

# A SZÁRÍTOTT FODORMENTA TÁROLÁSI TAPASZTALATAI

Antal Tamás

**Absztrakt:** A frissen betakarított fodormenta leveleket fagyasztva szárítással és ún. kombinált szárítási módszerekkel, azaz infravörös-fagyasztva szárítással és meleg levegős-fagyasztva szárítással dehidráltuk. A szárított anyagokat lezárt polietilén csomagokba helyeztük és 4 hónapig szobahőmérsékleten, polcon és hűtőberendezésben tároltuk. A levelek színvizsgálata és illóolaj-tartalmának analízisének havi rendszerességgel történt. A színvizsgálati eredményekből megállapítottuk, hogy a szobahőmérsékleten megőrzött fodormenta levelek teljes színeltérése magasabb volt, mint a hűtőbe helyezett mintáké. Különösen magas szín-differenciát azonosítottunk a liofilizált mintáknál. A hűtőben és polcon tárolt fodormenta levelekből extrahált esszenciából kinyerésekor megállapítottuk, hogy szignifikáns eltérés nincs a két tárolási kondíció között, viszont az illóolaj összetevők megőrzésében a hűtőberendezésben tárolt levelek kedvezőbb értékeket produkáltak. Az eredményeinket figyelembe véve azt javasoljuk, hogy az infravörös-fagyasztva szárítással tartósítsuk a fodormentát a költséges liofilizálás helyett és a szárított mintákat szobahőmérsékleten raktározzuk.

**Abstract:** Freshly harvested spearmint leaves were dehydrated by freeze drying and so-called combined drying methods, i.e. infrared-freeze drying and hot air-freeze drying. The dried materials were placed in sealed polyethylene bags and stored for 4 months at room temperature on a shelf and in a refrigerator. The colour examination of the leaves and the analysis of the essential oil content were done on a monthly basis. From the colour test results, it was found that the total colour difference of the leaves of spearmint stored at room temperature was higher than that of the samples stored in the refrigerator. A particularly high colour difference was identified for lyophilized samples. When extracting total essential oil from refrigerator and shelf-stored leaves, we found that there was no significant difference between the two storage conditions, but that leaves stored in the refrigerator showed better essential oil components retention. Taking into account our results, we recommend to preserve the spearmint by infrared-freeze drying instead of costly lyophilization and that the dried samples be stored at room temperature.

*Kulcsszavak:* fodormenta, szárítás, csomagolás, szín, illóolaj-tartalom, tárolás

*Keywords:* spearmint, drying, packaging, colour, volatile oil content, storage

## 1. Bevezetés

A fodormenta az egyik legjelentősebb illóolajat termelő gyógynövényeink egyike. Sokoldalú felhasználása miatt, szinte minden országban termesztik. A Lamiales (árvacsalán-virágúak) rendjének, Lamiaceae (ajakosok) családjába tartozik a *Mentha spicata* L., azaz fodormenta. A fodormenta szárított virágzó hajtásából és levélzetéből nyert illóolaj képző a drogot, amely szerepel a Magyar Gyógyszerkönyvben. A fodormenta hajtása 0,5-1,0% illóolajat tartalmaz, amelyek fő komponense a karvon (40-60%). Az illóolaj tartalmaz még linaloolt,  $\alpha$ -pinént,  $\beta$ -pinént, limonént, kariofillént, cineolt, mentofuránt, dihidrokarvont és dihidrokarveolt (Praszná, 2000).

A mentát, mint gyógy- és aromanövényt több mint 2000 éve felhasználják humán célokra. A levelét alkalmazzák ízesítéshez, tea főzethez és fűszerezéshez. Jól keverhető sokféle zöldséggel, például burgonyával, paradicsommal, sárgaréppal és borsóval. Mindemellett a mentaolaj jelentős szerepet tölt be az alábbi területeken:

rovarirtó szer, terápiás kezelés (sebek, égések, herpesz, nőgyógyászati problémák kezelése, emésztési zavar, pangáscsökkentő, inhalálás, idegnyugtató), illatosító, kozmetikum, fogkrém, szájapoló szerek, rágógumi, édesipari termékek alapanyaga stb. (Rápóti-Romvári, 1972).

A menta relatíve magas nedvességtartalma – <75% – miatt hosszú távú és biztonságos tárolása vízelvonás után lehetséges (Al-Tawaha et al., 2013). A nemzetközi szakirodalom igen gazdag a különböző szárítási módszerekkel és azok kombinációjával tartósított fodormentával kapcsolatos kutatási jelentésekkel: meleg levegős szárítás (Ayadi et al., 2014), infravörös szárítás (Nozad et al., 2016), hőszivattyúval támogatott szárítás (Fatouh et al., 2006), szolár szárítás (Kaur et al., 2009), sütőben szárítás és liofilizálás (Díaz-Maroto et al., 2003), vákuum-mikrohullámú szárítás (Mohapatra et al., 2014) és infravörös-meleg levegős- illetve rádiófrekvenciás-meleg levegős szárítás (Nalawade et al., 2019). A szárított fodormenta tárolási vizsgálata, különösen a fizikai tulajdonságok és az illóolaj-tartalom tekintetében már kevésbé kutatott terület.

