősejtek is megtalálhatók. Ezek szintén élő, citoplazmatartalmú (sejtmaggal rendelkező) parenchimatikus sejtek. A rostacsövek sejtjei keményítőt tartalmaznak.

A hánccsot a másodlagos (vaszkuláris) kambiumgyűrű választja el a másodlagos farésztől. A kambium (mely a vastagodás során a sztéle alapszöveti sejtjeiből képződő hullámkambiumból differenciálódott) plazmadús, intenzív osztódásra képes élő sejtekből áll. Kifelé újabb hánccs-, befelé pedig újabb faelemeket fűz le, ugyanakkor jelentős mennyiségű parenchimatikus sejtet is képez.



1. ábra: *Daucus carota* raktározó karógyökerének főbb mikroanatómiai jellemzői

a. másodlagos háncs és másodlagos fa a vaszkuláris kambiummal – másodlagos faelemek, tracheák vastag, harmadlagos sejtfallal (10x4-es nagyítás), b. diarch sztéle az elsődleges fával (10x4-es nagyítás), c. kromoplasztiszban gazdag másodlagos háncs – vékony sejtfallú, plazmadús sejtek (10x40-es nagyítás), d. olajtartó járatok a másodlagos háncsban (10x20-as nagyítás), e. spirális sejtfallvastagodást mutató trachea (10x20-as nagyítás), f. hálózatos sejtfallvastagodást mutató trachea (10x20-as nagyítás), g. nagyszámú kromoplasztisz az elsődleges kéreg parenchima sejtjeiben (10x10-es nagyítás), h. nagyszámú kromoplasztisz és karotin kristály a másodlagos háncsban (10x20-as nagyítás), i. elenyésző számú kromoplasztisz és karotin kristály a másodlagos fában (10x20-as nagyítás); mh: másodlagos hány, mf: másodlagos fa, vk: vaszkuláris kambium, hsp: háncs-sugárparenchima, p: parenchima, ps: parenchimasejt, t/mf: trachea/másodlagos háncs, t: trachea, ef: elsődleges fa, bsz: bélszövet, kp: kromoplasztisz, kk: karotinkristály, oj: olajjárat.

