

## Gyümölcszárítmányok egyes minőségi tulajdonságainak vizsgálata

Antal Tamás

Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Mezőgazdasági Főiskolai Kar,  
Jármű- és Mezőgazdasági Géptani Tanszék, Nyíregyháza  
antalt@nyf.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

A liofilezés a fagyasztás és szárítás együttes alkalmazása. Korszerű tartósítójárás, melynek lényege, hogy a nedvességet a megfagyott nedves anyagból 0 °C alatti hőmérsékleten, vákuumban a szilárd halmazállapotból közvetlenül gőzhalmazállapotba viszik át. Ez a legkíméletesebb szárítás, a jelenleg alkalmazott módszerek közül.

A beruházási és üzemeltetési költségeket tekintve, a fagyasztva szárítást csak értékes, hőérzékeny anyagok esetében alkalmazzák, ha a technológiai cél olyan tulajdonságok megtartása, mint az aroma, az íz és a szín, továbbá az olyan alkotórészek megőrzése, mint a fehérjék és a vitaminok. Ez az eljárás bizonyos élelmi- és élvezetiszerek, biokémikáliák, gyógyszerek és ehhez hasonló érzékeny, értékes anyagok szárítására és konzerválására alkalmas.

Tanszékünk 2005-óta végez fagyasztva szárítási kísérleteket hazai gyümölcs- és zöldségfélékkel. Első fázisban a liofilezés folyamatát, a hő- és anyagátadást, illetve a nedvességelvonást vizsgáltuk. Második fázisban a fagyasztva szárított anyagok rehidratálhatóságát és beltartalmát elemeztük, összehasonlítva a konvekciós eljárással szárított anyagokéval. Jelenleg penetrációs méréseket végzünk, hordozható keménységmérő műszerrel.

Az eddigi eredményeket összegezve megállapítható, hogy a liofilezett anyagok minősége jobb, mint a hagyományos úton szárítottaké. Ez egyrészt arra vezethető vissza, hogy fagyasztva szárításkor az alkalmazott hőmérséklet és a nyomás nagyságrendekkel kisebb, a szárítási idő pedig jóval hosszabb, mint konvekciós szárításnál.

A fagyasztva szárított anyagok, ellentétben a konvekciósan szárítottakéval, a visszanedvesítés által közel eredeti víztartalmukra állnak be, megtartják eredeti alakjukat és méretüket is. Ennek oka a liofilezített termékek lyukacsos, szivacsos szerkezete (a sejtfal rugalmassága), mely gyors nedvességfelvételle képes. Továbbá a liofilezített szárítványok nagyságrendekkel gyorsabban rehidráálóak, mint a hagyományos úton szárítottak.

A kémiai vizsgálatok eredményeit tekintve a következő konklúzió vonható le: a liofilezített minták esetében kis beltartalmi és táplálkozási értékcsökkenés figyelhető meg.

A keménységmérés eredményeink igazolták azt a megállapítást, hogy a mezőgazdasági anyagok többsége nem tekinthető ideális rugalmas testnek, mert a kísérlet folyamán változott a rugalmassági tényező az anyag felületétől befelé haladva. A penetrációs vizsgálatok emellett azt is alátámasztják, hogy a konvekciós eljárással szárított zöldségek felülete legalább 1,5-3-szor keményebb a fagyasztva szárítottakénál, ennek oka, hogy a szárítás alatt denaturálódási folyamatok következnek be.

A dolgozat az előbb felsorolt kutatómunkánk eredményeit foglalja össze, a nyírségi táj jellegzetes gyümölcszeinek (alma, szilva) felhasználásával végzett kísérletek alapján.

**Kulcsszavak:** vákuum-fagyasztva szárítás, konvekciós szárítás, száradási görbe, kémiai összetevők, rehidráálás, keménységmérés

### SUMMARY

The lyophilization is the joint application of freezing and drying. It is an up-to-date conserving procedure, the point of which is that the humidity existing in the frozen humid material is transferred from the solid state directly into the gaseous state at a temperature below 0 °C under vacuum. Out of the procedures applied nowadays, this is the most tolerant drying process.

With regard to the high investment and operational costs, freeze drying is applied only for valuable, heat-sensitive materials when the technological aim is to preserve such properties as aroma, taste and colour as well as such components as proteins and vitamins. This procedure is suitable for drying and conserving certain foodstuffs, stimulants, organic chemicals, medicines and similar sensitive and valuable materials.

In our institute, we have been conducting freeze drying experiments with regional fruits and vegetables since the year 2005. During the first phase, we examined the heat- and material transfer as well as the abstraction of humidity, while during the second phase we analysed the rehydration ability and nutrient content of the freeze-dried materials as compared to those dried with the method of convection. Moreover we have conducted penetration measurements with a portable hardness tester.

To sum up the results gained so far, we can state that the quality of the lyophilized materials is better than those dried in the traditional way. It originates partly in the fact that the temperature and pressure applied for the freeze drying are smaller and the drying period is far longer than for the convection drying.

In contrast to convection-dried materials, freeze dried materials set in close to their original water-content, keep their original shape and size after being rehydrated. The reason of it the porous, spongy structure (flexible cell wall) of the lyophilized products which is able to take up moisture quickly. In addition, the lyophilized products can be rehydrated faster than those dried in the traditional way.

Regarding the results of the chemical analyses, the following conclusion can be drawn: the vacuum freeze drying results a small decrease of nutrient content and nutritive value for the lyophilized products.

The results of the hardness tests support the statement that the majority of agricultural materials cannot be considered as an ideal flexible body, because during the experiment the flexibility coefficient changed when going from the surface of the material inwards. In addition, the penetration tests also confirm that the surface of the convection-dried vegetables is at least 1.5-3 times harder than that of the freeze-dried products. The reason of it that it takes place during the drying denaturation processes.

The article summarizes the results of our research work listed above, in accordance with our experiments conducted by using the characteristic fruits (apple, plum) of the Nyírség Region.

