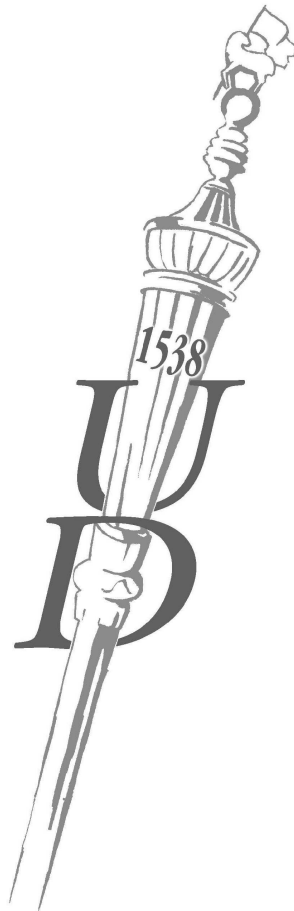


Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**GYÜMÖLCS- ÉS ZÖLDSÉGSZÁRÍTMÁNYOK MINŐSÉGÉT BE-
FOLYÁSOLÓ TECHNOLÓGIAI JELLEMZŐK VIZSGÁLATA**

Antal Tamás

**Témavezető: Prof. Dr. Sinóros-Szabó Botond D.Sc.
egyetemi tanár**



**DEBRECENI EGYETEM
Kerpely Kálmán Doktori Iskola**

Debrecen, 2010.

1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS CÉLKITŰZÉSEI

A zöldségek és gyümölcsök feldolgozásának egyik lehetősége a szárítás. Ennek a tartósítási eljárásnak a leggyakrabban alkalmazott módja a mesterséges konvektív szárítási mód. Az elterjedését az egyszerűség és az alacsony üzemeltetési költség jelenti, azonban nem szabad megfedkezünk a hátrányairól sem, melyek a szárítmány minőségét érintetik: jelentős beltartalmi értékcsökkenés, zsugorodás, a felületen át nem eresztő, kemény réteg képződése, fehérjék denaturálódása stb.

Kutatások már régóta folynak abban az irányban, hogy a természet bőkezű ajándékait, a zöldségeket, gyümölcsöket úgy tudjuk tartósítani, hogy megőrizzék eredeti jellemzőiket a téli, hideg hónapokra is. Ma, a 21. században az előállított zöldség- és gyümölcsszáritmányokkal szemben olyan követelményeket támasztanak, hogy mikrobálisan, és fizikai, kémiai, mechanikai paramétereik szempontjából stabilak, illetve tárolási, csomagolási, szállítási tulajdonságaik kiválóak legyenek. Mindezek mellett magas beltartalmi jellemzőkkel rendelkezzenek, melyek alkalmasak funkcionális táplálékok és táplálék-kiegészítők előállítására. Az előbb felsorolt tartósítással kapcsolatos igények kielégítésére csak néhány szárítási eljárás megfelelő, jelenlegi ismereteink szerint a legkíméletesebb vízelvonási módszer a vákuum-fagyasztva szárítás. A liofilezett termékek jobb minősége oda vezethető vissza, hogy a vízelvonáskor alkalmazott hőmérséklet jóval kisebbek, mint hagyományos szárításkor, másrészt arra, hogy a hagyományosan szárított termékekre jellemző denaturálódási folyamatok nem következnek be. Liofilezéskor belső diffúzió nem jön létre, mert a szublimáció a felületen megindulva fokozatosan mélyebben fekvő rétegekre terjed ki, a jég közvetlenül gőzzé alakul.

Ezért dolgozatomban olyan termékminőséget befolyásoló tényezők vizsgálatára helyeztem a hangsúlyt, melyek figyelembe vétele a jelenségek-folyamatok, összefüggések és hatások megismeréséhez nélkülözhetetlenek. Céljaim vizsgálatára és a feltett kérdéseim megválaszolására két szárítási eljárást (konvektív- és vákuum-fagyasztva szárítás) helyeztem a kutatási analízisem és szintézisem középpontjába. A kutatómunkám ennek megfelelően a következő főbb célokat tűzte maga elé:

- A szárítmányok minőségét befolyásoló technológiai jellemzők megismerése egységes szemléletű értékelésének kidolgozása.
- A gyümölcs- és zöldségszáritmányok hő- és anyagátadási folyamatban

történő vizsgálata és jellemzése. A célkitűzést indokolja, hogy a különböző szakirodalmakban véleményem szerint a liofilizált kertészeti termékekre vonatkozó hő- és anyagtranszport-folyamatok leírása nem teljes.

- A szárítási vizsgálatok adta lehetőségek felhasználásával megállapítani mérőműszeres vizsgálatokon alapuló elemzésekkel a beltartalmi összetevők változását a vízelvonás hatására.

- Kísérleteket lefolytatni zöldség- és gyümölcszárítmányok visszanedvesedésével kapcsolatban. Olyan modellt készíteni, amely matematikai megjelenésében egységes, és a rehidráció folyamatát valósághűen képes szimulálni.

- Felületi szilárdság megállapítása és elemzése a különböző módszerekkel dehidrált anyagok esetében.

- A szárítványok szövettani vizsgálatával bebizonyítani a vízelvonás következtében létrejövő károsodást a zöldség- és gyümölcsfélések textúrájában.

2. A KUTATÁS MÓDSZEREI

A kutatómunka első lépéseként elemeztem a szárítás témakörével foglalkozó, vagy kapcsolódó szakirodalmakat. Az ide vonatkozó külföldi szakirodalomban számos – magyar vonatkozásban hiányterület, és nem kidolgozott – módszer jelent meg a szárítmányok minőségi jellemzésére, melyek ismertetésével a teljesség igénye nélkül foglalkoztam.

A szakirodalomban előforduló vizsgálati módszerek, vizsgálati eredmények segítségével dolgoztam ki az általam alkalmazott kutatási eljárásokat és eszközöket a célként megfogalmazottakhoz.

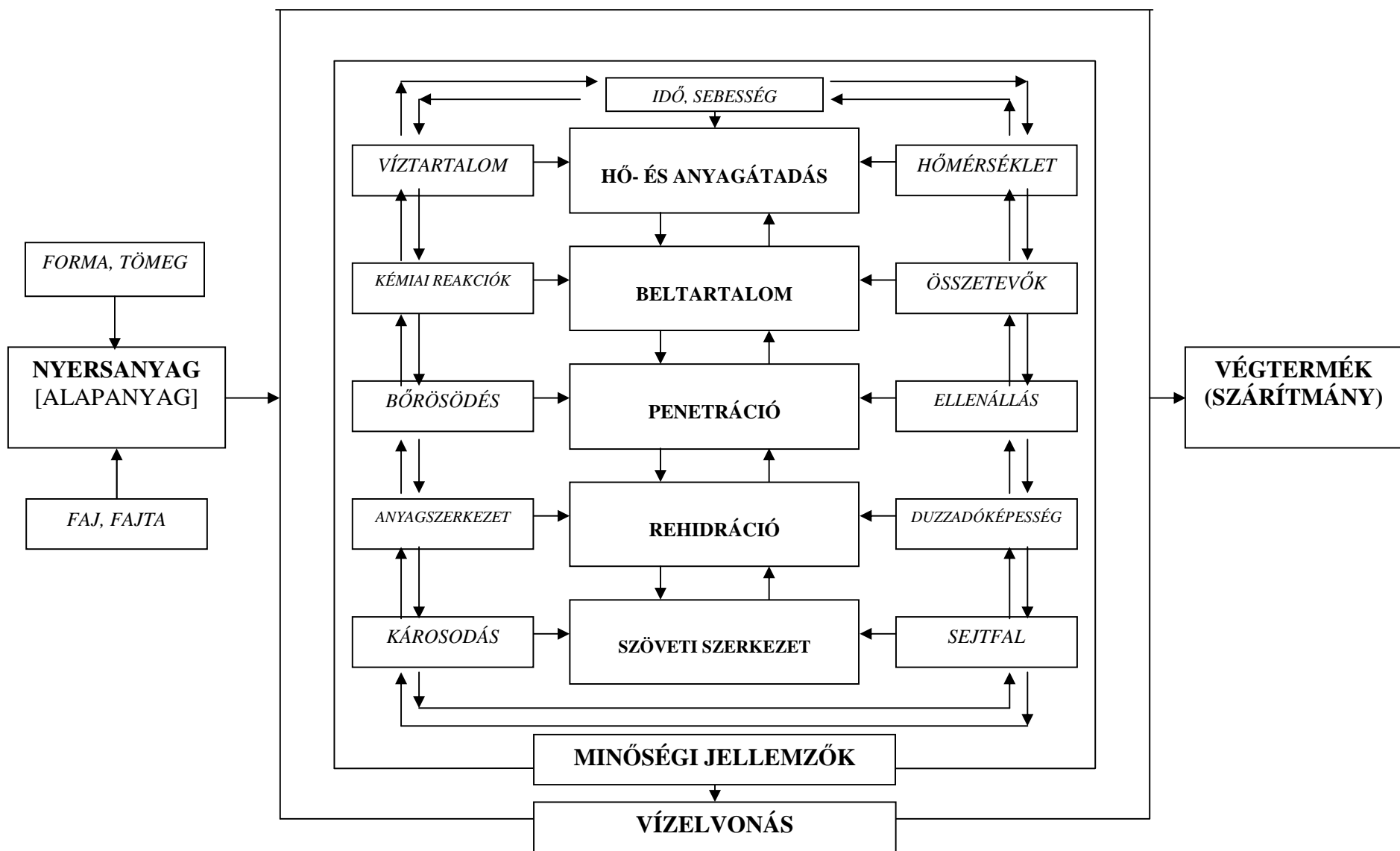
A következő oldalon látható modell (1. ábra) áttekinthető, átfogó képet alkot mindazokról a vizsgálatokról, amelyeket a doktori munkám során elvégeztem, illetve bemutatja azok jelentőségét.