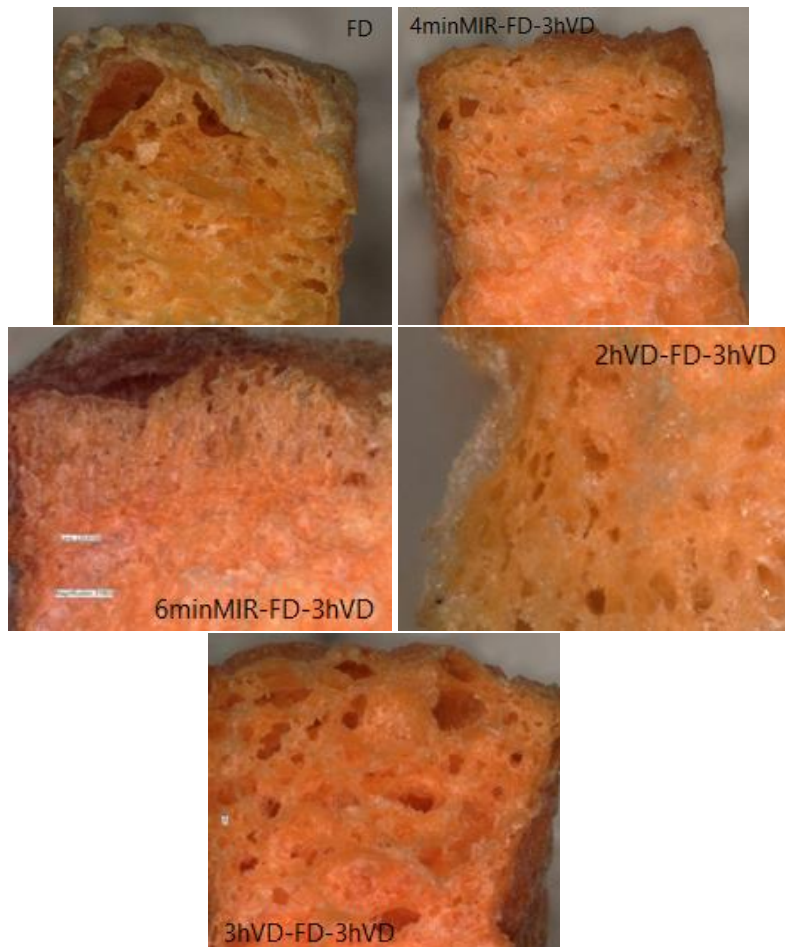
Forrás: saját felvétel

A kambium alatt található a másodlagos fa (xilém). Rostosabb, tápanyagokban szegényebb, a kéreghez és a háncshoz képest kevesebb színanyagot tartalmaz, kisebb a szárazanyag- és diszacharid-tartalommal rendelkezik (Buishand és Gabelman, 1979). A farész sejtjes elemeinek (tarcheidák, tracheák, faparenchima sejtek, farostok) sejtfa jelentős másodlagos vastagodáson esett át (gyűrűs, spirális, létrás, hálózatos vastagodás). Sejtfaikban nagy mennyiségű para, szuberin, valamint kutin halmozódik fel. A nagyfokú másodlagos sejtfallvastagodásnak köszönhetően sejtplazmájuk jelentős részét elvesztettek, többségük holt sejt. Ezért jobb a minél vékonyabb szívrvészű sárgarépa beltartalmi minősége. A másodlagos háncsához hasonlóan a farészt szintén parenchimatikus sejtekből álló sugarak (sugárparenchima) járnak át (Esau, 1940). A szállítóelemek sugárirányban rendeződnek és külön nyálábokat alkotnak.

A központi henger parenchimatikus alapszövetébe (bélszövet) egyszerű nyálábokba rendeződve találhatók meg az elsődleges faelemek, mint fanyalábok. Közöttük bélsugarak figyelhetők meg (Hazslinszky, 1966), a sztéle diarch.

A szárított sárgarépa szövettani elemzése

A 2. ábrán megfigyelhető a fagyasztva szárított és a kombinált eljárásokkal tartósított sárgarépa metszetek mikroszerkezete.



2. ábra: A liofilizált és a kombinált eljárásokkal szárított sárgarépa keresztmetszeti képe
Forrás: saját felvétel

A mikroszkóppal készített felvételeken jól látható a fagyasztva szárítás hatása a szárított termék szövetszerkezetére, azaz porózus vagy likacsos mikrostruktúra kialakulása (az FD szárítási folyamat során a víz jégkristályokba kristályosodik, és ezt szublimáció követi, a végeredmény pedig a porózus szövetszerkezet).

A fagyasztva szárított (FD) sárgarépa mikroszerkezetét megfigyelve, nagyméretű sejtüregek jöttek létre, amelyek a lassú fagyasztási sebesség hatására alakultak ki és az üregek helyén nagyméretű jégkristályok helyezkedtek el. Voda et al. (2012) szerint a fagyasztás során a jégkristály növekedése megrepedt a sejtmembránokat és összenyomja a sejteket. Az infravörös eljárással előszárított (4min- és 6minMIR-FD-3hVD) sárgarépa minták finomabb mikrostruktúrát mutatnak, kisebb a sejtüreg, azaz kisebb pórusméretekkel rendelkeznek. A felvételekből megállapíthatjuk továbbá, hogy az előszárítási idő (4min-ről 6min-re) növekedésével a 6minMIR-FD-3hVD mintánál a pórusok száma és mérete csökkent. Hasonlóan az eredményeikhez, Shih et al. (2008) megállapította az infravörös-fagyasztva szárított szamóca esetében, hogy sűrű kéreggel rendelkezik a felszínen – ez különösen igaz a 6minMIR-FD-3hVD mintánál –, de porózus szerkezetű a szeletekben. A VD-FD-VD szárítási módszerrel kezelt sárgarépa is porózus szövetszerkezettel jellemezhető, melyben a pórusok mérete a liofilizált (FD) mintákétól kisebb, de a MIR-FD-VD termékeknél nagyobb. Másképp ezt úgy is mondhatjuk, hogy a VD-FD-VD anyagokban a fagyasztva szárítás hatásai jobban domináltak, pórusszerkezet heterogenitása hasonló. Ellentétben a MIR-FD-VD termékekhez képest, a VD-FD-VD sárgarépa pórusainak mérete növekedett az előszárítási idő emelkedésével (2h-ről 3h-ra).