**Keywords:** vacuum-freeze drying, convection drying, drying curve, chemical composition, rehydration, hardness measurement

## BEVEZETÉS

Napjainkban a szárított késztermék minősége egyre nagyobb teret kap. Mivel a XXI. századra az étkezési szokások megváltoztak, szükség van az olyan szárítmányokra, melyek az egészségre nem károsak, megőrzik érzékszervi- és beltartalmi tulajdonságaikat (Marques és Freire, 2006).

A liofilezés olyan korszerű tartósítóeljárás, mely az előbbieken felsorolt követelményeket teljes mértékben kielégíti. Ez a szárítási módszer a jelenleg alkalmazott legkíméletesebb eljárás, ennek lényege, hogy a tartósítandó anyag víz-jég tartalmát szublimációval távolítják el. Ezért ez a tartósítóeljárás egyre nagyobb teret hódít az élelmiszeriparban, hiszen a tartósítás előtti állapot egyszerűen, gyorsan és jól visszaállítható, illetve a termék érzékszervi tulajdonságai kiválóak (Mujumdar és Beke, 2002).

Ezzel ellentétben a konvekciós szárítás során nemkívánatos folyamatok játszódnak le, ennek fő okai a konvektív hőátvitel sajátosságaiból adódnak. Példának okáért: a termék nagymértékben zsugorodik, bőrösödik (viszonylag kemény, át nem eresztő réteg képződik a felületen, aminek következményeként a rehidráltóság nehéz), az illékony összetevők nagy része elvész (Almási, 1977).

Vizsgálataink – mindkét szárítási eljárás figyelembevételével – a szárítmányok minőségi tulajdonságainak meghatározására terjedtek ki. A következő minőségi tulajdonságok vizsgálatát végeztük el: a dehidratált termék kémiai összetétele, a szárítmányok vízfeltevő-képessége különböző hőmérsékleten, a szárított termény és a rehidratált szárítmány keménysége.

A kutatómunkát a nyírségi táj jellegzetes gyümölcsfajai – alma, szilva – bevonásával végeztük el, emellett további zöldség- és gyümölcsfajtákkal végeztünk vizsgálatokat, a tanulmány terjedelme miatt csak az előbbi fajokkal kapcsolatos eredményeket közöljük.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### Nyersanyag

A Szabolcsi alma (*Malus domestica* Borkh.) fogalmán az eladók és a vevők Magyarország északkeleti részén, a Nyírségben, Szatmárban termelt *Jonathan almát* értik. A magyar almatermesztés világhírét ez a fajta alapozta meg. Gyümölcse az északkeleti térség éghajlati viszonyai között tetszetősségében és ízletességében minden más fajtát felülmúlt, ezért hibái ellenére is közkezdvelt maradt.

A fajta kiváló beltartalmi értéke és íze miatt nagyon sokrétűen hasznosítható: friss fogyasztás, levesek és főzelékek adaléka, de kiváló mártás, püré is készíthető belőle. Az almával készült pite, lepény és rétes jellegzetes magyar sütemény. Kedvelt élelmiszeripari alapanyag pektin, zselé, befőtt, sűrítvány és pálinka készítésére. Napjainkban a

megtermelt mennyiség nagy részét a feldolgozóipar veszi fel. A szabolcsi Jonatán alma különleges ízegyűttesű gyümölcs, sav-cukor aránya egyedülálló élvezeti értéket nyújt a fogyasztóknak. A belőle készült szárítmányok megőrzik vitaminalgarnitúrájukat és aromájukat.

A nyírség másik fontos gyümölcsfaja a szilva. A szilva (*Prunus domestica*) a rózsafélék családjába tartozik. Az egyik legigénytelenebb és leggyakoribb gyümölcsünk. Vidékünkön a legnagyobb mennyiségben a szilvát termelik a gyümölcsök közül.

A nyersanyagokat megmostuk és felszeleteltük. Az almamintákat 5 és 10 mm-es kockákra szeleteltük, a szilvamintákat kimagváltuk és feleztük.

### Laboratóriumi szárítóberendezések

Az *Armfield FT 33 vákuum-fagyasztva szárító* egy kompakt egység, egy elkülönített munkakamrával, amely 300 mm átmérőjű, és 370 mm mély. Emellett egy 200 mm átmérőjű kondenzációs kamra található a berendezésben. A munkakamrának átlátszó akril fedele és polcai vannak, hogy a munkafolyamatot meg lehessen figyelni. A munkakamrának továbbá 4 mobil hőszondája is van. A membránpanel érintésérzékeny kapcsolókkal és folyadék-kristály kijelzőkkel lehetővé teszi a hűtés, a vákuumpumpa, a fűtés és a felengedés szabályozását. Ezenkívül tartalmaz beépített hűtőrendszert, és egy hőmérséklet-szabályozós fűtőrendszert. Rozsdamentes acélból áll, amely korrozóálló tulajdonságú, és könnyen sterilizálható. A termék a kamrában fagyasztható szárítás előtt.

Egy termosztatikus expanziós szelep automatikusan szabályozza a kivonási fokot, így nagy mennyiségű gőzt is lehet kezelni. Az egység el van látva mágneses kikapcsoló szelepekkel, elektromos túltöltő és túlfűtő védelmi rendszerekkel.

Az egységet arra tervezték, hogy biológiailag hőérzékeny anyagokat fagyasszanak le, illetve szárítsanak, amelyeket poharakban vagy egyéb edényekben tárolnak. Tulajdonképpen élelmiszeripari berendezések kis másolatának felel meg (Kerekes és Antal, 2006).

A laboratóriumi szárítóberendezésben lejátszódo szárítási folyamatok pontos nyomon követése érdekében tömegmérő műszert kellett terveznünk. A száradó anyag tömegmérését úgy oldottuk meg, hogy beszereltünk a szárító munkakamrájába egy EMALOG PAB-01 típusú mérlegcellát, a tömegváltozást pedig a külső térben elhelyezett EMALOG ES-138 mérlegműszer regisztrálta, és végül az adatokat a DATPump szoftver Excel táblázatba írta ki. A vákuum-fagyasztva szárító teljes felműszerezése az *1. ábrán* látható.

Az alma- és szilvaminták konvekciós szárítását laboratóriumi szárítószekrényben végeztük el.