A jelen tanulmányban a különböző szárítási eljárásokkal kombináltan – fagyasztva szárítás, meleg levegős szárítás és infravörös szárítás – tartósított fodormenta 4 hónapos tárolási tapasztalatait kívánjuk megosztani, elsősorban a levél színének és az illóolaj-tartalmának változásait prezentáljuk. A tárolási körülmények szobahőmérsékleten és hűtőszekrényben valósultak meg.

## 2. Anyag és módszer

### 2.1. A vizsgált anyag

A fodormenta növényeket a Nyíregyházi Egyetem Botanikus kertjében található termelőhelyen gyűjtöttük össze. A betakarításra 2022. szeptember végén került sor, a főhajtások teljes virágzása idején. A laboratóriumba szállítás után azonnal feldolgoztuk az alapanyagot, a leveleket lefosztottuk a szárról, majd a tisztítást követően szárítóberendezésekbe helyeztük a mentaleveleket. Az analízisre fenntartott nyers részt a hűtőszekrényben tároltuk 5 °C-on. A nyers fodormenta nedvességtartalma, nedves bázisra vonatkoztatva: 81,32%. A mentalevelek nedvességtartalmát – a szárítás kezdetén és végén – PRECISA HA 60 típusú gyorsnedvesség-mérővel (Precisa Gravimetrics AG, Svájc ± 0,01 g pontosságú) határoztuk meg.

### 2.2. Szárítási eljárások

A fagyasztva szárítás (FD) művelete Armfield FT33 típusú berendezéssel (Armfield Ltd, Egyesült Királyság) lett végrehajtva. A mentalevelek szárítását az alábbi paraméterek jellemzik:

- A szárítókamra hőmérséklete (a művelet végén): 21 °C.
- A minták átlaghőmérséklete (a művelet végén): 20 °C.
- A kondenzátorkamra hőmérséklete (a művelet alatt folyamatosan): -48 °C.
- A munkakamra nyomása: 90-110 Pa.
- A nyersanyag tömege: 50 g.

A mentalevelek meleg levegős szárítását (HAD) LP-302 típusú hengeres szárítóberendezéssel (Labor-Mix, Magyarország) végeztük el. A pontos légsebesség-, és léghőmérséklet mérése a szárítóberendezés tetején található mérőcsonkon keresztül történt. A szárítóközeg hőtechnikai paramétereinek méréséhez kalibrált Testo 4510 típusú mérőkészüléket (Testo GmbH, Németország) használtunk. A következő szárítási paramétereket állítottuk be:

- A szárítóközeg hőmérséklete: 45 °C.
- A levegő sebessége: 0,5 m/s.
- A nyersanyag tömege: 50 g.

A minták infravörös szárítását (IR) infravörös szárítóban hajtottuk végre. A szárítószekrény tetején található két darab kvarcüveg infravörös cső, egyenként 300 W teljesítményűek. Az emitterek által kibocsátott sugárzás hullámhossza 2,4-3,0 µm tartományba esik. Az alkalmazott hőintenzitás pedig 3-5 kW m<sup>-2</sup>. 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 Grav. AG, Svájc). A szárítószekrényben uralkodó hőmérsékletet Testo 4510 típusú mérőkészülékkel (Testo GmbH, Németország) ellenőriztük. A szárítás hőmérsékletét 45 °C-ra állítottuk be.

Az ún. kombinált vízelvonást a fent közölt szárítási módszerek összekapcsolásával végeztük el. A vízelvonási kísérletben alkalmazott szárítási programot az 1. táblázatban közöljük.

**1. táblázat: A fodormenta vízelvonásánál alkalmazott szárítási program**

Megnevezés	Előszárítási idő	Előszárítási hőmérséklet	Utószárítási idő	Utószárítási hőmérséklet	Összesített szárítási idő
FD	-	-	-	-	13 óra
3minIR-FD	3 perc	45 °C	8 óra	21 °C	8 óra
5minIR-FD	5 perc	45 °C	7 óra	21 °C	7 óra
2hHAD-FD	2 óra	45 °C	7 óra	21 °C	9 óra
3hHAD-FD	3 óra	45 °C	5 óra	21 °C	8 óra

Magyarázat: FD - fagyasztva szárítás, IR-FD - infarvörös elő- és fagyasztva utószárítás, HAD-FD - meleg levegős elő- és fagyasztva utószárítás

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

A mintatárcára egy rétegben helyeztük el a levélzetet (rétegvastagsága: 10 mm). A szárítmányok nedvességtartalma mindegyik vízelvonási módszer esetében 2,5-3,4% (nedves bázis). A szárítási műveleteket háromszori ismétléssel végeztük el, és a mérések átlagértékeit vettük figyelembe a jelen tanulmányban. A dehidrált fodormenta leveleket a szárítás után azonnal polietilén csomagolásba helyeztük és a felcímkézett csomagokat lezártuk.