A vízelvonás hatására bekövetkező deformáció meghatározása

A 2. táblázat a különböző szárítási módszerek által okozott deformáció mértékét mutatja.

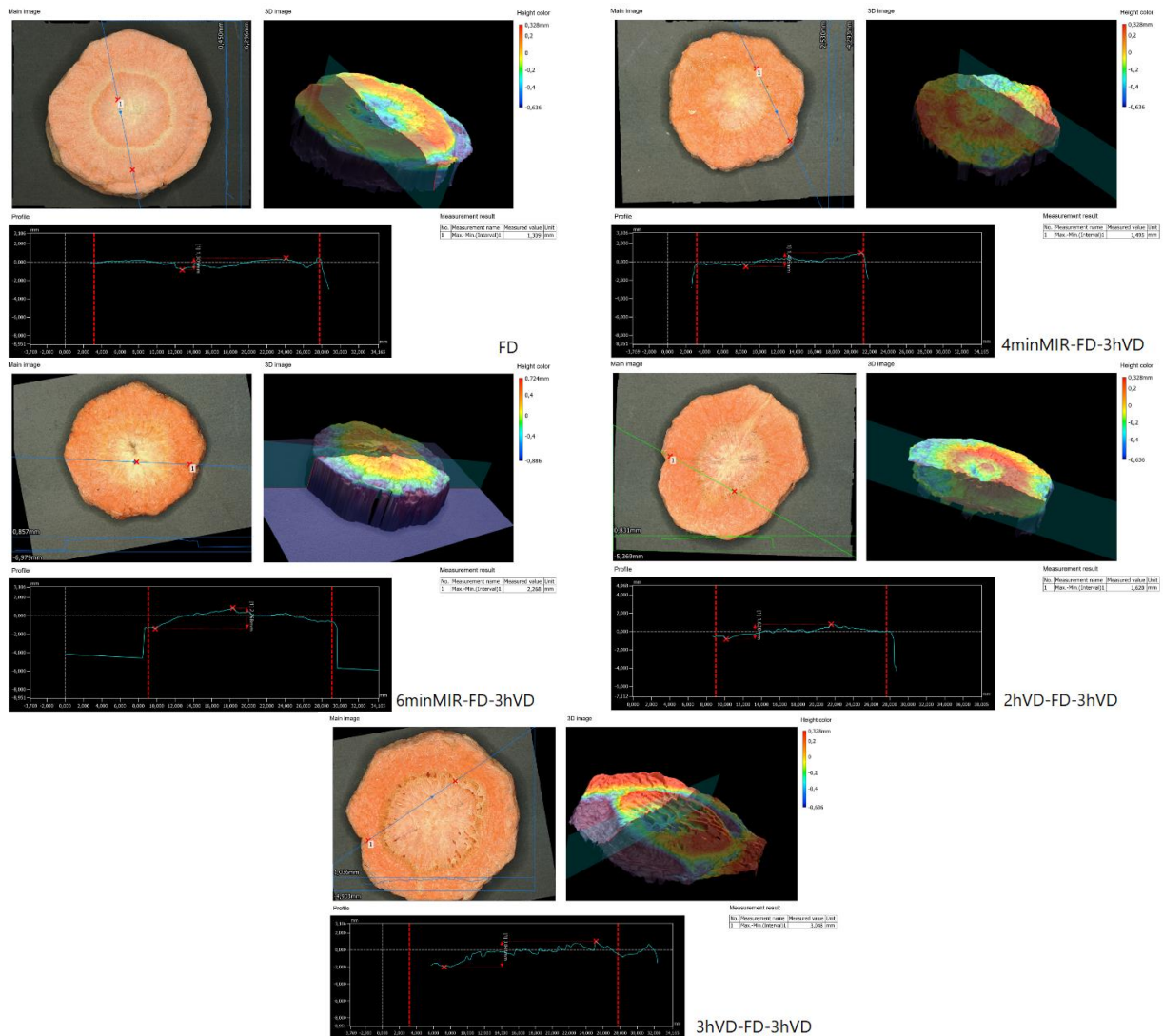
2. táblázat: A szárítás hatására bekövetkező deformáció a termékben