A nyersanyag, illetve a szárítvány nedvességtartalmát – mely adatok szükségesek a kísérlet eredményeinek pontos meghatározásához – PRECISA HA 60 típusú nedvességmérő berendezéssel értékeltük ki.

1. ábra: Tömegmérő berendezéssel ellátott vákuum-fagyaszttva szárító



Figure 1: Data processing system of vacuum-freeze drier

### Hordozható keménységmérő műszer

Az *elektronikus penetrométer (MGA-1091)* működésének alapelve, hogy egy előre meghatározott és a műszeren beállított deformációs mélységig nyomófejet nyomunk a vizsgálandó terménybe, miközben mérjük a fellépő erőt, és meghatározzuk annak maximális értékét. Ilyen módon az adott terményre precíziós penetrométerrel felvehető erő-deformációs görbe kezdeti szakaszának egyetlen pontját mérjük. Ez a mérés azonban egy-egy terméken többször is ismételtető, ezért a termény keménységét több mérés átlagaként tudjuk meghatározni.

A méréshez 4, 6 vagy 8 mm átmérőjű nyomófej áll rendelkezésre, és a benyomódási mélység, a deformáció megfelelő távtartó gyűrű alkalmazásával állítható be 0,15 mm, 0,30 mm vagy 0,60 mm értékre.

Ezzel a mérési módszerrel a lágyabb és rugalmasabb terményeknél roncsolásmentes, a keményebb terményeknél kvázi-roncsolásmentes mérés végezhető. Ehhez a megfelelő deformációt megvalósító távtartó gyűrű és a megfelelő átmérőjű nyomófej alkalmazása szükséges.

A mérés eredményeként az ún. rugalmassági tényezőt határozzuk meg, ez a beállított deformációhoz tartozó nyomófeszültség és a deformáció viszonya, tehát a rugalmassági tényezőt a következő módon számítjuk

$$c_e = \frac{\sigma}{z},$$

ahol  $c_e$  – rugalmassági tényező [kPa/mm],  
 $\sigma$  – nyomófeszültség [kPa],  
 $z$  – deformáció [mm].

Az MGA-1091 típusú hordozható keménységmérő műszer a következő részekből áll:

- elektronikus penetrométer,
- mérő interface,
- tápegység,
- számítógép,
- szoftver.

Az elektronikus penetrométer egy speciális kialakítású, gömbszerű készülék, amely kézben fogható. Ebben van a nagy érzékenységű nyúlásmérő bélyeges erőmérő cella, a nyomófej és a távtartó gyűrű.

A mérő interface rendeltetése az elektronikus penetrométerben lévő mérőcella jelének erősítése és analóg/digitális átalakítása. Az átalakító 12 bites. Az interface RS-232 soros vonalon csatlakozik a számítógéphez.

A nyúlásmérő bélyeges erőmérő cella tápellátását 230V/50 Hz-es hálózati tápegység biztosítja (Antal, 2007).

A műszer a részekkel együtt a 2. ábrán figyelhető meg.

2. ábra: Mérés az MGA-1091 típusú keménységmérővel



Figure 2: Measurement performed with MGA-1091 firmness tester

### A szárítás kinetikája

A szárítás folyamán végbemenő hő- és anyagátadás komplikált folyamat, amelynek matematikai módszerrel való leírása ma még csak erős megközelítésekkel lehetséges. A közelítő megoldások konkrét alkalmazását tovább nehezíti az anyagokra jellemző mennyiségek ismeretének hiánya. Ezért a kísérleti adatokra támaszkodó félempirikus módszerek alkalmazása az általános.

A kísérletek során a nedvességtartalom csökkenését ábrázoljuk az idő függvényében, állandó szárítóközeg hőmérséklet mellett. Az így kapott görbét a *szárítás kinetikai görbéjének* nevezzük.

A görbe iránytangense adott helyen a szárítás pillanatnyi sebességét adja.

A kinetikai görbe alakja vékony rétegű szárítás esetén közelítőleg matematikailag leírható. Az általános szárítási elmélet szerint a vízelvonás sebessége a parciális nyomások különbségével arányos

$$\frac{dX}{dt} = -A(p_f - p_k),$$

ahol

$p_f$  – a parciális gőznyomás az anyag felületén,  
 $p_k$  – a parciális gőznyomás az áramló szárítóközegben.

A parciális gőznyomások kifejezhetők a relatív páratartalommal, s ekkor a fenti egyenlet így írható

$$\frac{dX}{dt} = -Ap_{gt}(\varphi_f - \varphi_k),$$

ahol

$p_{gt}$  – a telített gőznyomás adott középhőmérsékleten,  
 $\varphi_f$  – a relatív nedvességtartalom az anyag felületén,  
 $\varphi_k$  – a relatív nedvességtartalom az áramló szárítóközegben.

Bizonyos nedvességtartalom-határok között a szorpciós izoterma közelítőleg lineárisan változik, ezért az egyenlet leegyszerűsíthető

$$\frac{dX}{dt} = -k(X - X_e),$$

ahol

$X_e$  – az egyensúlyi nedvességtartalom az adott hőmérsékleten.

Az egyenlet integrálásából a következő egyenlet adódik

$$\frac{X - X_e}{X_i - X_e} = e^{-k \cdot \tau}.$$

Az egyenlet bal oldalán álló kifejezést nedvességviszonynak (Y) nevezzük, amely mint decimális szám a szárítás folyamatát írja le az egyensúlyi nedvességtartalom eléréséig. A jobb oldali kifejezés a folyamat lefutásának jellegét mutatja. A kitevőben szereplő  $k$  invariáns a vízelvonási folyamat néhány lényeges körülményét magába foglaló *szárítási tényező*. Értéke függ a szárítóközeg hőmérsékletétől, relatív nedvességtartalomtól, illetve a parciális nyomáskülönbségektől (Lewis, 1921).

### A rehidráció kinetikája

Ennek meghatározásához a Lewis-féle egyenletből kell kiindulnunk. Ez a következőképpen változott

$$\frac{dX}{dt} = -k_r(X - X_e),$$

ahol

$X$  – az anyag nedvességtartalma a visszanedvesedés alatt,  
 $k_r$  – rehidrációs tényező,  
 $X_e$  – a rehidratált anyag egyensúlyi nedvességtartalma,  
 $t$  – rehidrációs idő.