### 2.3. Gázkromatográfia

A szárított mentalevelekből az illóolaj-tartalmat extrakcióval vontuk ki. Az extrakció lépései az alábbiakban foglalható össze:

- Kb. 10 g mintához 600 ml kloroform-hexán (1:1 arányú elegye) oldószer hozzáadása.
- Összekeverés, turmixolás és ultrahangos homogenizálás (1h, 40 °C alatt tartva).
- Szűrés, utána rotációs vákuumbepárlás (oldószer-mentesítés).
- 5 ml kloroform-hexán (1:1 arányú elegye) oldószerrel visszahígítás.
- Klorofill-mentesítés  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -dal.
- Lefúvatás nitrogén gáz alatt.
- 1 ml hexán oldószerrel visszahígítás és kapilláris kolonnára injektálás (1  $\mu\text{l}$ ).

Az illóolaj összetevőinek mennyiségi és minőségi meghatározását gázkromatográfias (GC) módszerrel végeztük Perkin-Elmer Clarus 500 típusú FID detektoros készülékkel (PerkinElmer Inc., USA) az alábbi körülmények között:

- Oszlop töltet: DB 5 MS.
- Kolonna: 60m $\times$ 0,32 mm ID 0,1  $\mu\text{m}$  filmréteg.
- Kolonnatér programozás: 40 °C (5 min), 4 °C/min, 250 °C (5 min), azaz 62,5 perc analízisidő.
- Hőmérsékletek: IB. 180 °C, Det. 300 °C.
- Vivőgáz: 5 kilences nitrogén (99,99%) közel 3,2 ml/min áramlási sebesség.

A komponensek azonosításához Sigma-Aldrich gázkromatográfiasan tiszta illóolaj standardokat használtunk. A mennyiségi meghatározást, a komponensek gázkromatográfias %-os arányát külső normalizációs módszerrel határoztuk meg. A GC készülék TC navigátor elnevezésű számítógépes rendszerrel vezérelt.

### 2.4. Színmérés

A nyersanyag és a dehidrált fodormenta levelek színmérése CIE  $L^*a^*b^*$  rendszerben történt, ColorLite sph900 típusú mobil spektrofotométerrel (ColorLite GmbH, Németország). A nyers (kontroll) és a szárított leveleket porítottuk (Laboratóriumi kalapácsos daráló, QC-124, Kapacitív KKT, Magyarország). A kísérletek során a fehér etalonnal történő kalibrálást követően a színmérés MA38 jelzésű adapterben történt meg, ahol véletlenszerűen mértük a színjellemzőket. A műszeren beállítható a mérések ismétlésszámának gyakorisága (jelen esetben háromszoros), amelyből a műszer átlagot számol, és generálja a végső értéket.

A tárolási folyamat hatása a termék színére ún. színdifferencia által volt meghatározva (1):

(1)

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

ahol:

$\Delta E$  = színkülönbség

$L^*$  = világossági koordináta

$a^*$  = pirossági koordináta

$b^*$  = sárgasági koordináta

$\Delta E=3$  színdifferencia felett szemmel is érzékelhető eltérés tapasztalható.

## 2.5. Tárolás

A szárított mentalevelek egy része a vizsgálati időszak alatt kompresszoros hűtőberendezésben került tárolásra ( $T=5\text{ °C-on}$ ), melynek típusa LEHEL HB 160 (Lehel Hűtőgépgyár, Magyarország). A szárítmányok másik része szobahőmérsékleten ( $T=21-23\text{ °C}$ , rel. páratartalom=45-55%), laboratóriumi körülmények között volt tárolva a polcon, világos helyen. A tárolás 4 hónapos időtartamú volt. A hőmérséklet és a levegő páratartalmának mérése mindkét esetben digitális hőmérővel történt havi rendszerességgel.

## 2.6. Statisztikai analízis

IBM SPSS Statistics 23 (IBM, USA) programcsomagot felhasználva matematikai statisztikai vizsgálatot végeztünk el. Egyutas variancia-analízissel (ANOVA, Duncan teszt) mutattuk ki, hogy van-e szignifikáns különbség a különböző körülmények között tárolt kombinált- és a fagyasztva szárított (kontroll) fodormenta levélminták között.

## 3. Eredmények és értékelésük

Ebben a fejezetben a hűtőberendezésben és a szobahőmérsékleten tárolt fodormenta szárítmányok színeltérését és illóolaj-tartalmának változását elemezzük.

### 3.1. Szárított fodormenta színeltérése a tárolási idő alatt

A 2. táblázat prezentálja a különböző vízfelvonási eljárásokkal kezelt fodormenta levelek színváltozását ( $\Delta E$ ) a 4 hónapos tárolási idő során. A táblázat második oszlopában fel lett tüntetve a különböző módszerekkel szárított mentalevél színeltérése a nyersanyagtól ( $L^*=44,87$ ,  $a^*=-3,62$ ,  $b^*=17,45$ ) – a mért színkülönbségek vizuális érzékelés alapján jól látható ( $3<\Delta E<6$ ) és nagy eltérésű ( $\Delta E>6$ ) tartományba sorolhatók. Ezeket az értékeket vettük a kontrol adatoknak (0. hó), az ettől való eltérést %-os arányban jelenítettük meg a táblázat többi részében.