Szárítási módszerek	Az alappont és a mélyedés közötti távolság H [mm]*^x	Rangsor
FD	1.221-1.364	1
4minMIR-FD-3hVD	1.322-1.591	2
6minMIR-FD-3hVD	2.112-2.337	4
2hVD-FD-3hVD	1.423-1.863	3
3hVD-FD-3hVD	2.721-3.048	5

*3-3 minta átlagértéke. ^x megjelölve a 3. ábrán. Forrás: saját szerkesztés.

A digitális profilmérőgéppel az adott mintánál megkerestük a legnagyobb mértékű deformitást, azaz a termék felületén a legmagasabb és legalacsonyabb pont közötti eltérést. Az 2. táblázatban közölt adatok alapján felállítottunk egy rangsort a vízelvonási eljárások között. A következő eredmény született a deformáció mértékét tekintve: FD < 4minMIR-FD-3hVD < 2hVD-FD-3hVD < 6minMIR-FD-3hVD < 3hVD-FD-3hVD. Megállapíthatjuk, hogy az előszárítási idő növekedése (4 min-ről 6min-re és 2h-ról 3h-ra) a termék felületén bekövetkező deformáció növekedésével járt. Másodsorban a fagyasztva szárításhoz képest az infravörös (MIR) és vákuum szárítás (VD) jóval magasabb száradási sebességgel rendelkeznek, és ennek hatására az anyagból gyorsabban távozik a nedvesség, ami a termék deformáció/zsugorodás mértékét növeli, ezt a jelenséget a szakirodalmi források is alátámasztják (Koc et al., 2008).

A szárítási folyamat alatt az anyagátadás következtében a sárgarépa anyagban fellépő feszültségek deformációt okoztak a termékben, ami a zsugorodásra utal. A 3. ábra két- és háromdimenziós nézeteket mutat a fagyasztva szárított és a kombinált módszerrel szárított sárgarépáról. A felső részek a háromdimenziós képet tartalmazzák a bázispontokkal és az összekötő vonalakkal, a kép alsó része pedig a kétdimenziós képet a deformáció mértékét jelző távolságokkal (mm-ben megadva).



3. ábra: A különböző szárítási módszerekkel kezelt sárgarépa 3D és oldalnézeti felvétele

Forrás: saját felvétel

A felvételek alapján megállapítható, hogy a liofilizáláshoz (FD) képest a kombinált módszerekkel előállított szárítmány felületén nagyobb mértékű deformáció következett be. Megállapíthatjuk, hogy a deformáció mértéke elsősorban szárítási eljárás függő.

Kombinált vákuum szárított minták esetében (2hVD-FD-3hVD, 3hVD-FD-3hVD) a zsugorodás a sárgarépa gyökér-minta elsődleges kérgében (cortex) és a központi henger másodlagos háncsrészében volt meghatározó (a 3hVD-FD-3hVD módon szárított minta esetében a zsugorodás az elsődleges kérgben volt a kifejezettebb). Mindkét esetben a többi mintától eltérően egyenetlenség, deformáció volt megfigyelhető a központi henger másodlagos fa állományában, illetve a bélszövetben (a háromdimenziós kép jól mutatja azok „árkoltságát”). A zsugorodás valószínűsíthetően a sugárirányban elrendeződő, vékony elsődleges sejtfalal rendelkező parenchimatikus bélsugárparenchima régiókat érintette, a közöttük elhelyezkedő, másodlagosan vastagodott sejtfalú, gyakorlatilag elhalt sejtekből felépülő tracheák, tracheidák területét azonban nem. Az élő sejtek alkotta parenchimatikus szövetekből a gyorsabban távozó nedvesség okozta azok zsugorodásának nagyobb voltát.