Az egyenlet integrálása után

$$\frac{X - X_e}{X_i - X_e} = e^{-k_r \cdot \tau}$$

Az egyenletrendezés után megkapjuk a *visszanedvesedés egyenletét*, amely a következőképpen alakult

$$X = X_e + (X_i - X_e) \cdot e^{-k_r \cdot \tau}$$

Természetesen a matematikai modell csak abban az esetben alkalmazható, ha a következőket feltételezzük:

- az anyag teljes keresztmetszetében merüljön bele a vízbe,
- a víz hőmérséklete állandó a visszanedvesítés alatt,
- a minták nedvességtartalma (szárítás utáni) azonos.

## EREDMÉNYEK

A kísérleteink a következő területekre terjedtek ki: hő- és anyagátadás a szárításban, beltartalmi vizsgálatok, rehidrációs vizsgálatok, keménységmérés.

### Hő- és anyagátadása szárításban

A szárítási kísérletek során az egyik legfontosabb feladat a *szárítási görbék* felvétele (az anyag nedvességtartalmának változása az idő függvényében). A 3. ábra az almaminták, a 4. ábra a szilvaminták nedvességtartalmának időbeni változását mutatja fagyaszttva szárítási és konvekciós szárítási eljárások esetében.

Az ábrákból jól kitűnik, hogy a vákuum-fagyaszttva szárítás időtartama hosszabb, mint a konvekciós szárításé, ennek oka, hogy a szárítás sebessége kicsi. A kismértékű megengedett hőáramsűrűség miatt a hőtranszport a sebesség-meghatározó elem. Minthogy a szükséges szublimációs időtartam a rétegvastagság négyzetével, ill. az anyag részecskeátmérőjének a négyzetével arányos, ezért az anyagot vékony rétegben kell nagy területen szétosztani a munkakamrában.

3. ábra: Almaminták szárítási görbéi

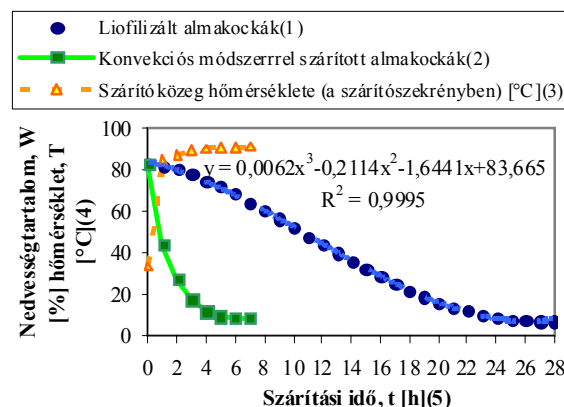


Figure 3: Dehydration curves of apple samples

Freeze dried apple cubes(1), Conventional dried apple cubes(2), Air temperature in drying box(3), Moisture; temperature(4), Drying time(5)

4. ábra: A szilvaminták szárítási görbéi

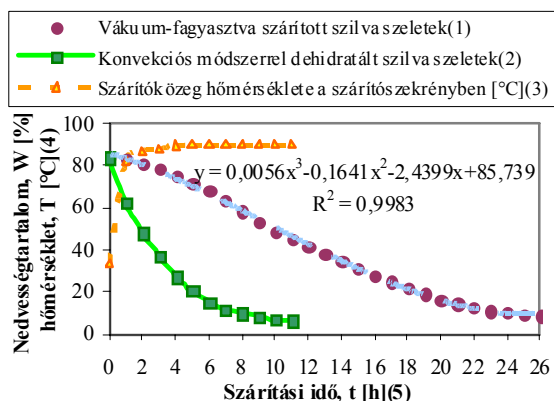


Figure 4: Dehydration curves of the plum samples  
Vacuum-freeze dried plum samples(1), Conventional dried plum samples(2), Air temperature in drying box(3), Moisture; temperature(4), Drying time(5)

A liofilizálás szárítási görbéje harmadfokú polinom képét követi, az egyenlet az ábráról leolvasható.

Emellett lehetőségünk volt részletesebben elemezni a liofilizálás szárítási jellemzőit, a következőkben ezeket ismertetnénk az 5. és 6. ábrák segítségével. A vákuum értéke mindkét esetben 1,5-1,8 mbar között ingadozott. A szárítási folyamat végét a szárítmány tömeg-állandósága jelentette, illetve mindez úgy is mérhető-megfigyelhető, hogy a szárított anyag hőmérséklete kiegyenlítődik, és konstans állapotot vesz fel.

5. ábra: Almakockák vákuum-fagyaszttva szárításának paraméterei

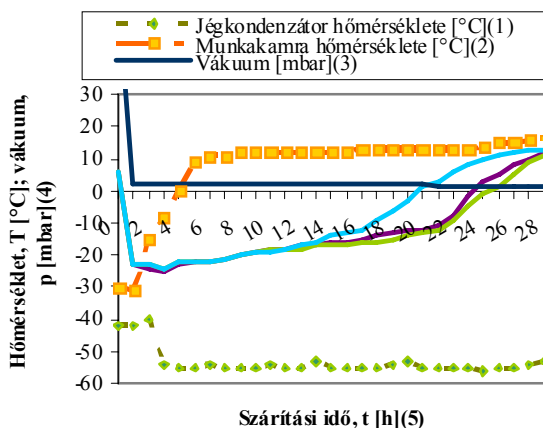


Figure 5: Curve of vacuum-freeze drying of apple cubes  
Trap temperature(1), Plate temperature(2), Pressure(3), Temperature; vacuum(4), Drying time(5)