Egyetértésben Nozad et al. (2016) megállapításával, hogy a meleg levegővel szárított mentalevél színeltérése nagyobb, mint az infravörös szárítmányé. Nagy valószínűséggel az előszárítás módszere (HAD és IR) okozhatta kombinált szárításnál a nagyobb színeltérést ( $\Delta E$ ) a liofilizált mintákhoz képest. A meleg levegővel előszárított fodormentánál nagyobb színdifferenciát azonosítottunk, mint az infravörös előszárítottnál.

A 2. táblázatban közölt fodormenta levelek színdifferencia adataiból megállapíthatjuk, hogy a szobahőmérsékleten tárolt minták nagyobb eltérést mutattak, mint a hűtőszekrényben őrzött levelek. A liofilizált mentalevelek  $\Delta E$  értéke szignifikánsan a legmagasabb mindkét tárolási körülménynél, ezt a fakulás, azaz  $a^*$  színekoordináta értékének változása okozta. A szobahőmérsékleten PE

csomagokban raktározott minták esetében a legkisebb eltérés ( $p < 0,05$ ) az 5minIR-FD szárítási módszernél volt tapasztalható.

2. táblázat: A tárolt fodormenta levelek színeltérése

Megnevezés	Szárított, 0. hó [ΔE]	1. hónap [%]	2. hónap [%]	3. hónap [%]	4. hónap [%]
Szobahőmérsékleten tárolt					
FD	4,33	114,5c	136,1c	142,8d	146,5d
3minIR-FD	5,28	101,6a	102,4a	107,8b	108,6b
<u>5minIR-FD</u>	5,87	96,0a	99,5a	104,8a	97,4a
2hHAD-FD	5,99	117,3c	111,3b	122,6c	125,6c
3hHAD-FD	7,24	108,3b	102,5a	111,1b	128,4c
Hűtőberendezésben tárolt					
FD	4,33	107,3c	111,4c	112,4c	113,9c
3minIR-FD	5,68	94,4b	101,3a	99,4a	105,4ab
5minIR-FD	5,87	100,5b	105,3b	103,9b	104,7ab
<u>2hHAD-FD</u>	5,99	99,4a	102,4a	102,9a	100,3a
3hHAD-FD	7,24	103,7bc	105,3b	101,3a	107,3b

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

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

A hűtőberendezésben tárolt menta leveleknél pedig azt tapasztaltuk, hogy a 2hHAD-FD módszerrel tartósított anyagok jellemezhetők a legkisebb differenciával ( $p \leq 0,05$ ) a kontrollhoz képest. Továbbá megállapítható a műszeresen meghatározott eredményekből, hogy a tárolási idő növekedésével a ΔE értékek is növekedtek.

### 3.2. Szárított fodormenta illóolaj-tartalmának változása a tárolási idő alatt

A fodormentát jellemző illékony vegyületek százalékos visszatartási arányát figyelhetjük meg a tárolás során a 3-7. táblázatokban. A visszatartási százalékot úgy számítottuk ki, hogy 100%-nak tekintettük az egyes vegyületek százalékos arányát a szárított (0. hét) mintákban.

A fodormenta levelekben mintegy 25 vegyületet azonosítottunk, ezek közül 7 fő alkotót jelenítünk meg a következő táblázatokban. Díaz-Maroto et al. (2003) mintegy 28 vegyületet azonosítottak a fodormentában, és hasonlóan a saját eredményeinkhez a karvon és a limonén alkotók rendelkeznek a legnagyobb értékekkel.

A szárított mentalevelek összillóolaj-tartalmát elemezve megfigyelhető, hogy a liofilizálásnál tapasztaltuk a legmagasabb értéket, azt követi a 2hHAD-FD, 3minIR-FD, 5minIR-FD és 3hHAD-FD kombinált szárítási megoldások. A gyógynövények illékony alkotóinak megőrzésében a fagyasztva szárítás módszere kimagasló, ezt korábbi kutatási jelentések is alátámasztják (Venskutonis et al., 1996, Venskutonis, 1997).