Olyan jellemzők vizsgálatával foglalkoztam, melyek meghatározzák és befolyásolják a szárítmány minőségét (az ábra közepén félkörrel szedett), ezek az alábbiak:

- Kémiai tulajdonságok, pl. beltartalmi jellemzők.
- Mechanikai tulajdonságok, pl. keménység.
- Fizikai tulajdonságok, pl. hő- és anyagtranszport, visszanedvesedés.
- Biológiai tulajdonságok, pl. szöveti szerkezet.

Ezen tulajdonságok figyelembe vétele nélkül nem beszélhetnénk értékmegőrző, kiváló minőségű termékekről. Az alapanyagoknak (zöldség- és gyümölcsfélék) tehát egy olyan kezeléssel – jelen esetben vízelvonó folyamaton – kell keresztül mennie, mely ellenőrizhető, mérhető, befolyásolható, annak érdekében, hogy a lehető legjobban megőrizzük az eredeti állapotokat. Ezért számolnunk kell olyan paraméterekkel, és kölcsönhatásokkal is, amelyek hatással vannak a minőséget befolyásoló tényezőkre, pl. a szárító levegő hőmérséklete és sebessége, a nyersanyag nedvességtartalma, a szárítási idő, a beltartalmi összetevők mennyisége, s azokat befolyásoló kémiai reakciók, a vízelvonás hatására a szárítmányban kialakuló belső ellenállás, a felületen keletkező kemény réteg, az anyagszerkezet felépítése, és annak vízzel telíthetősége, a szárítás következtében a szövetek károsodása, és a sejtfal állapota.

Az eredményeimből az is kiderül, hogy a felsorolt öt jellemző nemcsak szoros kapcsolatban van egymással, hanem hatással is van egymásra.

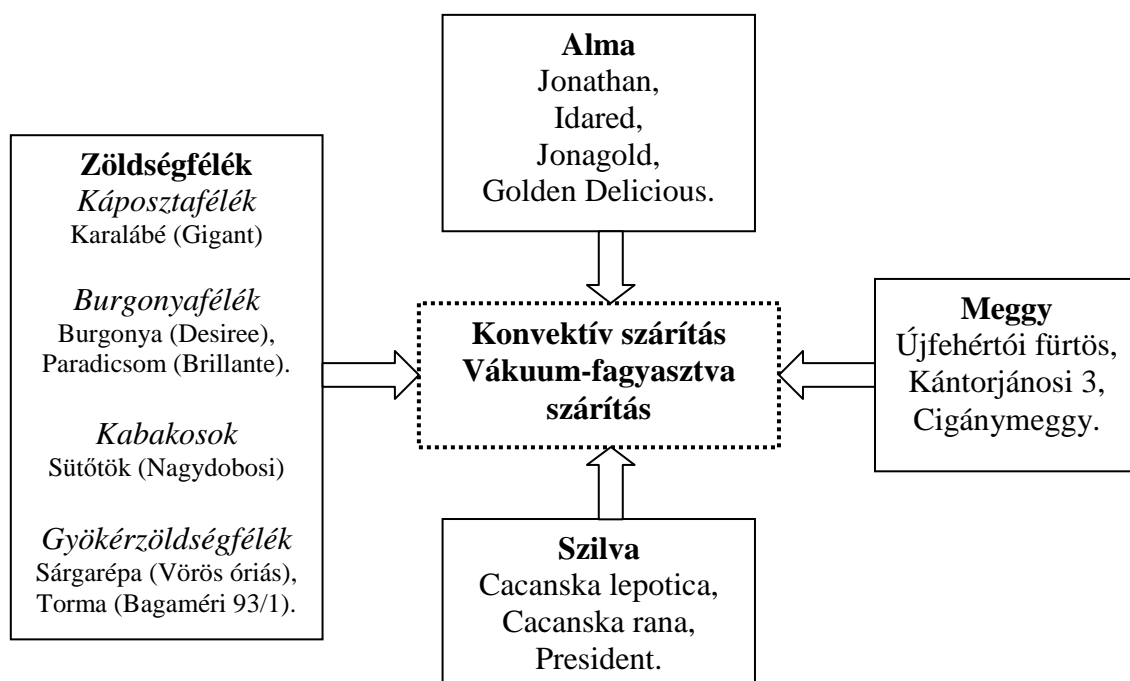


1. ábra. A minőséget meghatározó tulajdonságok rendszerszemléletű összefoglalása (Forrás: saját szerkesztés)

2.1. A kísérletekben vizsgált anyagok jellemzése

A vizsgálatok és adat-felvételezések 2005-2009. között egymást követő öt év folyamán, a Nyíregyházi Főiskolán folytak. A mérések során pontosan ismert eredetű és minőségű gyümölcs- és zöldségféléket vizsgáltam, melyeket a helyi termelőktől és kereskedőktől (Nyíregyháza) szereztem be.

A kísérletekben vizsgált nyersanyagokat a 2. ábra foglalja össze.



2. ábra. Kísérleti anyagok bemutatása

(Forrás: saját szerkesztés)

2.2. A kísérletekben alkalmazott szárítóberendezések ismertetése

A kísérletekben felhasznált kertészeti termékek vízelvonását az alábbi szárítóberendezésekkel végeztem el:

1. Konvektív szárítás - LP 302 laboratóriumi hengeres szárítószekrény.
2. Liofilizálás - Armfield FT33 laboratóriumi vákuum-fagyasztva szárító,
- üzemi szublimációs szárítóberendezés.

2.2.1. LP 302 laboratóriumi hengeres szárítószekrény

A gyümölcs- és zöldségfélék konvektív szárítását a Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Mezőgazdasági Kara, Jármű- és Mezőgazdasági Géptani Tanszék laboratóriumában található hengeres szárítószekrényben hajtottam végre.

A berendezés kis mennyiségű anyagok szárítására alkalmas, mivel 60 literes belső térfogattal rendelkezik. A szárítandó anyagot perforált tálcákra helyezhetjük el az alumínium belső térben. A meleg levegő előállítását – maximálisan 200 °C – a szárító alján elhelyezett elektromos fűtéssel biztosítható. A felvett teljesítmény elérheti max. a 1 kW-ot is. A fűtés termosztáttal szabályozható, $\pm 0,3$ °C hőfokszabályozással. A levegőkeringtetés ventilátorral történik, a légsebesség szabályozása a szárítóberendezés tetején található szűkítővel oldható meg.

A pontos légsebesség-, levegő páratartalom- és léghőmérséklet-mérése, a szárítóberendezés tetején található mérőcsokon keresztül lehetséges. A szárítóközeg hőtechnikai paramétereinek mérését hivatalosan kalibrált TESTO 4510 típusú mérőkészülékkel végeztem el.

A szárítandó anyagot megtisztítottam, szeleteltem és elhelyeztem a szárító perforált polcaira egy rétegben. A gyümölcsök és zöldségek konvektív szárítását *Burits (1992)* által ajánlott szárítási technológia betartásával végeztem el.

2.2.2. Armfield FT33 laboratóriumi vákuum-fagyasztva szárító

Ez a készülék is, a Jármű- és Mezőgazdasági Géptani Tanszék laboratóriumában került elhelyezésre.

Az Armfield fagyasztva szárító egy kompakt egység, mely két kamrával rendelkezik. A kamrák belseje korrózióálló rozsdamentes acélból készült, és könnyen sterilizálható. Az egyik kamra 300 mm átmérőjű, és 370 mm mély, ezt a munkakamrának nevezzük, itt kerül elhelyezésre a szárítandó nyersanyag. A kamrának átlátszó akril fedele van, hogy a munkafolyamatot meg lehessen figyelni. Ez a kamra 4 mobil hőszondával is rendelkezik, melyek alkalmasak az anyag hőmérséklet-változásának regisztrálására. A szárítókamra közvetlen közelében egy 200 mm átmérőjű, és 150 mm mélységű kondenzátor kamra található, ahová a szublimációval elvont nedvesség kerül lefagyasztásra. A szárítási folyamat végén a fagyott rész leolvasztás után eltávolítható az ürítő szelepen

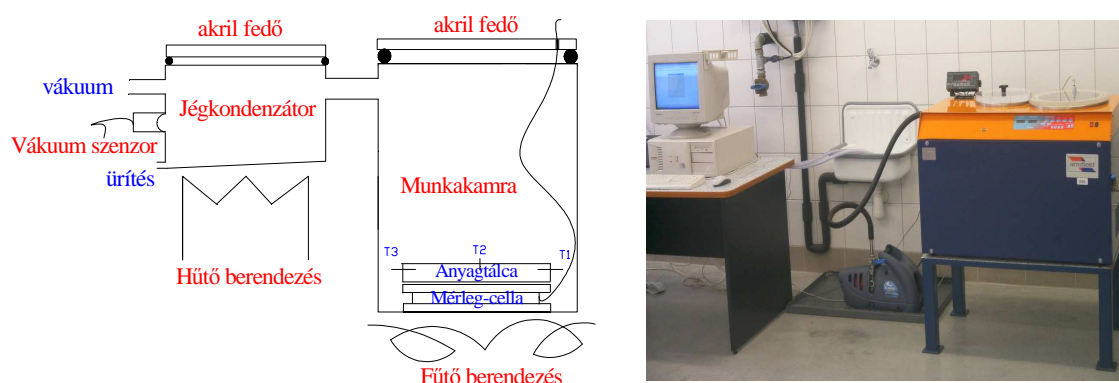
keresztül. A két kamra beépített kompresszoros hűtőrendszert, és egy hőmérséklet-szabályozós fűtőrendszert (elektromos fűtőszalag) is tartalmaz.