6. ábra: A szilvaszeletek vákuum-fagyaszttva szárításának paraméterei

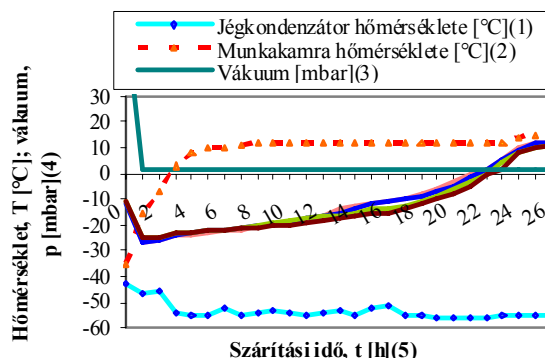


Figure 6: Curve of vacuum-freeze drying of the plum samples  
Trap temperature(1), Plate temperature(2), Pressure(3), Temperature; vacuum(4), Drying time(5)

Már említettük, hogy a szárítási időtartamot befolyásolja a rétegvastagság, meg kell jegyeznünk, hogy nemcsak a rétegvastagság van rá hatással, hanem az anyag vastagsága (térfogata) és elhelyezkedése a vákuumalagúthoz képest. A 7-9. ábrák mindezt jól szemléltetik.

7. ábra: Különböző nagyságú almakockák szárítási ideje a liofilező berendezésben

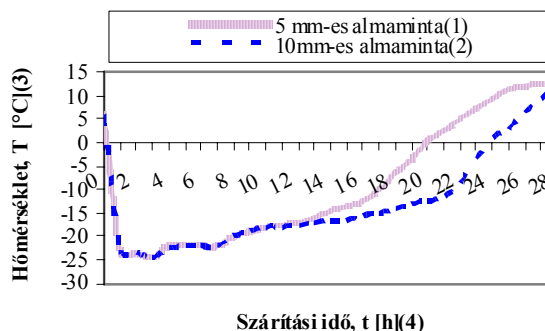


Figure 7: The drying time of different size apple cubes in sublimation drying equipment  
5 mm size apple sample(1), 10 mm size apple sample(2), Temperature(3), Drying time(4)

Az ábrából leolvasható, hogy a kisebb térfogatú minták (8-szor beleférnek a 10 mm oldalnagyságú mintákba) dehidrációja hamarabb befejeződött, a különbség órákban is kifejezhető.

A következő sematikus ábrán láthatóak a mintahalmazba beleszúrt hőelemek (T betűvel jelölt) távolsága a vákuumalagúttól. Köztudott, hogy az alagúton keresztül történik a nedvesség gőz formájában való eltávolítása, ami a kondenzátor-kamra falán csapódik le szilárd halmazállapot formájában.

8. ábra: Szilvaminták ( $T_n$ ) elhelyezkedése a vákuumalagúthoz képest

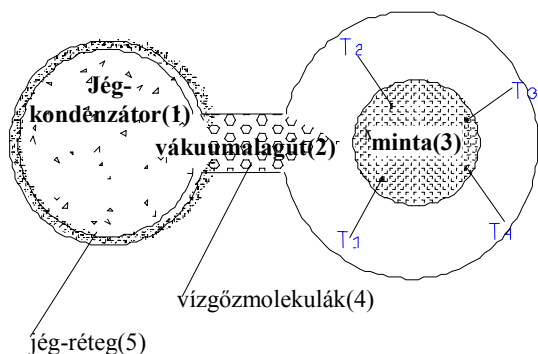


Figure 8: Distance of plum samples ( $T_n$ ) from vacuumtunnel Condenser chamber(1), Vacuumtunnel(2), Samples(3), Watervapour molecules(4), Ice-layer(5)

Az eredményekből jól kitűnik, hogy a szárítás időtartamát befolyásolja a szárítandó anyag a munkakamrában való elhelyezkedése is. Ha a jégkondenzátor és az élelmiszer közötti távolság kicsi, a vízgőzmolekulák ütközés nélkül juthatnak a jégkondenzátor felületére, ami meggyorsítja a szublimációt.

9. ábra: A szilvaminták hőmérsékletének változása a szárítási idő függvényében

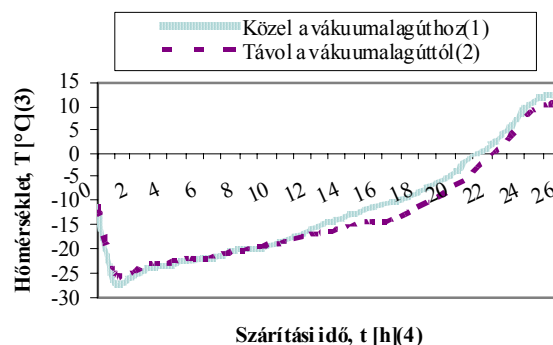


Figure 9: Curve of change of temperature of the plum samples Nearly to vacuumtunnel(1), Far to vacuumtunnel(2), Temperature(3), Drying time(4)

Az 1. táblázat összefoglalja azokat a szárítási paramétereket, melyeket a vákuum-fagyaszttva szárítás és a konvekciós szárítás alatt mértünk, ezek az adatok hozzátartoznak a szárítási folyamat teljes és pontos elemzéséhez.

1. táblázat

**Szárítási paraméterek**

Megnevezés(1)	Alma [Jonatán](2)		Szilva [ringlő](3)	
	Liofilizálás(5)	Konvekciós(6)	Liofilizálás(5)	Konvekciós(6)
Szárítási módszerek(4)	Liofilizálás(5)	Konvekciós(6)	Liofilizálás(5)	Konvekciós(6)
Nyersanyag nedvességtartalma [%](7)	82,34	82,34	83,65	83,65
A szárítmány nedvességtartalma [%](8)	6,81	8,55	8,8	6,3
Rehidráls utáni nedvességtartalom [%](9)	76,92	67,71	81,65	54,65
Szárítási sebesség [%/h](10)	2,697	10,541	2,878	7,032
Szárítási idő [h](11)	28	7	26	11
Szárítólevegő hőmérséklete [°C](12)	-	90,4	-	89,8
Szárítólevegő relatív páratartalma [%](13)	nem mérhető(15)	8,3 - 4,8	nem mérhető(15)	9 - 2,6
Légsebesség [m/s](14)	nem mérhető(15)	2,5	nem mérhető(15)	2,7

Table 1: Parameters of drying Description(1), Apple [Jonatán](2), Plum [ringlő](3), Drying methods(4), Lyophilisation(5), Convention(6), Moisture content of raw material(7), Moisture content of dried material(8), Moisture content of after rehydration(9), Drying velocity(10), Drying time(11), Air temperature(12), Relative humidity of air(13), Air speed(14), No data(15)

**Beltartalmi vizsgálatok**

A fagyaszttva szárítás fizikai jellemzői mellett a kísérletünk másik célja volt annak tisztázása, hogy a liofilezés hogyan befolyásolja az alma és szilva kémiai összetételét, összehasonlítva a konvekciós módszerrel.