### 3. táblázat: A tárolt liofilizált (FD) fodormenta levelek illékony alkotóinak eltérése a tárolás alatt

Komponens (mg/100g sz. a.)	Szárított FD, 0. hó	Tárolási időtartam, hónap							
		1. hónap [%]		2. hónap [%]		3. hónap [%]		4. hónap [%]	
		SZ	H	SZ	H	SZ	H	SZ	H
karvon	411,23	99,3a	99,6a	99,1a	99,5a	98,4a	99,4a	98,6a	99,3a
dihidrokarvon	166,47	98,7a	99,1a	98,8a	99,3a	97,5a	98,6a	97,8a	98,7a
limonén	117,89	96,4a	99,3a	96,1a	99,5a	95,3b	99,1a	95,4b	99,2a
menton	78,30	99,4a	99,5a	98,4a	98,9a	99,1a	99,4a	98,3a	99,4a
kariofillén	58,21	98,4a	98,1a	97,6a	98,4a	96,4a	98,5a	96,5a	98,1a
linalool	33,66	95,2b	97,4a	95,1b	97,6a	94,6b	98,1a	94,3b	98,0a
béta-pinén	25,55	99,3a	98,5a	99,1a	99,0a	98,6a	98,4a	97,4a	98,1a
Összillóolaj tartalom [%]	891,31	98,1a	98,7a	97,7a	98,8a	97,1a	98,7a	96,9a	98,7a

Megjegyzés: SZ - szobahőmérsékleten tárolt, H - hűtőberendezésben tárolt abc statisztikai analízis ANOVA Duncan (szignifikanciaszint:  $p < 0,05$ ) teszttel.

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

A szobahőmérsékleten és a hűtőberendezésben tárolt liofilizált (FD) fodormenta levelek összillóolaj-tartalmában a 4 hónapig tartó megőrzési idő alatt szignifikáns eltérés ( $p > 0,05$ ) nem mutatkozott (3. táblázat). Ennek ellenére megjegyzendő, hogy a hűtőben tárolt FD levelek összillóolaj-tartalma magasabb értékeket produkált hónapról-hónapra, mint a szobahőmérsékleten tárolt. Choi–Sawamura (2002) arról számoltak be, hogy a legtöbb illóolaj termolabilis és oxidatív változásoknak van kitéve a levegő és fény hatására a tárolás során. Ez a megállapítás megmagyarázza mi az oka annak, hogy a szobahőmérsékleten tárolt mentalevélben található összillóolaj mennyiség csökkent a 4 hónapos megőrzési idő alatt.

Az illóolaj komponenseket elemezve megállapítható, hogy a limonén és linalool esetében szignifikáns eltérést ( $p < 0,05$ ) mutattunk ki a tárolási módok között, azaz a hűtőberendezésben elhelyezett minták magasabb értéket képviseltek.

A 4. táblázatban megfigyelhető, hogy a hűtőben és a polcon tárolt 3 perces infravörös elő- és fagyasztva utószárított (3minIR-FD) mentalevelek összillóolaj-tartalma között nincs szignifikáns különbség ( $p > 0,05$ ) a 4 hónapos megőrzési terminus alatt. Mindezek mellett megállapítható, hogy a hűtőberendezésben tárolt 3minIR-FD fodormenta levelek összillóolaj-tartalma magasabb lett, mint a szobahőmérsékleten raktározott.

Az illékony vegyületek közül egyedül a kariofillén esetében tapasztaltunk szignifikáns eltérést ( $p < 0,05$ ) a hűtőben és a szobahőmérsékleten tárolt fodormenta esetében.

**4. táblázat: A tárolt 3minIR-FD fodormenta levelek illékony alkotóinak eltérése a tárolás alatt**

Komponens (mg/100g sz. a.)	Szárított 3minIR- FD, 0. hó	Tárolási időtartam, hónap							
		1. hónap [%]		2. hónap [%]		3. hónap [%]		4. hónap [%]	
		SZ	H	SZ	H	SZ	H	SZ	H
karvon	397,55	96,7a	98,6a	97,3a	98,3a	96,4a	98,4a	97,2a	98,2a
dihidrokarvon	148,32	95,4a	98,3a	96,3a	98,8a	95,8a	97,5a	96,4a	97,8a
limonén	112,44	99,3a	99,1a	98,7a	99,4a	98,5a	98,9a	97,6a	98,7a
menton	67,89	97,4a	99,4a	97,0a	99,4a	97,5a	98,4a	96,5a	98,0a
kariofillén	59,69	96,1a	98,7a	96,4a	99,4a	95,2b	99,6a	95,0b	99,4a
linalool	27,26	99,5a	99,2a	99,1a	99,7a	99,0a	98,6a	97,8a	98,6a
béta-pinén	21,23	97,1a	98,4a	97,0a	97,6a	96,7a	97,5a	95,7a	97,1a
Összillóolaj tartalom [%]	834,38	97,4a	98,8a	97,4a	98,9a	97,0a	98,4a	96,6a	98,3a

Megjegyzés: SZ - szobahőmérsékleten tárolt, H - hűtőberendezésben tárolt abc statisztikai analízis ANOVA Duncan (szignifikanciaszint:  $p < 0,05$ ) teszttel.

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

A szobahőmérsékleten és a hűtőberendezésben tárolt 5 perces infravörös elő- és fagyasztva utószárított fodormenta levelek összillóolaj-tartalmában a 4 hónapig tartó megőrzési idő alatt szignifikáns eltérés ( $p > 0,05$ ) nem mutatkozott (5. táblázat).