A nedvességelvonás kétfokozatú forgódugattyús vákuumszivattyú segítségével történik, mely olajköd szűrővel ellátott, így a folyamat teljesen környezetbarát. A szivattyú és a kamrák összekötése egy speciális csővel történik, amihez kapcsolódik a vákuumérzékelő.

A szárítás alatt lejátszódó folyamatok pontos elemzéséhez (tömegmérés) a laboratóriumi fagyasztva szárító berendezést elláttuk egy adatgyűjtő rendszerrel.

A szárítandó anyagot megtisztítottam, méretre vágtam és egy rétegben a berendezés tálcájába helyeztem. A fajták egyidejű és külön-külön történő szárítási vizsgálatát is elvégeztem.

Az ismertetett készülék az adatgyűjtő rendszerrel (mérleg-cella – mérlegműszer – DATPump szoftver) a 3. ábrán figyelhető meg.



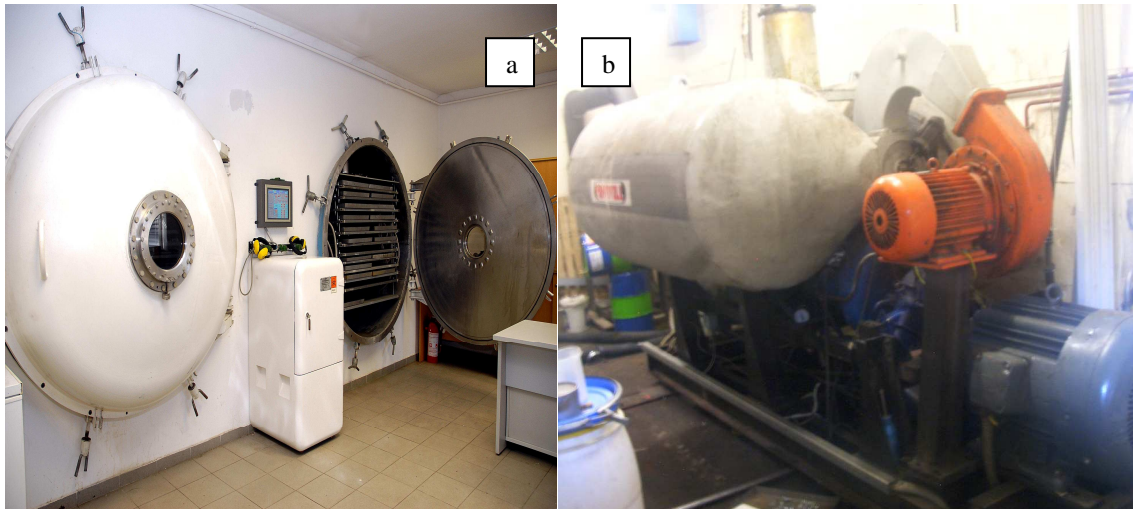
3. ábra. Az Armfield FT33 liofilizáló készülék adatgyűjtő rendszerrel
(Forrás: saját szerkesztés)

2.2.3. Üzemi vákuum-fagyasztva szárító berendezés

A kísérleteket – összehasonlítás céljából – üzemi körülmények között is elvégeztem, egy debreceni székhelyű vállalatnál. Az ún. szublimációs szárítóberendezés alkalmazásával kutatást végeznek funkcionális preventív, terápiás táplálékok és táplálék-kiegészítők előállítására.

A szublimációs szárító működéséhez két műszaki berendezés egyidejű alkalmazása szükséges. Az egyik, a lég-turbóhűtőgép, melynek lényege, hogy atmoszférikus levegővel mínusz 50-130 °C hőmérséklet tartományba eső hűtési igényt tud kielégíteni, a másik a szublimációs berendezés, mely a vákuumban történő víztelenítést segíti elő.

A 4. ábrán látható a liofilizáló berendezés fő részei, a szublimációs szárító (a) és a lég-turbóhűtőgép (b).



4. ábra. Üzemi méretű liofilizáló kísérleti berendezés a részegységeivel együtt

(Forrás: saját felvétel)

2.3. A mérőműszerek és a mérési eljárások bemutatása

A szárítmány minőségét befolyásoló jellemzők mérése és kiértékelése a következő műszerekkel és módszerekkel történt:

- Nedvességtartalom-meghatározása: PRECISA HA 60 típusú gyors nedvességmérővel.
- Konvektív eljárás szárítási paramétereinek mérése: TESTO 4510 típusú mérőkészülékkel.
- Az anyag kémiai összetételének detektálása: analitikai eljárásokkal és műszerekkel.
- A szárítmány szilárdságának meghatározása: MGA-1091 típusú elektronikus penetrométerrel.
- A szárított anyag vízfelvevő aktivitásának mérése nedvesítő közegben.
- A szerkezeti struktúra vizsgálata: BRESSER BIOLUX típusú elektromikroszkóppal.

2.3.1. A beltartalmi összetevők meghatározásának analitikai módszerei

Az analitikai méréseket a Nyíregyházi Főiskola, Agrár és Molekuláris Kutató Intézet akkreditált laboratóriumában végeztük, a minták elemzésében magam is közreműködtem. Az alábbi beltartalmi összetevőket (nyers és szárított minták esetében) elemeztük a hatályos magyar és európai szabványok előírásai szerint (1. táblázat).

1. táblázat. A minták kémiai összetevőinek meghatározása

Megnevezés	Vizsgálati módszer
Nedvességtartalom	Szárítószekrényben tömegállandóságig
<i>Cukortartalom-mérése</i>	
Redukáló cukrok	Luff-Schoorl módszer
Szénhidrátok mennyiségi	Magas nyomású folyadékkromatográfia (HPLC)
Keményítőtartalom	Polarimetriás módszer
Összes savtartalom	Titrálás
Szerves gyümölcssavak	HPLC
Fehérjék	Dumas-Pregl eljárás
Zsírtartalom	Petroléteres extrahálás Soxhlet-féle készülékben
<i>Ásványianyag-tartalom meghatározása</i>	
Hamutartalom	Szárítószekrényben
Makro- és mikroelemek	Atomabszorpciós spektrofotométerrel és Lángfotométerrel
Aromaanyagok	Gázkromatográfias módszer
Élelmirost-tartalom	Van Soest módszer
Peroxid-szám	Titrálás
<i>Vitaminok kimutatása</i>	
E-vitamin	HPLC
C-vitamin	Redoxi-titrálás
B-vitamin-csoport	HPLC
Flavonoidok	HPLC fordított fázison
Karotinoidok	HPLC fordított fázison

2.3.2. A szárítmány szilárdságának meghatározása

A vizsgálat célja az volt, hogy vízelvonás következtében a szárított termékek felületén kialakuló kemény réteg ellenállását meghatározzam, és összehasonlítás alapját képezzem a nyersanyag felületi szilárdságával.

A nyersanyag és a szárítmány szilárdsági vizsgálatait a Jármű- és Mezőgazdasági Géptani Tanszék laboratóriumában hajtottam végre.

A szárítmány szilárdságának mérése az MGA-1091 típusú elektronikus penetrométerrel történt. A műszer gyümölcsök és zöldségek keménységének közvetlen mérésére alkalmas. A Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszer-tudományi Kar, Fizika-Automatika Tanszéke és az FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet együttműködésében fejlesztették ki a műszert (*Borsa et al., 2002*).

Az elektronikus penetrométer felépítését tekintve egy gömb alakú fogantyúból, a fogantyúban elhelyezett érzékelőből és két nyomófej-készletből áll. Az érzékelő egy nagy

érzékenységgű nyúlásmérő bélyeg cellát tartalmaz. A méréstartomány 0,50 N és a megengedett max. erő 65 N.

A nyomófej-készletek közül az egyik a rugalmassági tényező roncsolásmentes mérésére, a másik pedig Magness-Taylor-féle roncsolásos keménységmérésre szolgál (*Fekete és Felföldi, 1994*).