A kémiai vizsgálatokat a főiskola Agrár és Molekuláris Kutató Intézetében végeztük, HPLC készülékkel, illetve speciális extrakciós eljárással.

A beltartalmi mutatók vizsgálata magában foglalta az ásványi anyagok és vitaminok meghatározását.

A 2. és 3. táblázatban közöltük a vizsgált összetevők értékét alma- és szilvaszárítmányok esetében.

A táblázat adataiból levonható az az egyértelmű következtetés, hogy mindegyik alkotó mennyisége több volt a liofilizált minták esetében, összevetve a konvekciós módszerrel szárítottakéval.

2. táblázat

## Az almászárítványok legfontosabb beltartalmi összetevői

Paraméterek(1)	Alma minták(2)	
	Konvekciósan szárított(3)	Vákuum-fagyaszttva szárított(4)
Fehérje [%](5)	1,38	1,75
Össz. gyümölcssav [%](6)	2,38	2,94
Szénhidrát [%](7)	52,4	58,7
Ca [mg/100g]	32,4	36,7
K [mg/100g]	622,4	652,6
Na [mg/100g]	10,7	11,4
P [mg/100g]	51,4	58,7
B <sub>1</sub> -vitamin [mg/100g](8)	114,5	137,2
B <sub>2</sub> -vitamin [mg/100g](9)	97,4	103,2
C-vitamin [mg/100g](10)	10,2	16,3

Table 2: Chemical composition of the dried apple

Parameters(1), Apple samples(2), Conventional dried(3), Vacuum-freeze dried(4), Protein(5), Fruitacid(6), Carbohydrate(7), Vitamin-B<sub>1</sub>(8), Vitamin-B<sub>2</sub>(9), Vitamin-C(10)

3. táblázat

## A szilvászárítvány legfontosabb beltartalmi összetevői

Paraméterek(1)	Szilva minták(2)	
	Konvekciósan szárított(3)	Vákuum-fagyaszttva szárított(4)
Fehérje [%](5)	2,3	3,1
Össz. gyümölcssav [%](6)	5,74	7,14
Szénhidrát [%](7)	47,3	52,4
Ca [mg/100g]	41,9	44,2
K [mg/100g]	813,1	857,6
Na [mg/100g]	8,1	10,4
P [mg/100g]	73,6	87,1
B <sub>1</sub> -vitamin [mg/100g](8)	157,6	174,2
B <sub>2</sub> -vitamin [mg/100g](9)	122,4	144,7
C-vitamin [mg/100g](10)	6,1	8,2

Table 3: Chemical composition of the plum dried

Parameters(1), Plum samples(2), Conventional dried(3), Vacuum-freeze dried(4), Protein(5), Fruitacid(6), Carbohydrate(7), Vitamin-B<sub>1</sub>(8), Vitamin-B<sub>2</sub>(9), Vitamin-C(10)

## Rehidrációs vizsgálatok

A rehidráció – mint complex folyamat – megcélazza a nyersanyag tulajdonságainak helyreállítását. A szárított termék rehidrációsakor három egyidejű folyamat játszódik le: szárított anyag vizet szív magába, a rehidratált anyag duzzad, és nedvességet ad le a környezetnek.

A kísérlet lépései a következőképpen alakultak: először lemértük a szárított gyümölcs tömegét, így mindegyik minta tömege 1 g körül mozgott, majd ezeket a mintákat 30 és 85 °C-os vízbe merítettük különböző időtartamig. A vízből kivett nedves mintákról nedvszívó réteg segítségével a felesleges

nedvet eltávolítottuk, és végül lemértük a rehidratált anyag tömegét.

A rehidrációs ráta meghatározása így, az alábbi képlettel történik:

$$RR = \frac{m_{re}}{m_{sz}}$$

ahol  $m_{re}$  – rehidratált minta tömege [g],  
 $m_{sz}$  – szárított minta tömege [g].

A kétféle módszerrel szárított minták rehidrációs görbéje 30 és 85 °C-on a 10-13. ábrákon kísérhető figyelemmel.

Mindegyik ábrán látható, hogy a liofilizált minták nagyobb értékű rehidrációs rátával rendelkeznek, mint a konvekciós (hagyományos) úton szárítottak. A jobb rehidrációs rátát a liofilizált minták a porózus struktúrájuknak köszönhetik.

Emellett az ábrák arról is tanúskodnak, hogy a magasabb hőmérsékleten végzett visszanedvesítéssel gyorsabb rehidráció és nagyobb értékű rehidrációs ráta volt elérhető.

10. ábra: Szárított almaminták rehidrációs görbéje 30 °C-on

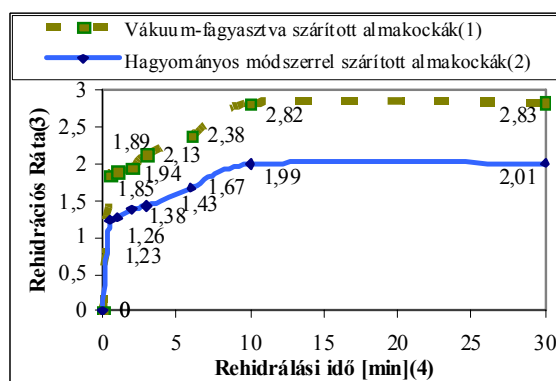


Figure 10: Rehydration curve of dried apple samples at 30 °C Vacuum-freeze dried apple cubes(1), Conventional dried apple cubes(2), Rehydration Rate(3), Rehydration time(4)