A liofilizált minták esetében volt megfigyelhető a legkisebb mértékű deformáció (a deformitás legnagyobb mértéke 1.364 mm volt). Ugyanakkor a háromdimenziós kép jól mutatja, hogy a többi mintával ellentétes módon itt a szárítás nyomán fellépő zsugorodás a központi henger belső állományát, a másodlagos sejtfalvastagodáson átesett, holt sejtekből álló tracheát tartalmazó másodlagos fát, illetve az elsődleges fát tartalmazó bélszövetet és azok parenchimatikus állományát egyaránt érintette, de erősen zsugorodott az elsődleges kéreg parenchimatikus állománya is.

A 4minMIR-FD-3hVD kezelést kapott minta esetében szintén kismértékű zsugorodás volt megfigyelhető (1.591 mm volt a deformitás legnagyobb mértéke), gyakorlatilag a minta egész felszíne egyenletesnek tekinthető, legkevésbé a másodlagos fa nagyobb trachea sűrűséggel rendelkező kerületi részén volt kifejezett a zsugorodás. Ezzel szemben a megnövekedett előszáritási idő a 6minMIR-FD-3hVD kezelés esetében már sokkal karakterisztikusabb változásokat hozott, a deformáció mértéke 2.337 mm volt, a gyökér szövettájai közül az elsődleges kéreg és a másodlagos háncsot felépítő sejtes elemek és parenchimatikus szöveti elemek mutattak nagyfokú zsugorodást. A másodlagos farészt és a bélszövetet nem jellemezte nagyfokú deformálódás.

Következtetések és javaslatok

A szárított sárgarépa minták szövetszerkezetének elemzéséből megállapítottuk, hogy a liofilizált és vákuum előszáritott termékek porózus szerkezetűek és nagyméretű sejtüregekkel rendelkeznek. Az infravörös eljárással előszáritott anyagok finomabb mikrostruktúrát mutatnak, azaz kisebb pórusméretekkel rendelkeznek, mint a fagyasztva szárított minták.

A kutatási eredményeink azt is jól alátámasztják, hogy a különböző szárítási folyamatok a késztermék alakváltozásaira hatással vannak. Legkisebb mértékű deformáción a fagyasztva és az infravörös módszerrel előszáritott (4minMIR-FD-3hVD) sárgarépa ment keresztül.

Megfigyeléseink hasonlóan Nahimana et al. (2011) megállapításaihoz valószínűsítik, hogy a zsugorodás/deformáció háttérében szövettani okok is állnak: szövettanilag nem homogén minták esetében az eltérő sejtfallvastagság eltérő fokú deformációt eredményez a szárítás során. Megállapítható, hogy az elsődleges, vékony sejtfallal rendelkező, plazmadús parenchimatikus sejtek nagyobb mértékben zsugorodnak, mint az erős másodlagos sejtfallvastagodáson átesett (para, szuberin, lignin, kutin be- és rárakodást tartalmazó sejtfall), protoplazmát veszített, meghatározóan holt sejtekből álló szövettájak. Ezzel magyarázható, hogy a legtöbb vizsgált szárítási mód esetében a legnagyobb fokú zsugorodás az elsődleges kéregben, illetve a másodlagos háncsban volt megfigyelhető, a xilém ezzel szemben kisebb deformitási értékkel volt jellemezhető. Ugyanakkor az is megállapítható, hogy ezen utóbbi szövettáj szintén tartalmaz parenchimatikus sejteket (belsőárparenchima formájában), melynek következtében bizonyos szárítási módok esetén (2hVD-FD-3hVD, 3hVD-FD-3hVD) a másodlagos xilém területén belül is megfigyelhető kismértékű heterogén módon bekövetkező deformáció.