Az elektronikus penetrométer egy mérőinterfészen keresztül csatlakoztatható a számítógéphez RS232 soros vonalon. A mérőinterfész egy analóg/digitális átalakítót (12 bites) és egy instrumentációs erősítőt tartalmaz. A számítógépre telepített szoftverrel (Penetro) történik a penetrométer kalibrálása, a konfigurációs paraméterek bevitele, valamint a mérési eredmények megjelenítése és tárolása (*Fekete et al., 2001*).

Roncsolásmentes méréssel mértem a szárítmányok felületi keménységét, s a mérési eredményből a rugalmassági tényező az alábbi egyenlettel határozható meg:

$$c_e = \frac{\sigma}{z} \quad (1)$$

ahol: c_e a rugalmassági tényező [kPa/mm], σ a nyomófeszültség [kPa], z a deformáció [mm] (*Fekete et al., 2001*).

Meghatározott pontokon mértem a termék héját és húsát (általában hat-nyolc darabot jelöltem ki erre), a minta szélétől a belseje felé. A méréseket naponta több alkalommal végeztem el, az így kapott adatok átlagával számoltam és rögzítettem a jegyzőkönyvben.

2.3.3. A szárított anyag vízfelvevő aktivitásának mérése

A kísérlet menete a következőképpen alakult: a különböző szárítási eljárással dehidratált minták tömegét megmértem, aztán behelyeztem 35 és 75 °C-os vízzel töltött edényekbe. A folyadék hőmérséklete a kísérlet alatt állandó volt, amit folyadék utánpótlással biztosítottam. A mintákat 0.5, 5, 10, 15, 30, 60, 90 min időtartam után kivettem a folyadékból és nedvszívó réteg segítségével a felesleges nedvet eltávolítottam a felületük-ről. A kísérlet végén, a rehidratált minták tömegmérését és a rehidrációs ráta (RR) számítását végeztem el.

A rehidrációs ráta (RR) mértéke megmutatja, hogy a szárított termék tömegét hány-szorosára képes növelni az újra felvett víz mennyiségével. A rehidrációs ráta számítása a következő képlet alkalmazásával történik (*Marques és Freire, 2006*):

$$RR = \frac{m_{rh}}{m_{sz}} \quad (2)$$

ahol: RR a rehidrációs ráta [-], m_{rh} a rehidratált minta tömege [g], m_{sz} a szárított minta tömege (a rehidratálás előtti állapot) [g].

A kísérleteket *Tein et al. (1998)* által végrehajtott módszert követve végeztem el a Jármű- és Mezőgazdasági Géptani Tanszék laboratóriumában.

A rehidráció kinetikája

A visszanedvesedési folyamat modelljének létrehozásához a vékonyrétegű terményszárítási elméletek közül a *Lewis-féle (1921)* félempirikus matematikai módszert választottam, annak viszonylagos egyszerű matematikai háttere miatt. A Lewis elmélet módosításával lehetőség nyílt arra, hogy a visszanedvesedés hatása is vizsgálható legyen vákuum-fagyasztva- és konvektív szárításnál, így a rehidrációs folyamat sokkal valószínűbben írható le.

A felállított modell számítása integrálással történt, az adatfeldolgozásához Excel programot használtam.

2.3.4. A szerkezeti struktúra vizsgálata

A szárítás hatására kialakuló növényi szövetek elváltozásait, károsodásait mikroszkópos vizsgálatok által ismertetem. A zöldség- és gyümölcsmetszeteket BRESSER BIOLUX AL típusú elektromikroszkóppal vizsgáltam a Jármű- és Mezőgazdasági Géptani Tanszék laboratóriumában.

A nyersanyagból, illetve a szárítás folyamata alatt, bizonyos anyagnedvességtartalomnál metszeteket vettem ki a mintákból és mikroszkóp alatt elemeztem azokat.

A mintákról különböző nagyítású (4× és 10×) képeket készítettem, a képfeldolgozás pedig MicrOculár elnevezésű programmal történt. A mikroszkóphoz csatolt kamerán át a felvételeket a számítógépre közvetítettem.

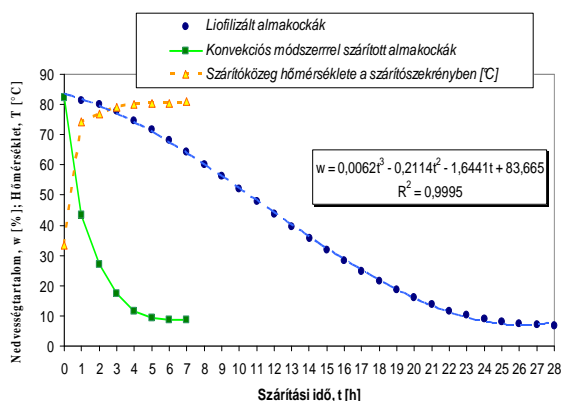
3. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI

3.1. Hő- és anyagátadási folyamatok vizsgálatának eredményei

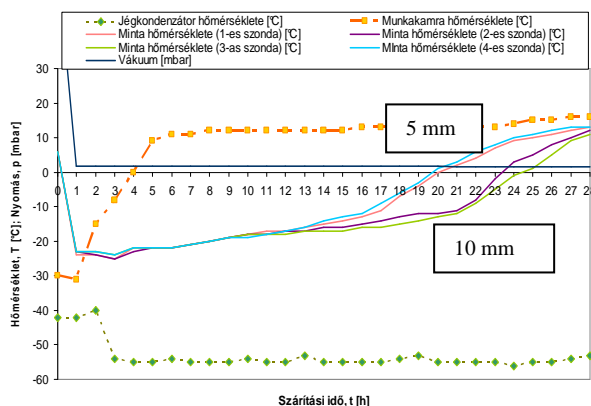
A közreműködéssel fejlesztett és kivitelezett adatgyűjtő rendszer lehetővé teszi a pontos, megbízható méréseket, a szárítási művelet jobb megismerésére, a folyamat precíz vizsgálatára.

A hő- és anyagátadási folyamatok vizsgálatából megállapítottam, hogy fagyasztva szárításkor az alkalmazott hőmérséklet és a nyomás nagyságrendekkel kisebb, a szárítási idő pedig jóval hosszabb, mint a konvekciós szárításnál (5. ábra).

Kimutattam, hogy a vákuum-fagyasztva szárítóban a száradó anyag vastagsága és mérete döntő a száradási folyamat sebessége szempontjából. Optimális anyagvastagság alkalmazásával csökkenthető a folyamat szárítási ideje (6. ábra).



5. ábra. A konvektív és vákuum-fagyasztva szárított almakockák szárítási görbéje a vizsgált 4 fajtánál



6. ábra. Hőmérséklet- és nyomásváltozás a különböző méretű (5, 10 mm) almafajták mintáinak fagyasztva szárítása alatt

Ismert matematikai formulák alkalmazásával megállapítottam, hogy a vákuum-fagyasztva szárításhoz szükséges hőmennyiség mintegy 1,2-2,8-szerese a hagyományos szárítási eljárásnak. A liofilizálás energiafogyasztása (1 kg víz elpárologtatásához szükséges energiafelhasználás) 3,7-9,4-szerese a meleglevegős szárítási eljárás energiafelhasználásának.

3.2. Gyümölcs- és zöldségszárítmányok analitikai eredményei

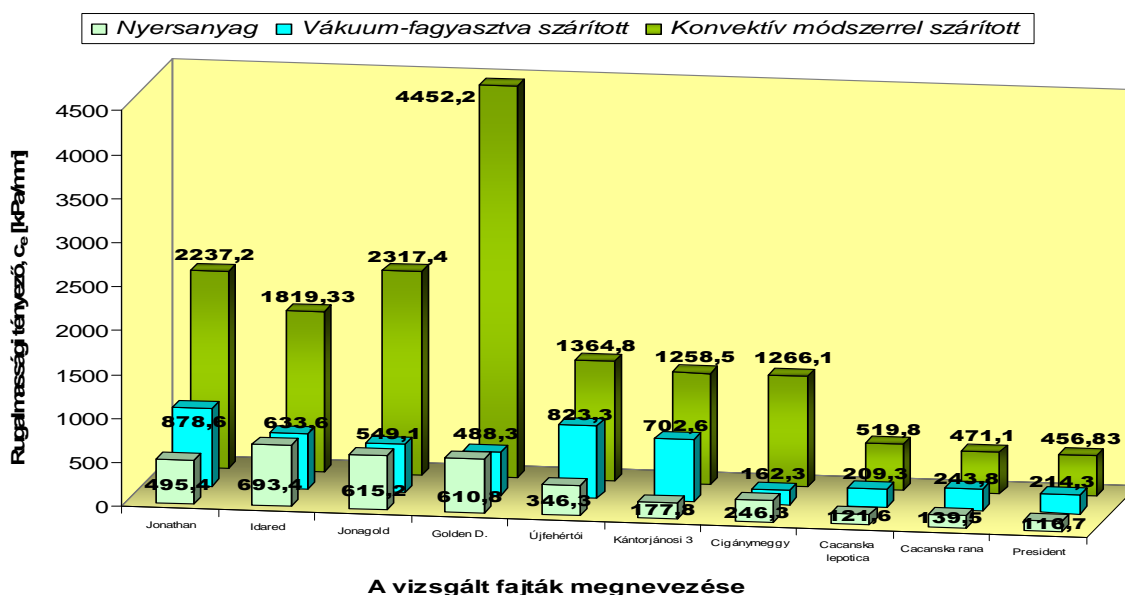
Szárított gyümölcsök és zöldségek analitikai elemzéséből megállapítottam, hogy a beltartalmi összetevők – szénhidrátok, savak, fehérjék, zsírok, rostanyagok, ásványi anyagok, vitaminok, flavonoidok, karotinoidok – a liofilizált mintáknál 10-30%-kal

csökkentek, míg a konvektív módszerrel dehidrált anyagoknál 45-88%-os csökkenés volt mérhető a kiindulási állapothoz képest.