11. ábra: Szárított almaminták rehidrációs görbéje 85 °C-on

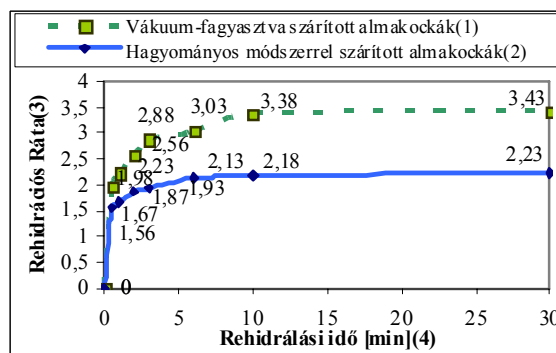


Figure 11: Rehydration curve of dried apple samples at 85 °C Vacuum-freeze dried apple cubes(1), Conventional dried apple cubes(2), Rehydration Rate(3), Rehydration time(4)

12. ábra: Szárított szilvaminták rehidrációs görbéje 30 °C-on

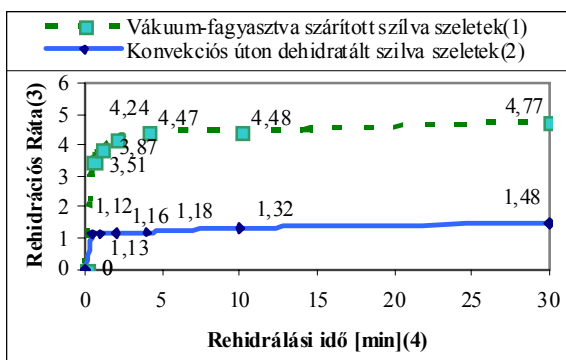


Figure 12: Rehydration curve of dried plum samples at 30 °C Vacuum-freeze dried plum slices(1), Conventional dried plum slices(2), Rehydration Rate(3), Rehydration time(4)

13. ábra: Szárított szilvaminták rehidrációs görbéje 85 °C-on

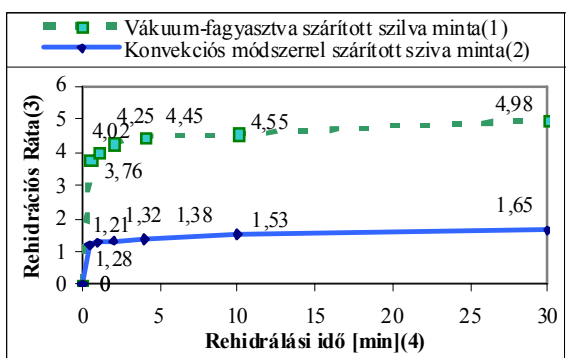


Figure 13: Rehydration curve of dried plum samples at 85 °C Vacuum-freeze dried plum samples(1), Conventional dried plum samples(2), Rehydration Rate(3), Rehydration time(4)

### Penetrációs vizsgálatok

A belső minőségi tulajdonságok mellett lényegesek a mechanikai jellemzők is. Ezek között kiemelkedő szerepe van a keménységnek. A termények minőségének megőrzése érdekében mind betakarításkor, mind pedig a betakarítás utáni műveleteknél (szárítás, tárolás) fontos, hogy ismerjük a termény keménységét.

A szárított mintákat szobahőmérsékleten tároltuk a laboratóriumban, miközben a keménységét mértük. A helyiségben a hőmérséklet 20-22 °C, a levegő páratartalma pedig 30-50% között ingadozott.

A penetrációs vizsgálatokat két héten keresztül, naponta többször elvégeztük a szárítmányokon, minden mintát meghatározott pontokon mértünk a szelet szélétől a belseje felé. A mérésekhez 4 mm átmérőjű nyomófejet és 0,15 mm-es távtartó gyűrűt használtunk. A penetrométer az adatokat számítógépre vitte, és az arra telepített szoftver a mérési eredményeket kijelezte.

A 14-17. ábrákon megfigyelhető a szárítmányok (vákuum-fagyasztva szárított és konvekciósan szárított minták) rugalmassági tényezőjének változása a mérési idő függvényében.

A diagramokban a napi átlagértékeket pontok ábrázolják, a pontokat összekötöttük trendvonalakkal, melyek másodfokú polinom képét követik. A görbe-illesztés a rugalmassági tényező változásának jobb nyomon követése végett történt.

14. ábra: Liofilizált almaminták rugalmassági tényezőjének változása a mérési idő függvényében

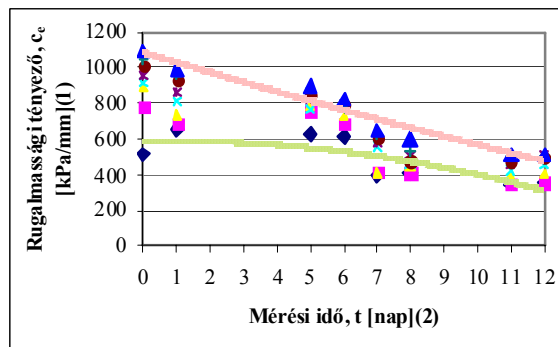


Figure 14: The change of the lyophilised apple sample's elasticity coefficient Coefficient of elasticity(1), Measuring time(2)

15. ábra: Konvekciósan szárított almaminták rugalmassági tényezőjének változása a mérési idő függvényében

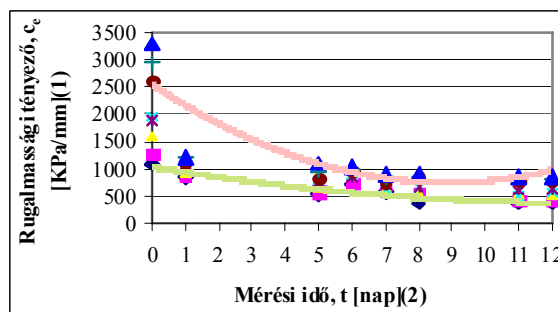


Figure 15: The change of the convection dried apple sample's elasticity coefficient Coefficient of elasticity(1), Measuring time(2)

16. ábra: Liofilizált szilvaminták rugalmassági tényezőjének változása a mérési idő függvényében