A jelen tanulmányban a különböző módszerekkel szárított sárgarépa elemzésére mikroszkópos és 3D felvételeket használtunk fel, és ezek alapján kijelenthetjük, hogy a kombinált eljárások közül a 4 perces infravörös előszáritás-fagyasztva szárítás és vákuum utószáritási program megfelelő alternatívája lehet a hagyományos egyfokozatú liofilizálásnak.

Köszönetnyilvánítás

A tudományos konferencia előadás anyaga a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj és a Nyíregyházi Egyetem Tudományos Tanácsa támogatásával készült.

Hivatkozott források

- Baranska, M. - Baranski, R. - Schulz, H. - Nothnagel, T. (2006): Tissue-specific accumulation of carotenoids in carrot roots. *Planta*, 224, 1028–1037. p.
- Buishand, J. G. - Gabelman, W. H. (1979): Investigations on the inheritance of color and carotenoid content in phloem and xylem of carrot roots. *Euphytica*, 28, 611 – 632. p.
- Esau, K. (1940): Developmental anatomy of the fleshy storage organ of *Daucus carota*. *Hilgardia*, 13(5), 175-209. p.
- Galindo, F. G. - Brathen, E. - Knutsen, S. H. (2004): Changes in the carrot (*Daucus carota* L. cv. Nerac) cell wall during storage. *Food Research International*, 37(3), 225-232. p
- Hazslinszky, B. (1966): Növényi eredetű élelmiszerek és abraktakarmányok mikroszkópos vizsgálata. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

- Kim, J. - Kim, H. - Rensing, C. - Douglas, J. (2010): Chromoplasts ultrastructure and estimated carotene content in root secondary phloem of different carrot varieties. *Planta* 231, 549–558. p.
- Koc, B. - Eren, I. - Ertekin, F. K. (2008): Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. *Journal of Food Eng.*, 85(3), 340-349. p.
- Krokida, M. K. - Maroulis, Z. B. (1997): Effect of drying method on shrinkage and porosity. *Drying Technology*, 15(10), 2441-2458. p.
- Mousa, N. - Farid, M. (2002): Microwave vacuum drying of banana slices. *Drying Technology*, 20(10), 2055-2066. p.
- Nahimana, H. - Mujumdar, A. S. - Zhang, M. (2011): Drying and radial shrinkage characteristics and changes in color and shape of carrot tissues (*Daucus carota* L) during air drying. *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(68), 15327-15345. p.
- Pan, Z. - Shih, C. - McHugh, T. H. - Hirschberg, E. (2008): Study of banana dehydration using sequential infrared radiation heating and freeze-drying. *LWT-Food Science and Technology*, 41, 1944-1951. p.
- Ratti, C. (2001): Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 311-319. p.
- Sagar, V. R. - Suresh Kumar, P. (2010): Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 15-26. p.
- Shih, C. - Pan, Z.- McHugh, T. - Wood, D. (2008): Sequential infrared radiation and freeze-drying method for producing crispy strawberries. *Transactions of the ASABE*, 51, 205-216. p.
- Voda, A. - Homan, N. - Witek, M. - Duijster, A. - van Dalen, G. - van der Sman, R. - van Duynhoven, J. (2012): The impact of freeze-drying on microstructure and rehydration properties of carrot. *Food Research International*, 49(2), 687-693. p.
- Wang, J. - Zhu, K. - Wang, Y. - Dai, B. - Liu, S. - Li, Y. (2020): Moisture diffusion and shrinkage characteristics of broad bean during low-temperature vacuum drying. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 2217-2230. p.

Szerzők:

Dr. habil. Antal Tamás PhD

egyetemi docens

Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet

4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b.

antal.tamas@nye.hu

Dr. Tóth Csilla PhD

egyetemi docens

Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet

4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b.

toth.csilla@nye.hu