Ezen kívül a mérési adatok szembetűnő csökkenést mutattak a C-vitamin tartalomban, ami annak a hőérzékenységet mutatja. Mindez a szárítási hőmérséklet növelésének korlátozó tényezője is lehet, hiszen a C-vitamin bomlás már 45 °C felett megindul. A B-vitamin tartalomban már nem volt akkora mértékű csökkenés a hőkezelés hatására, mint az aszkorbinsavban. A fehérjék viszonylag alacsony szárítási hőmérsékleten kicsapódtak, eredeti állapotból denaturált állapotba kerültek, ennek hatására az összetevőben csökkenést tapasztaltam. Így a fehérjék a B- és C-vitaminhoz hasonlóan hőérzékeny anyagok. Az alma- és meggyfajták szárítmányainak a kémiai vizsgálatánál arra az eredményre jutottam, hogy az E-vitamin és a flavonoidok kevésbé hőérzékeny anyagok, mert általában az alkotók mennyiségében növekedést tapasztaltam a hőkezelés hatására. A gyümölcsök beltartalmi elemzéséből az is kiderül, hogy a szénhidrát-tartalom, a sav-tartalom és az ásványi anyag-tartalom növekedett a szárított mintákban, ez arra utal, hogy az alma és a meggy szénhidrát-, sav- és ásványi anyag-összetevői viszonylag hőtűrők és így átalakulások nem következtek be.

3.3. A dehidrált gyümölcs- és zöldségfélék felületi szilárdsága

A penetrációs vizsgálatokkal meghatároztam, hogy a konvekciós eljárással szárított zöldségek és gyümölcsök felülete legalább 1,42-9,11-szer keményebb a fagyasztva szárítottakénál (7. ábra).

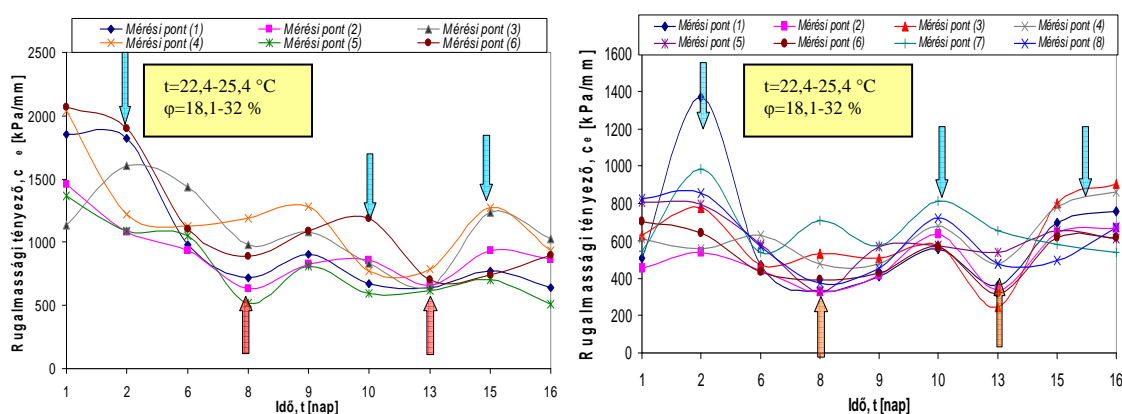


7. ábra. A szárított gyümölcsök felületi keménységének összehasonlítása a nyersanyag felületi keménységével

Ennek oka, hogy a víz a termék felületéről párologással távozik el a szárítás alatt, és a párologó víz utánpótlása a belső rétegekből diffúzióval történik. A belső részekből a felület felé diffundáló víz mozgása során oldott anyagokat visz magával, azok a felületen a víz elpárolgása után visszamaradnak, koncentrálnak és kemény réteget képeznek. Liofilezéskor a belső diffúzió nem következik be, mert a szublimáció a felületen megindulva fokozatosan a mélyebben fekvő rétegekre terjed ki, a jég pedig közvetlenül gőzzé alakul, nincs folyékony fázis.

A penetrációs mérések adataiból kimutattam, hogy tárolás alatt a dehidrált anyagok rugalmassági tényezője változik a környezet relatív páratartalmának hatására. Így a termék kölcsönhatása a környező közeggel két irányban történik, adszorpció és deszorpció jön létre. Ebből adódóan változó a felületen mérhető rugalmassági tényező. A mért értékekre jellemző változást a 8. ábrán figyelhetjük meg. A kék nyíl a környezet relatív páratartalmának csökkenését mutatja, a narancssárga nyíl pedig a környezet relatív páratartalmának emelkedését az adott mérési napon. A vizsgált szárított almafajta tárolása alatt a helység paramétereit – hőmérsékletet és relatív páratartalmat – a diagramokon feltüntettem.

A lejátszódó folyamat jól mutatja, hogy a liofilizált anyagnak rendkívül erős hajlama van a víz megkötésére a levegőből. Ez viszont növeli a minőségromlás kockázatát, ezért a szárított termék tárolásakor fellépő fiziológiai folyamatok korszerű tárolással és csomagolással lassíthatók.



8. ábra. Konvekciós módszerrel és fagyasztva szárított 'Idared' almafajta minták felületi keménységének változása a tárolási idő függvényében

A szárított anyag és az őt körülvevő levegő relatív nedvességtartalma között egyensúly alakul ki. A szárítmánynak ezt a tulajdonságát felhasználva egyensúlyi nedvességtartalom görbe szerkeszthető. Természetesen e folyamat pontos modellezéséhez szorp-

ciós izotermák felvétele szükségeltetik, – mely nélkülözhetetlen a termékek egyensúlyi nedvességtartalmának meghatározásához – s ez további kutatást igényel.

3.4. A szárítmány texturális visszanedvesedési vizsgálatának eredményei

Kimutattam, hogy a fagyasztva szárított anyagok a visszanedvesedéskor közel eredeti víztartalmukra állnak be, megtartják eredeti alakjukat és méretüket. Ennek oka a liofilizált termékek lyukacsos, szivacsos szerkezete (a sejtfal rugalmassága), mely gyors nedvességfelvételre és helyreállításra képes. A meggy kivétel ez alól, mert a mérések során azt tapasztaltam, hogy nem sikerült teljesen az eredeti nedvességtartalmat visszaállítani, az ún. üveges állapot miatt.

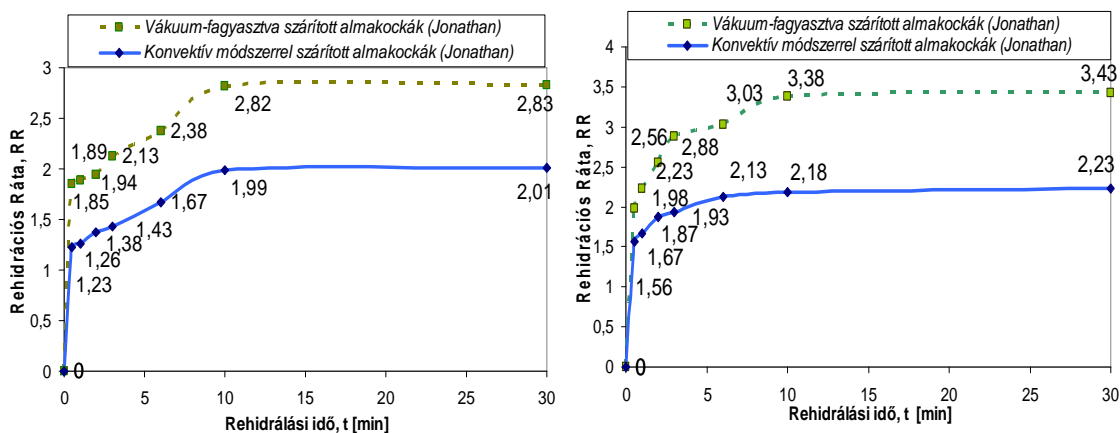
A rehidrációs vizsgálatokkal kimutattam, hogy a fagyasztva szárított anyagok kis része a nedvesítés után puhábbnak bizonyult a nyersanyaghoz képest. A konvektíven szárított minták a visszanedvesedési folyamat végén továbbra is megtartották kemény, szilárd felületüket, így nem voltak képesek helyreállítani az eredeti formájukat és nedvességtartalmukat. A 2. táblázat tartalmazza a minták eredeti és a szárított minták rehidráció utáni nedvességtartalmát, illetve a visszanedvesítés arányát.