**5. táblázat: A tárolt 5minIR-FD fodormenta levelek illékony alkotóinak eltérése a tárolás alatt**

Komponens (mg/100g sz. a.)	Szárított 5minIR- FD, 0. hó	Tárolási időtartam, hónap							
		1. hónap [%]		2. hónap [%]		3. hónap [%]		4. hónap [%]	
		SZ	H	SZ	H	SZ	H	SZ	H
karvon	355,12	97,5a	99,4a	96,9a	99,1a	95,8ab	99,2a	95,1b	99,1a
dihidrokarvon	159,22	98,4a	98,9a	98,1a	99,1a	97,6a	98,0a	97,1a	98,0a
limonén	108,23	99,6a	99,3a	99,3a	99,4a	98,7a	99,3a	98,3a	99,1a
menton	67,90	97,8a	98,4a	97,2a	98,5a	97,8a	98,2a	97,7a	98,5a
kariofillén	57,64	96,6a	98,7a	96,4a	99,3a	95,4ab	99,2a	95,4b	99,3a
linalool	25,19	98,4a	98,3a	98,5a	98,1a	97,7a	98,2a	97,2a	98,7a
béta-pinén	18,55	99,1a	99,9a	99,0a	99,5a	98,3a	99,6a	98,5a	99,4a
Összillóolaj tartalom [%]	791,85	98,2a	99,0a	97,9a	99,0a	97,3a	98,8a	97,1a	98,9a

Megjegyzés: SZ - szobahőmérsékleten tárolt, H - hűtőberendezésben tárolt abc statisztikai analízis ANOVA Duncan (szignifikanciaszint:  $p < 0,05$ ) teszttel.

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Viszont a hűtőben tárolt 5minIR-FD mentalevelek összillóolaj-tartalma magasabb értékeket produkált hónapról-hónapra, mint a szobahőmérsékleten tárolt.



Ha a hűtőben és a polcon tárolt 5minIR-FD minták visszatartási százalékos értékét összevetjük a többi módszerrel, akkor megállapíthatjuk, hogy itt a legmagasabb.

A megőrzési idő 4. hónapján azt tapasztaltuk, hogy a polcon tárolt illóolaj komponensek közül a karvon és kariofillén esetében szignifikánsan alacsonyabb ( $p < 0,05$ ) értékeket detektáltunk, mint a hűtőberendezésben.

A 2 órás meleg levegővel történő elő- és fagyasztva utószárított (2hHAD-FD) fodormenta levél tárolása esetében hasonló trend figyelhető meg, mint az előzőeknél (6. táblázat). A hűtőberendezésben tárolt 2hHAD-FD mentalevelek összillóolaj-tartalma hasonló értéket képviselt ( $p > 0,05$ ), mint a szobahőmérsékleten tárolt. Emellett megállapítható, hogy a hűtőben megőrzött fodormenta levelek kismértékben magasabb összillóolaj-tartalommal rendelkeznek, mint a polcon tárolt minták.

**6. táblázat A tárolt 2hHAD-FD fodormenta levelek illékony alkotóinak eltérése a tárolás alatt**

Komponens (mg/100g sz. a.)	Szárított 2hHAD- FD, 0. hó	Tárolási időtartam, hónap							
		1. hónap [%]		2. hónap [%]		3. hónap [%]		4. hónap [%]	
		SZ	H	SZ	H	SZ	H	SZ	H
karvon	402,56	97,4a	98,7a	97,5a	98,2a	96,8a	97,7a	96,2a	97,5a
dihidrokarvon	169,26	99,5a	99,5a	99,1a	99,4a	98,4a	99,2a	97,3a	99,3a
limonén	106,32	96,4a	98,5a	96,7a	98,6a	95,6a	98,5a	94,5b	98,4a
menton	69,55	98,6a	98,8a	97,5a	98,3a	97,4a	98,0a	96,8a	98,1a
kariofillén	62,78	95,2b	99,3a	94,6b	99,1a	94,5b	98,9a	94,6b	98,5a
linalool	31,22	97,9a	98,8a	97,9a	98,3a	98,2a	98,5a	97,8a	98,0a
béta-pinén	22,78	99,1a	99,0a	98,5a	98,8a	98,1a	97,9a	97,7a	97,3a
Összillóolaj tartalom [%]	864,47	97,7a	98,9a	97,4a	98,7a	97,0a	98,4a	96,4a	98,2a

Megjegyzés: SZ - szobahőmérsékleten tárolt, H - hűtőberendezésben tárolt abc statisztikai analízis ANOVA Duncan (szignifikanciaszint:  $p < 0,05$ ) teszttel.

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Az analizált illóolaj komponensek esetében a polcon raktározott limonén-nél és kariofillén-nél tapasztaltunk szignifikánsan alacsonyabb értéket ( $p < 0,05$ ), a hűtőben tárolt mintákhoz képest.