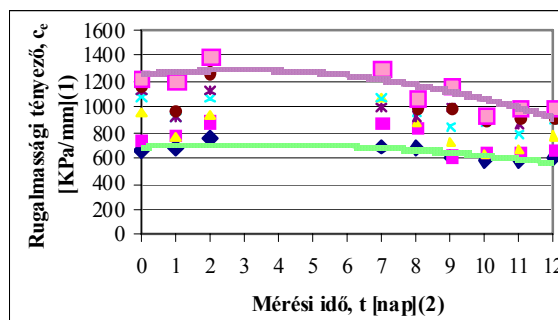


Figure 16: The change of the lyophilised plum sample's elasticity coefficient Coefficient of elasticity(1), Measuring time(2)



17. ábra: Konvekciósan szárított szilvaminták rugalmassági tényezőjének változása a mérési idő függvényében

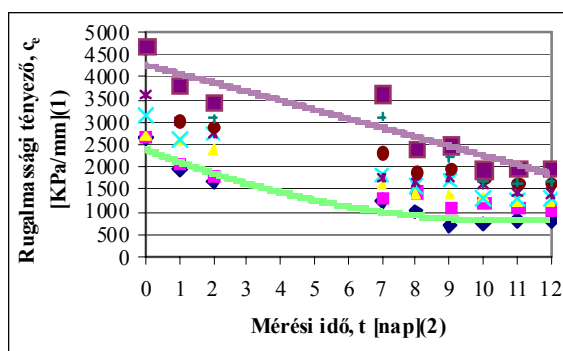


Figure 17: The change of the convection dried plum sample's elasticity coefficient

Coefficient of elasticity(1), Measuring time(2)

Az ábrából levonható az a következtetés, hogy az anyagok rugalmassági tényezője egy bizonyos idő elteltével nem változik, konstans értéket vesz fel. Ez azt jelenti, hogy a termék és az őt körülvevő levegő nedvességtartalma között egyensúly alakult ki. Ezt egyensúlyi nedvességtartalomnak nevezzük.

A penetrációs vizsgálatok emellett azt is alátámasztják, hogy a konvekciós eljárással szárított gyümölcsök felülete keményebb a fagyaszttva szárítottakénál, ennek oka, hogy a szárítás alatt denaturálódási folyamatok következnek be. A víz a termék felületéről párolgással távozik el, és a párolgó víz utánpótlása a belső rétegekből diffúzióval történik. A belső részekből a felület felé diffundáló víz mozgása során oldott anyagokat visz magával, amelyek a felületen a víz elpárolgása után visszamaradnak, koncentrálnak, és kemény réteget képeznek.

A 18. ábra a visszanedvesített – liofilizált és a hagyományos úton szárított – szilvaszeletek rugalmassági tényezőjének átlagértékeit mutatja, összehasonlítva a kiindulási anyag rugalmassági tényezőjének átlagértékével.

A diagram alapján megállapítható, hogy a liofilizált minták rehidráció után következtében visszanyerték eredeti állapotukat, sőt puhábbnak bizonyultak a nyersanyaghoz képest. Ezzel ellentétben a konvekciósan szárított minták a

visszanedvesítési folyamat végén továbbra is megtartották kemény, szilárd felületüket, ami a denaturálódási folyamatok miatt következtek be, így nem voltak képesek helyreállítani eredeti formájukat.

18. ábra: A rehidratált szilvaszárítmány keménységének összehasonlítása a nyersanyag keménységével

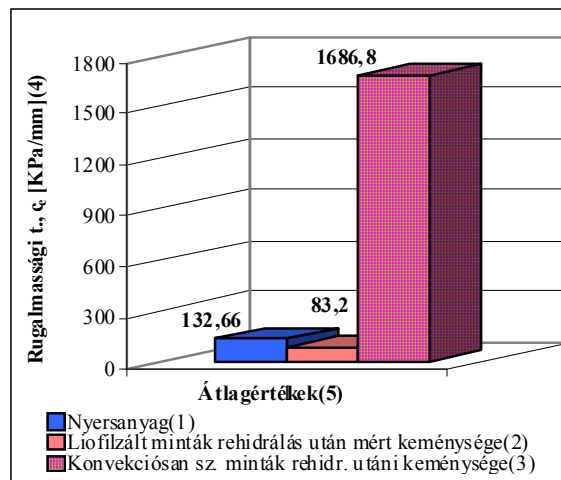


Figure 18: Comparison of the rehydrated dried plum and raw material in relation of hardness

Raw material(1), Hardness of lyophilised samples after rehydration(2), Hardness of conventional dried samples after rehydration(3), Coefficient of elasticity(4), Average values(5)

## KÖVETKEZTETÉS

A tanulmányban ismertetett és a korábban közölt minőségi tulajdonságokat (beltartalom, rehidrálatóság, rugalmasság) célzó vizsgálatok bizonyították, hogy a vákuum-fagyaszttva szárítási eljárással jobb minőségű gyümölcs-szárítmányt kapunk a konvekciós eljárásához képest.

Természetesen ebben az anyagban nem tudtuk a minőségi tulajdonságok vizsgálatának teljes arzenálját ismertetni, sem minden szárítási eljárást elemezni, hiszen mindez jóval meghaladja a terjedelmet, viszont további kutatások szükségesek ezen a területen, hogy egyértelműen megállapítsuk, a vákuum-fagyaszttva szárítás a szárítmányok minőségét tekintve az egyik legkíméletesebb eljárás.

## IRODALOM

- Almási E. (1977): Élelmiszerek gyorsfagyasztása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 291.
- Antal T. (2007): A szárított zöldségfélék keménységének vizsgálata elektronikus penetrométerrel. Erdei Ferenc IV. Tudományos Konferencia, Kecskemét.
- Kerekes B.-Antal T. (2006): Zöldségek fagyaszttva szárításának gyakorlati vizsgálata. MTA Agrár Műszaki Bizottság, XXX. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás (poszter, kiadvány), Gödöllő.
- 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.
- Mujumdar, A. S.-Beke J. (2002): Gyakorlati szárítás. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 138-141.