2. táblázat. Visszanedvesített gyümölcszárítmányok nedvességtartalma

A vizsgált fajták megnevezése	Nedvességtartalom, w [%]			Visszanedvesítési arány [%]	
	Nyersanyag	Konvekciós m. szárított	Liofilizált	Konvekciós m. szárított	Liofilizált
<i>Almafajták</i>					
Naményi Jonathan	83,34	61,8	78,11	74,15	93,72
Idared	86,23	68,32	82,62	79,2	95,8
Jonagold	84,2	63,55	79,57	75,4	94,5
Golden Delicious	85,2	60,04	79,21	70,5	93
<i>Meggyfajták</i>					
Újfehértói fürtös	82,14	43,21	73,3	52,6	89,2
Kántorjánosi 3	78,14	45,61	66,23	58,4	84,7
Cigánymeggy	80,1	47,2	68,7	58,9	85,7
<i>Szilvafajták</i>					
Cacanska lepotica	79,27	62,37	81,41	78,7	102,7
Cacanska rana	82,71	70,93	83,78	85,7	101,3
President	79,43	67,37	81,17	84,8	102,2

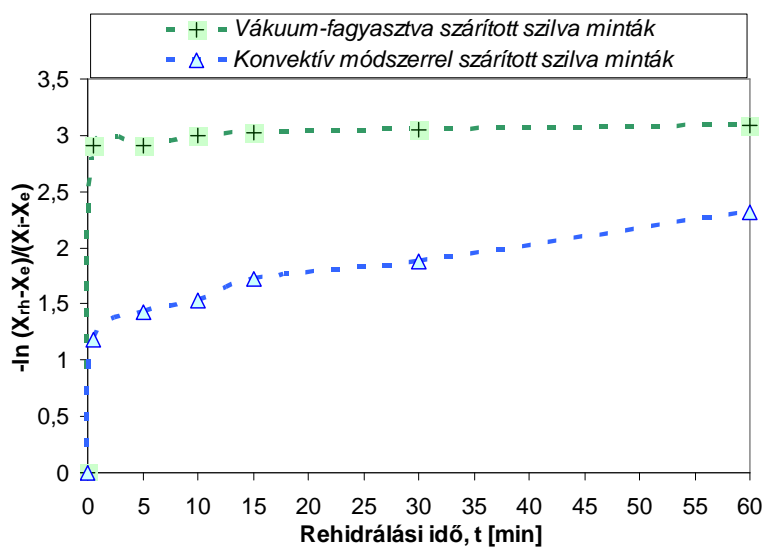
A 9. ábrán látható rehidrációs görbéből megállapítható, hogy a liofilizált minták nagyobb értékű rehidrációs rátával (visszanedvesedési mutató) rendelkeznek, gyorsabban rehidráálhatóak, mint a konvekciós módon szárított minták. A magasabb hőmérsékletű nedvesítőközegben gyorsabb a visszanedvesedés és nagyobb értékű rehidrációs ráta volt

elérhető. A liofilizált szárítmányok visszanedvesedése intenzívebb ugyanazon hőmérsékleti közegekben. A konvektíven szárított minták alacsonyabb rehidrációs rátája az összeesett struktúrára, a zsugorodásra és a kemény felületre vezethető vissza (9.ábra).



9. ábra. Konvektív eljárással szárított és liofilizált 'Naményi Jonathan' almaminták rehidrációja 35 és 75 °C-on

A kísérletek bizonyították, hogy a rehidrációs modell sikeresen leírja a fagyasztva szárított és konvektív módszerrel szárított minták áztatási folyamatát (nedvességfelvétel és telítődés). Megállapítottam, hogy a liofilizált szárítmányok magasabb értékű rehidrációs tényezővel (k_r) rendelkeznek, mint a hagyományos úton szárított anyagok (10.ábra). A modellt eddig még nem használták liofilizált és konvektív szárítási eljárással dehidratált minták visszanedvesedésének leírására.

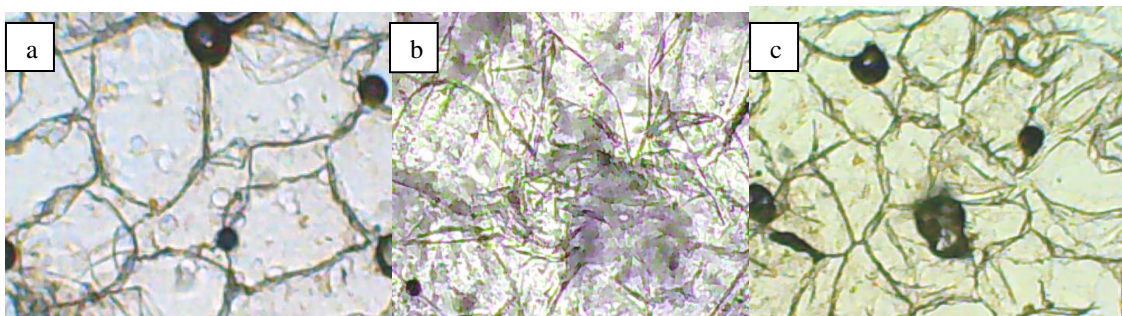


10. ábra. Vákuum-fagyasztva és konvektív hőközléssel szárított 'Cacanska rana' szilva-fajta mintáinak rehidrációs tényezője

3.5. A szárítmányok texturális elemzése

A szárítmányok szöveti mintáinak elemzéséből megállapítottam, hogy a vákuum-fagyasztva szárított metszetek sejtfalai roncsolódnak a vízelvonás alatt, enyhe kimenetelű károsodás jelentkezik, a sejtfalak elvékonyodnak, néhány elválik egymástól, és szabálytalan alakot vesz fel az eredeti (nyers) állapothoz képest. Zsugorodást viszont nem tapasztaltam, mivel a jégkristályok megakadályozták a méretcsökkenés kialakulását.

A hagyományos módszerrel szárított mintáknál a cellák összezsugorodnak, a sejtfalak elvékonyodnak, elválnak egymástól és torzuláson mennek keresztül, ami rehidrációval sem állítható helyre (11. ábra).



11. ábra. 'Jonagold' alma nyers (a), konvektív hőkezelés (b) és liofilizálás utáni (c) szöveti állapota

A sejtfalak kisebb mértékű károsodása a szárítóközeg sebességének és hőmérsékletének csökkentésével, illetve a szárítási idő elnyújtásával érhető el. A túl magas hőmérsékleten végzett szárítás a termék denaturálódását, a sejtfalak rugalmatlanná válását, és a duzzadóképeség csökkenését okozza. A szárítási intenzitás megnövekedésével a sejt-falak zsugorodnak, deformálódnak.

3.6. Üzemi vizsgálatok eredményei

Az üzemi vizsgálatokból megállapítottam, hogy az üzemi szublimációs szárító a szárítmány szinte minden beltartalmi összetevőjét tekintve több mennyiséget őrzött meg a laborban liofilezett mintákhoz viszonyítva. Ennek oka, hogy gyorsabb terméklefagyasztás történt (lég-turbóhűtőgép által), ami hozzájárult ahhoz, hogy a mikro jégkristályok nem vagy csak kis mértékben szakították át a sejtfalakat, így a szárítás következtében szublimáló vízgőz kis mennyiségű oldott állapotú beltartalmi anyagot vitt magával a szárítmány külső felülete felé. Ezek mellett az alacsonyabb szárítási sebesség is hozzájárult a sejtfalak viszonylagos stabil állapotához.

A szárítmányok szilárdsági méréseivel kimutattam, hogy az üzemben dehidrált minták felülete rugalmasabb, puhább, mint a laborban kezelt minták felülete, míg a visszanedvesedési hajlama már nem ezt bizonyította, ugyanis egy nagyságrenddel jobban rehidráálhatóak a laboratóriumban liofilizált anyagok.

Visszanedvesedéskor a nagy porozitás biztosította, hogy a liofilizált anyagok eredeti tulajdonságaikat gyorsan visszanyerték. Természetesen a gyors visszaduzzadás lehetőségét adó nagy felület, a porózus szerkezet növeli az oxidációs veszélyt, ami miatt semleges gáztérben (vízgőzzáró) történő csomagolás szükséges a bomlásra hajlamos szín- és ízanyagokat tartalmazó liofilizált szárítmányok esetében.

A szerkezeti struktúra vizsgálatából megállapítottam, hogy a laborban szárított minták szövetszerkezetén nagyobb kimenetelű deformáció megy végbe a kisebb fagyasztási sebesség miatt. A laboratóriumban működő vákuum-fagyasztva szárító kompresszoros hűtő berendezéssel van ellátva, és a lassúbb termékfagyasztás miatt viszonylag nagyméretű jégkristályok jöttek létre és roncsolták a sejtfalakat.

Összegezve elmondható, hogy az üzemi kísérletek bizonyították, hogy a szublimációs szárító alkalmas táplálék-kiegészítők alapanyagainak gyártására. Előnyös, ha a kísérletekkel alátámasztott feltételeket biztosítjuk, különös tekintettel a sejtstruktúrához illeszkedő szárítási sebesség és az idő betartására, hiszen jóval rövidebb idő alatt is dehidráálható az anyag, lásd a laboratóriumi méréseket. Itt azonban figyelembe kell venni azt a tényt, hogy a gyorsfagyasztás során keletkező mikrokristályos szerkezet lelassítja a szárítási sebességet. Ezen kívül azzal is csökkenthető az egyébként magas üzemeltetési költség, ha a lég-turbóhűtő berendezést temperált helyen helyezzük el, illetve ezáltal elkerülhetjük, hogy a vákuumszivattyú működéséhez szükséges hűtőközeget (olajat) előmelegítsük.

4. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

1. Összefüggést állapítottam meg liofilizált gyümölcsök és zöldségek szárítási folyamatainak jellemzésére, melyek matematikailag harmadfokú polinomokkal közelíthetők. Az alábbi egyenlet illeszthető a száradó anyagok nedvességtartalom-csökkenését ábrázoló függvényekre.

$$w=at^3-bt^2-ct+k$$

ahol: w a termék nedvességtartalma [%]; t a szárítási idő [h], a, b, c, k a harmadfokú polinom állandó együtthatói, melyek értékei az anyag jellemzőitől függenek: a fajtától, az érettségtől, és a vízleadási hajlandóságtól.

Tartományai: $a=0,0229-0,005$; $b=0,8182-0,011$; $c=4,5966-0,059$; $k=95,736-69,532$.

2. Megállapítottam, hogy a fagyasztva szárítás üzemeltetési költsége 3,7-9,4-szerese a konvektív szárítási eljárás üzemeltetési költségének. Az eredmények azt mutatják, hogy itt figyelembe kell venni a szárítási időt, a szárítóközeg hőmérsékletét, a jég szublimációs hőjét, az óránként eltávozó vízmennyiséget, és a berendezések teljesítményigényét.
3. A beltartalmi jellemzők vizsgálatából megállapítottam, hogy a vákuum-fagyasztva szárítás módszerével több alkotó marad a szárítmányban, mint a konvektív szárítási eljárással dehidratált zöldség- és gyümölcsfélénél. Analitikai mérésekkel kimutattam, hogy a B- és C-vitaminok és fehérjék jellemzője a hőérzékenység. Az E-vitamin és a flavonoidok kevésbé hőérzékenyek, a szénhidrát-tartalom a savtartalom és az ásványi anyag-tartalom pedig viszonylag hőtűrő összetevők, hiszen a hőkezelés hatására ezekben az alkotók mennyiségében növekedést tapasztaltam.
4. Új összefüggést határoztam meg a Lewis-féle szárítás kinetikai egyenletét felhasználva. A visszanedvesedés egyenlete, amely egy félempirikus matematikai modell, az alábbi módon fejeztem ki:

$$X_{rh}=X_e+(X_i-X_e)\cdot e^{-kr\cdot t},$$

mely a konvektív módszerrel szárított és liofilizált anyagok rehidrációs folyamatainak függvényeszerű leírására alkalmas.

Ahol: X_{rh} az anyag nedvességtartalma a visszanedvesedés alatt [kg/kg], X_i a szárított anyag nedvességtartalma [kg/kg], X_e a rehidratált anyag egyensúlyi nedvességtartalma [kg/kg], k_r a rehidrációs tényező, t a rehidrációs idő [s].

A k_r tényező tartományai, konvektív módszerrel szárított anyagnál: 0,95-2,32; liofilizált anyagnál: 1,39-3,09.

A matematikai modell alkalmazásának kritériumai: az anyag teljes felületével merüljön bele a vízbe, állandó vízhőmérséklet a visszanedvesedés alatt, a minták azonos (X_i ; szárítás utáni) nedvességtartalma, és a visszanedvesedő anyagok tömege, illetve mérete megegyező.

5. Penetrációs vizsgálatokkal bizonyítottam a konvektív szárítási eljárással dehidrált minták anyagváltozásainak kedvezőtlen alakulását a fagyasztva szárított minták anyagváltozásaihoz képest. A konvektív eljárással szárított zöldségek és gyümölcsök felülete 1,42-9,11-szer keményebb a fagyasztva szárítottakénál.
6. Bizonyítottam, hogy keménységmérés által jellemezhető a szárított zöldségek és gyümölcsök tárolás alatti nedvességfelvételének- és leadásának folyamata.

5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

Kutatás-módszertani eredmények

1. A vákuum-fagyasztva szárítóban – a szárítóban uralkodó vákuum miatt – nehezen oldható meg a száradó anyag tömegveszteségének nyomon követése, mely alapvető a hő- és anyagtranszport modellezéséhez. A szárítótér alján elhelyezett nyúlásmérő bélyeges mérlegcellával a liofilizált anyagok szárítási függvénye felvehető és ezáltal pontosabb eredményt kapunk a szárítás alatt lejátszódó folyamatokról.
2. Megállapítottam, hogy a liofilizálás gazdaságosságát elsősorban a szárítási idő csökkentésével lehet elérni. Ennek meghatározója: a szárítandó anyag vastagsága, kis rétegvastagság alkalmazása, az anyag lehűtésének mértéke (elég a kristályosodási pont alá, kb. $-20 - 25$ °C-ig), és az intenzív hőközlés (az anyag felengedése nélkül). A vizsgált kétféle szárítási folyamat (konvektív- és fagyasztva szárítás) összekapcsolásával is nagymértékben redukálható a szárítási idő. Ezen javaslatok betartásával visszaszorítható az amúgy is hosszú üzemeltetési időtartam.
3. A zöldség- és gyümölcsfajták tárolási idejének és érettségének meghatározásához különböző módszerekkel működő keménységmérő (penetrométer) berendezéseket alkalmaznak. A méréseim igazolták, hogy ezek a műszerek a zöldség- és gyümölcsszáritmányok minőségi jellemzésére is ugyanúgy alkalmasak.
4. Az általam alkalmazott állományvizsgálati módszer (keménységmérés) a dehidrált kertészeti termékek nedvességtranszport folyamatának gyors vizsgálatára és ellenőrzésére ad lehetőséget az üzemekben.

6. A TÉZISFÜZETBEN FELHASZNÁLT IRODALOM

Borsa, B. - Fekete, A. - Felföldi, J.: 2002. Kertészeti termékek mechanikai és minőségi jellemzői. Mezőgazdasági és gépesítési tanulmányok – FVM Műszaki Intézet közleménye. XLI. 2. 16-20.

Burits, O.: 1992. Gyümölcsök és zöldségek szárításának és aszalásának technológiája. [In: Szenes, E.-né (szerk.) Gyümölcsök és zöldségek szárítása, aszalása.] Integra-Projekt, Budapest, 33-95.

Fekete, A. - Felföldi, J.: 1994. Firmness tester for fruits and vegetables. Acta Horticulture 386. 206-211.

Fekete, A. - Felföldi, J. - Deákvári, J.: 2001. Hordozható gyümölcs keménységmérő-műszer. Műszerügyi és Méréstechnikai közlemények, 37. 67: 57-62.

Lewis W. K.: 1921. The Rate of Drying of Solid Materials. Journal of Ind. Eng. Chem. 5. 427-432.

Marques, L. G. – Freire, J.T.: 2006. Analysis of Lyophilization as a Standard Drying Process for Food Quality Parameters: Study of Cases for Pineapple and Papaya. 15th International Drying Symposium (IDS 2006). Budapest, Hungary, 20-23 August 2006. 1705-1710.

Tein, M. L. - Durance, T. D. - Scaman, C. H.: 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. Food Research International. 31, 2:111-117.

7. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN

Tudományos közlemény idegen nyelvű, hazai lektorált folyóiratban:

Kerekes, B. – Antal, T.: 2006. Drying methods of fruits and vegetables. Hungarian Agricultural Engineering. 19: pp 43-45. (ISSN 0864-7410)

Antal, T. – Kerekes, B. – Sinóros-Szabó, B.: 2009. Plant tests of Freeze drying equipment and operating experiences. Hungarian Agricultural Research. 18: pp 19-22. (ISSN 1216-4526)

Tudományos közlemény magyar nyelvű lektorált folyóiratban:

Antal, T. – Kerekes, B.: 2008. Szabolcsi meggyfajták vízelvonást követő minőségi jellemzőinek vizsgálata. Élelmezési Ipar. LXII. (12): pp 370-374. (ISSN 0013-5909)

Antal, T.: 2008. Gyümölcsszárítmányok egyes minőségi tulajdonságainak vizsgálata. Acta Agraria Debreceniensis. 30: pp 7-15. (ISSN 1587-1282)

Antal, T. – Sinóros-Szabó, B. – Kerekes, B. - Lengyel, A.: 2009. Szublimációs szárítási eljárás technológiai jellemzőinek vizsgálata. Gép. 60. (12): pp 43-47. (ISSN 0016-8572)

Tudományos közlemény magyar nyelvű nem lektorált folyóiratban:

Antal, T. – Szöllősi, I.: 2008. Az almaszárítás energiateljesítményének és minőségi paramétereinek összehasonlító vizsgálata. Mezőgazdasági Technika. XLIX. (5): pp 12-15. (ISSN 0026-1890)

Idegen nyelvű lektorált konferencia kiadvány:

Antal, T. – Kerekes, B.: 2005. Technological and Technical Aspects of Freeze Drying of Fruits and Vegetables. Innovation and Utility in the Visegrad Fours. Nyíregyháza, Hungary 13-15 October 2005, 3: pp 487-492. (ISBN 963-86918-2-4)