A 7. táblázatban megfigyelhető, hogy a hűtőben és a polcon tárolt 3 órás meleg levegős elő- és fagyasztva utószárított (3hHAD-FD) mentalevelek összillóolaj-tartalma között nincs szignifikáns különbség ( $p > 0,05$ ) a 4 hónapos megőrzési idő alatt. Mindezek mellett megállapítható, hogy a hűtőberendezésben tárolt 3hHAD-FD fodormenta levelek összillóolaj-tartalma magasabb lett a szobahőmérsékleten raktározott mentánál.

**7. táblázat A tárolt 3hHAD-FD fodormenta levelek illékony alkotóinak eltérése a tárolás alatt**

Komponens (mg/100g sz. a.)	Szárított 3hHAD- FD, 0. hó	Tárolási időtartam, hónap							
		1. hónap [%]		2. hónap [%]		3. hónap [%]		4. hónap [%]	
		SZ	H	SZ	H	SZ	H	SZ	H
karvon	349,44	97,6a	98,8a	97,8a	98,3a	97,8a	98,0a	97,5a	98,4a
dihidrokarvon	128,43	98,6a	99,5a	98,5a	99,1a	98,4a	98,7a	97,7a	98,8a
limonén	99,45	96,7a	97,8a	96,1a	97,9a	95,4a	97,6a	95,3a	97,0a
menton	61,34	99,2a	99,1a	98,5a	99,0a	98,4a	99,5a	97,9a	99,2a
kariofillén	53,89	97,3a	98,3a	94,4b	99,2a	95,5b	99,0a	95,3ab	98,4a
linalool	26,32	99,6a	98,5a	99,4a	98,2a	99,5a	97,7a	99,0a	98,3a
béta-pinén	16,43	98,5a	99,5a	98,3a	99,4a	98,0a	99,5a	96,5b	99,1a
Összillóolaj tartalom [%]	735,30	98,2a	98,8a	97,6a	98,7a	97,6a	98,6a	97,0a	98,5a

Megjegyzés: SZ - szobahőmérsékleten tárolt, H - hűtőberendezésben tárolt abc statisztikai analízis ANOVA Duncan (szignifikanciaszint:  $p < 0,05$ ) teszttel.

Forrás: a szerző saját szerkesztése.

Az illékony vegyületek közül a kariofillén és béta-pinén esetében tapasztaltunk szignifikáns eltérést ( $p < 0,05$ ) a hűtőben és a szobahőmérsékleten tárolt fodormentánál, a hűtőberendezésben elhelyezett javára.

A szobahőmérsékleten tárolt mentalevél illóolaj komponenseinek csökkenése a 4 hónapos megőrzési idő alatt mindegyik szárítási módszer esetében megfigyelhető. Eredményeinkhez hasonlóan Abd El-Aleem–Hamed (2018) kimutatta, hogy a levegőn szárított mentalevél főbb illóolaj vegyületei a polcon ( $T=22-25\text{ °C}$ , rel. páratartalom=50-60%, PE csomagolás) 4 hónapos tárolási idő alatt csökkentek.

Ellentétben illóolaj magtartási eredményeinkkel Rowshan et al. (2013) megállapította, hogy levegőn szárított kakukkfű szobahőmérsékleten ( $T=25\text{ °C}$ ) nagyobb mennyiségben tartotta meg a teljes illóolaj mennyiséget, mint hűtőberendezésben ( $T=4\text{ °C}$ ) a 3 hónapig tartó tárolás alatt. Viszont a komponensek tekintetében a béta-pinén, a limonén és a kariofillén a hűtőberendezésben tárolt mentalevélben nagyobb mennyiséget detektáltak, mint a szobahőmérsékleten. A linalool esetében mindez fordítva alakult.

#### 4. Következtetések

Ebben a tanulmányban két különböző tárolási kondíciónál vizsgáltuk 4 hónapon keresztül a liofilizált és kombinált vízelvonási módszerekkel tartósított fodormenta (*Mentha spicata* L.) levél színének és illóolaj-tartalmának változását.

A fodormenta leveleket három különböző dehidrálnási eljárás keverésével szárítottuk, azaz liofilizálással (FD), infravörös elő- és fagyasztva utószárítással (IR-FD) és meleg levegős-fagyasztva szárítással (HAD-FD). A vízelvonás után a leveleket polietilén csomagokba porcióztuk.

A színvizsgálatból megállapítottuk, hogy a szobahőmérsékleten raktározott mentalevél színe nagyobb színváltozáson ment keresztül, mint a hűtőberendezésben tárolt. Különösen magas, szignifikáns színeltéréssel rendelkezik a liofilizált minta a többi termékhez képest a levél fokozatos fakulása miatt. A polcon tárolt 5 perces infravörös elő- és fagyasztva utószárított (5minIR-FD) és a hűtőben megőrzött 2 órás meleg levegős-fagyasztva szárított (2hHAD-FD) levelek színe a 4 hónapos tárolás végére változatlan maradt.

A 4 hónapig tartó tárolási idő alatt a fodormenta összillóolaj-tartalma mindkét tárolási módszernél csökkenő tendenciát mutatott, közöttük szignifikáns eltérést nem tudtunk kimutatni.

Illóolaj megtartással kapcsolatos eredményeink alapján egyértelmű, hogy az idő múlásával az alacsonyabb forráspontú vegyületek értékei csökkentek a hűtőszekrényben, és különösen a szobahőmérsékleten. Polietilén csomagolásba helyeztük a fodormenta leveleket, az oxigén jelenléte is felgyorsíthatta az oxidáló vegyületek csökkenését a tárolás során.

Mivel szignifikáns különbséget nem detektáltunk, csak kisebb mértékű mennyiségi különbséget a hűtőben és a polcon tárolt levélminták színében és összillóolaj-tartalmában, ezért az alacsonyabb költségű szobahőmérsékleten történő termék raktározást javasoljuk fodormenta esetében.

Összefoglalva a szín- és illóolaj vizsgálat eredményeit az 5 perces infravörös elő- és fagyasztva utószárítás (5minIR-FD) javasolt az energiapazarló liofilizálás (FD) helyett. Mivel a fagyasztva szárítás művelete 13 óra alatt zajlott le, az 5minIR-FD kombinált vízelvonási módszeré pedig 7 óra alatt, ezért az 5minIR-FD szárítás működési ideje mintegy 46%-kal alacsonyabb, mint az FD működési ideje.

## Köszönetnyilvánítás

A folyóiratcikk a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

## Irodalomjegyzék

- Abd El-Aleem, W. H., Hamed, E. S. (2018): Effect of storage on the physical and chemical ingredients of Siwa mint (*Mentha spicata* L. cv. Siwa) plants. *International Journal of Herbal Medicine*, 6: 44–50.
- Al-Tawaha, A., Al-Karaki, G., Massadeh, A. (2013): Comparative response of essential oil composition, antioxidant activity and phenolic contents spearmint (*Mentha spicata* L.) under protected soilless vs. open field conditions. *Advances in Environmental Biology*, 902–911.
- Ayadi, M., Mabrouk, S. B., Zouari, I., Bellagi, A. (2014): Kinetic study of the convective drying of spearmint. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13 (1): 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2013.04.004>
- Choi, H. S., Sawamura, M. (2002): Effects of storage conditions on the composition of Citrus tamurana Hort. ex Tanaka (hyuganatsu) essential oil. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 66 (2): 439–443. <https://doi.org/10.1271/bbb.66.439>
- Díaz-Maroto, M. C., Pérez-Coello, M. S., Gonzalez Vinas, M. A., Cabezudo, M. D. (2003): Influence of drying on the flavor quality of spearmint (*Mentha spicata* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (5): 1265–1269. <https://doi.org/10.1021/jf0208051>

- Fatouh, M., Metwally, M. N., Helali, A. B., Shedid, M. H. (2006): Herbs drying using a heat pump dryer. *Energy Conversion and Management*, 47 (15-16): 2629–2643. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2005.10.022>
- Kaur, P., Kumar, S., Arora, S., Chawla, N., Singh, M. (2009): Influence of different drying techniques on quality of spearmint (*Mentha spicata* L.). *Journal of Food Science and Technology* (Mysore), 46 (5): 440–444.
- Mohapatra, D., Giri, S. K., Prasad, S., Kar, A., Nema, P. K. (2014): Vacuum-microwave drying characteristics of spearmint leaves. *Journal of Food Research and Technology*, 2 (2): 87–92.
- Nalawade, S. A., Ghiwari, G. K., Hebbar, H. U. (2019): Process efficiency of electromagnetic radiation (EMR)-assisted hybrid drying in spearmint (*Mentha spicata* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 43 (11): e14190. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14190>
- Nozad, M., Khojastehpour, M., Tabasizadeh, M., Azizi, M., Miraei Ashtiani, S. H., Salarikia, A. (2016): Characterization of hot-air drying and infrared drying of spearmint (*Mentha spicata* L.) leaves. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10 (3): 466–473. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9325-0>
- Prasna, L. (2000): Mentafajok. In: *Gyógy- és aromanövények*. (Szerk.: Bernáth, J.) Mezőgazda Kiadó, Budapest, 426–432.
- Rápoti, J., Romvári, V. (1972): *Gyógyító növények*. Medicina Kiadó, Budapest, 84–85, 132–133.
- Rowshan, V., Bahmanzadegan, A., Saharkhiz, M. J. (2013): Influence of storage conditions on the essential oil composition of *Thymus daenensis* Celak. *Industrial Crops and Products*, 49: 97–101. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.04.029>
- Venskutonis, R., Poll, L., Larsen, M. (1996): Influence of drying and irradiation on the composition of volatile compounds of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Flavour and Fragrance Journal*, 11 (2): 123–128. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1026\(199603\)11:2<123::AID-FFJ555>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1026(199603)11:2<123::AID-FFJ555>3.0.CO;2-1)
- Venskutonis, P. R. (1997): Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). *Food Chemistry*, 59 (2): 219–227. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00242-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00242-7)