Antal, T. – Kerekes, B.: 2006. Freeze drying trials with some horticultural products. Proceedings of 15th International Drying Symposium (IDS 2006). Budapest, Hungary, 20-23 August 2006, pp 1361-1365. (ISBN 963-9483-58-3)

Antal, T. – Kerekes, B.: 2007. Establishment of a Data Processing System for Freeze Drier. VII. International Multidisciplinary Conference 7th Edition. BAIA MARE, 17-18 May 2007, 1: pp 33-38. (ISSN-1224-3264)

Kerekes, B. – Antal, T. – Sikolya, L. - Dinya, Z.: 2008. Different test results of some freeze-dried food products. Proceedings of 16th International Drying Symposium (IDS 2008). Hyderabad, India, 9-11 November 2008, pp 1377-1381. (ISBN 978-81-907371-2-8)

Antal, T. – Sikolya, L. – Kerekes, B.: 2009. Quality tests following dehydration of apple varieties from Nyírség region. VIII. International Multidisciplinary Conference 8th Edition. Nyíregyháza, 21-22 May, 2009, pp 25-30. (ISSN-1224-3264)

Antal, T. – Kerekes, B. – Tarek, M. – Szöllősi, I.: 2009. Comparative investigation of convective hot drying and freeze drying of root crops. SIPA'09, Proceedings of the 6th International Conference. Nyíregyháza, 12-14. November 2009, pp 141-148. (ISBN 978-973-638-449-3)

Kerekes, B. – Antal, T. – Sikolya, L.: 2009. Quality characteristics following dehydration of apple varieties from Szabolcs county. SIPA'09, Proceedings of the 6th International Conference. Nyíregyháza, 12-14. November 2009, pp 61-66. (ISBN 978-973-638-449-3)

Idegen nyelvű nem lektorált konferencia kiadvány:

Antal, T. – Kerekes, B. – Sikolya, L.: 2009. Drying and Quality Tests of Some Regional Fruits and Vegetables. Proceedings of the 4th Nordic Drying Conference (NDC 2009). Reykjavik, Iceland, 17-19. June 2009. (ISBN 978-82-594-3406-7, CD)

Magyar nyelvű lektorált konferencia kiadvány:

Antal, T.: 2005. Gabonaszárítók hőtechnikai méretezése és felújítása. Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Közalapítvány Füzetek 21. Nyíregyháza. pp 493-498. (ISBN 963-218-743-1)

Antal, T.: 2007. Szárított zöldségfélék keménységének vizsgálata elektronikus penetrométerrel. Erdei Ferenc IV. Tudományos Konferencia. Kecskemét, 2007. augusztus 27-28., pp 709-712. (ISBN 978-963-7294-65-5)

Antal, T.: 2007. Dehidratált zöldségfélék penetrációs vizsgálatai. Versenyképes mezőgazdaság Konferencia kiadványa. Nyíregyháza, 2007. november 29., pp 93-96. (ISBN 978-963-7336-80-5)

Antal, T.: 2008. Szabolcsi meggyfajták dehidrálnálási tapasztalatai. II. Nyíregyházi Doktorandusz Konferencia. Nyíregyháza, NYF MMFK, 2008. november 21., pp 207-216. (ISBN 978-963-9909-19-9)

Magyar nyelvű nem lektorált konferencia kiadvány

Kerekes, B. – Antal, T.: 2006. Zöldségek fagyasztva szárításának gyakorlati vizsgálata. MTA Agrár Műszaki Bizottság, XXX. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő. 2: pp 239-243. (ISBN 963-611-440-4)

Antal, T.: 2006. A szárítástechnika szerepe a minőségi zöldségszármányok előállításában. VII. RODOSZ Tudományos Konferencia. Románia, Kolozsvár, 2006. április 7-8., pp 10-19. (ISBN 973-26-0801-3)

Antal, T. – Kerekes, B.: 2007. Szárított gyümölcsök összehasonlító vizsgálata. MTA Agrár Műszaki Bizottság, XXXI. Tematikus Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő. 2: pp 163-167. (ISBN 978-963-611-445-9)

Antal, T. – Kerekes, B. – Varga, Cs.: 2007. Gyümölcsök fagyasztva szárítási kísérletei. 6. Magyar Szárítási Szimpózium. Nyíregyháza, 2007. november 22-23. (ISBN 978-693-7336-79-9, CD)

Kerekes, B. – Dinya, Z. – Antal, T.: 2007. A dohánylevél fagyasztva szárítása. 6. Magyar Szárítási Szimpózium. Nyíregyháza, 2007. november 22-23. (ISBN 978-693-7336-79-9, CD)

Ismeretterjesztő közlemények

Antal, T.: 2006. Zöldség- és gyümölcs nyersanyagok élelmiszeripari feldolgozása. Értékálló Aranykorona, 2006. október. VI. (9): pp 15-18. (ISSN 1586-9652)

Antal, T.: 2006. Zöldség- és gyümölcs szárítási technológiák ismertetése. Értékálló Aranykorona, 2006. november-december. VI. (10): pp 11-13. (ISSN 1586-9652)

Antal, T.: 2007. Szemestermény-tárolók és szárítók anyagmozgató és tüzelő berendezései. Értékálló Aranykorona, 2007. július-augusztus. VII. (6-7): pp 29-34. (ISSN 1586-9652)

Antal, T.: 2007. Áttelepíthető kivitelű szárítóberendezések a mezőgazdaságban. Értékálló Aranykorona, 2007. október. VII. (9): pp 27-29. (ISSN 1586-9652)

Antal, T.: 2007. Korszerű gyümölcstárolók kialakítása. Értékálló Aranykorona, 2007. november-december. VII. (10): pp 7-10. (ISSN 1586-9652)

Antal, T.: 2008. Szemestermény-szárító telepek felépítése, kiegészítő berendezései I. rész. Értékálló Aranykorona, 2008. április. VIII. (3): pp 31-34. (ISSN 1586-9652)

- Antal, T.:** 2008. Szemestermény-szárító telepek felépítése, kiegészítő berendezései II. rész. Értékálló Aranykorona, 2008. május. VIII. (4): pp 30-35. (ISSN 1586-9652)
- Antal, T.:** 2008. Szemestermény-szárító telepek felépítése, kiegészítő berendezései III. rész. Értékálló Aranykorona, 2008. június. VIII. (5): pp 33-36. (ISSN 1586-9652)
- Antal, T.:** 2008. Biztonságos gabonátárolás műszaki feltételei. Értékálló Aranykorona, 2008. szeptember. VIII. (8): pp 29-31. (ISSN 1586-9652)
- Antal, T.:** 2008. Szárítóberendezések karbantartása, felújítása. Értékálló Aranykorona, 2008. november-december. VIII. (10): pp 27-28. (ISSN 1586-9652)
- Antal, T.:** 2009. Szárítók gazdaságos üzemeltetése. Értékálló Aranykorona, 2009. február. IX. (1): pp 31-33. (ISSN 1586-9652)
- Antal, T.:** 2009. Új módszerek a szárítástechnikában. Értékálló Aranykorona, 2009. március. IX. (2): pp 34-35. (ISSN 1586-9652)
- Antal, T.:** 2009. Környezetkímélő gabonaszárítási eljárások. Értékálló Aranykorona, 2009. április. IX. (3): pp 35-36. (ISSN 1586-9652)
- Antal, T.:** 2009. Szárítás közben fellépő veszteségek hatásai. Értékálló Aranykorona, 2009. május. IX. (4): pp 26-28. (ISSN 1586-9652)
- Antal, T.:** 2009. Zöldség- és gyümölcsaszárítási módszerek I. rész. Östermelő, 2009. február-március. 1: pp 74-75. (ISSN 1418-088X)
- Antal, T.:** 2009. Zöldség- és gyümölcsaszárítási módszerek II. rész. Östermelő, 2009. június-július. 3: pp 77-79. (ISSN 1418-088X)
- Antal, T.:** 2009. Szemesterményszárítók energetikai kérdései. Östermelő, 2009. augusztus-szeptember. 4: pp 52-54. (ISSN 1418-088X)
- Antal, T.:** 2009. Napraforgó vetőmagtisztítása és szárítása. Értékálló Aranykorona, 2009. szeptember. IX. (8): pp 34-36. (ISSN 1586-9652)
- Antal, T.:** 2009. Javaslatok a hagyományos szemesterményszárítók energia-megtakarítására. Értékálló Aranykorona, 2009. október. IX. (9): pp 26-28. (ISSN: 1586-9652)
- Antal, T.:** 2009. Szárított kertészeti termények tárolás alatt történő fizikai változásai. Östermelő, 2009. október-november. 5: pp 69-70. (ISSN 1418-088X)
- Antal, T.:** 2009. Kertészeti termékek modern tárolását és feldolgozását befolyásoló tényezők. Értékálló Aranykorona, 2009. december-január. IX. (10): pp 4-6. (ISSN 1586-9652)
- Antal, T.:** 2009. Biztonságos szemesterménytárolás technológiai feltételei. Östermelő, 2009. december-január. 6: pp 78-80. (ISSN 1418-088X)
- Antal, T.:** 2010. Gyümölcs- és zöldségfélék modern szárítási eljárása. Östermelő, 2010. február-március. 1: pp 73-75. (ISSN 1418-088X)