

TÓTH CSILLA – MOLNÁR BEATRIX

ÖSSZEFÜGGÉS EGYES ALMAFAJTÁK TÁROLHATÓSÁGA ÉS AZ ALMAHÉJ MIKROSZERKEZETE KÖZÖTT

THE CORRELATION BETWEEN THE STORAGE OF SOME APPLE CULTIVARS AND THE MICROANATOMY OF APPLE PEEL

ÖSSZEFOGLALÓ

Az alma tárolásának alapvető célja a gyümölcs fogyasztási idejének meghosszabbítása. A tárolás körülményeinek, a tárolás technológiájának biztosítania kell a gyümölcs élettani folyamatainak (légzés, enzimatikus tevékenység) minimalizálását, biztosítania kell a termés húske ménységének állandóságát, meg kell akadályoznia az alma apadását, a benne lévő sav-, íz- és illatanyag-tartalom csökkenését. Mindezt elsősorban az alma lehűtésével érhetjük el. A hagyományos, normál légterű hűtőtárolókban azonban így is elég nagy lehet a tárolási veszteség, és gyakran kifogásolható a minőség is. Az almatermés sajátos mikroanatómiai jellemzőkkel rendelkezik, amelyek a termés eltarthatóságát biztosítják. A termés borító epidermiszsejtjeinek, az epidermiszt borító kutikulának vastagsága, az epidermiszréteget áttörő lenticellák egységnyi területre eső száma, „nyitott” estleg „zárt” volta, az egységnyi felületre eső sztomák, „mikrorepedések” mennyisége, az epidermisz rétege alatt elhelyezkedő hipoderma sejtsorainak száma, vastagsága nagymértékben befolyásolhatja az alma eltarthatóságát. Az almatermés fajtánként eltérő mikroanatómiai paraméterei alátámaszthatják és értelmezhetőbbé tehetik azon megállapításokat, hogy az egyes almafajták tárolásra vonatkozó technológiai igénye eltérő. A fentiek alapján vizsgálatunk célja az összefüggések keresése az egyes almafajták tárolhatósága és az almahéj mikroszerkezete között volt. Vizsgálataink során hat almafajta (Florina, Idared, Golden, Topaz, Jonagored, Remo) héja jellemző mikroanatómiai paramétereinek vizsgálatát végeztük el, vetettük össze a kapott mért eredményeket az ezen almafajták tárolhatóságára vonatkozó ismeretekkel.

Kulcsszavak: almahéj, mikroanatómia, epidermisz, kutikula, hipoderma, tárolhatóság

ABSTRACT

The basic purpose of apple storage is to extend the consumption season of the fruit. The storage conditions and the storage technology must ensure the minimization of the fruit's physiological processes (respiration, enzymatic activity), ensure the constancy of the hardness of the fruit's flesh, prevent the apple from shrinking, and the reduction of its acid, flavor, and aroma content. All of this can be achieved primarily by cooling the apple. However, the storage loss in traditional, normal-air refrigerated storage can still be quite high, and the quality is often objectionable. The apple fruit (pomum) has specific microanatomical characteristics that ensure the product's shelf life. The thickness of the epidermal layer covering the fruit, the cuticle covering the epidermis, the number of lenticels breaking through the epidermis layer per unit area, whether they are "open" or "closed", the number of stomata and "microcracks"

per unit area, the number of cell rows of the hypodermis located under the epidermis layer, its thickness can greatly affect the shelf life of the apple. The different microanatomical parameters of the apple fruit (pomum) per cultivar can support and make more interpretable the findings that the technological requirements of each apple cultivar for storage are different. Based on the above, the purpose of our study was to find correlations between the storability of each apple cultivar and the microstructure of the apple peel. In the course of our research, we examined the characteristic microanatomical parameters of the peel of six apple cultivars (Florina, Idared, Golden, Topaz, Jonagored, Remo), and compared the obtained measured results with the knowledge about the storability of these apple varieties.

Keywords: apple peel, microanatomy, epidermis and cuticle, hypoderm, storability

1. Bevezetés

Az alma (*Malus × domestica* Borkh.) az egyik legkedveltebb és legnagyobb mennyiségben termesztett mérsékelt égövi gyümölcs a világon. Míg hazánkban az almatermesztés mennyiségét tekintve kisebb mértékű csökkenést, addig a világ almatermesztése mennyiség tekintetében az elmúlt tíz évben inkább növekvő tendenciát mutatott. Európában az EU adja a termés majdnem kétharmadát. Ezen belül az alma termésének 60%-át együtt három ország, Lengyelország (2,8 millió tonna), Olaszország (2,2 millió tonna) és Franciaország (2 millió tonna) biztosítja. Magyarország részaránya évenként kisebb-nagyobb eltéréssel 6-7% körül mozog.

Hazánk éghajlati adottságai kiválóan megfelelnek a minőségi almatermesztésnek. Az évi átlagos almatermés 500 ezer tonna körüli, ami az összes megtermelt gyümölcs 40%-át jelenti. A megtermesztett almának mindösszesen csak 20-30%-a étkezési alma. Ennek valószínűsíthető oka, hogy Magyarországon magas (30-40%) az előregedett ültetvények aránya, kis területeken találunk korszerű, intenzív ültetvényeket (Apáti, 2010). Almatermesztésünkben a Jonathan, az Idared, a Golden delicious típusok és a Red delicious csoport fajtái a meghatározóak, mintegy 70-80%-ot tesznek ki. Az 1995 után létesített, korszerű, intenzív ültetvényekben azonban az ún. egyéb és rezisztens fajták aránya a jellemző (Tóth, 2006).

Az almának is, mint minden gyümölcsnek, megvan a saját szezonalitása. Köszönhetően azonban a hűtőházi tárolási rendszerek sikerességének, az almához az év minden napján hozzá lehet jutni. Az egyes almafajták érésiológiai sajátosságai nagyban befolyásolják az eltarthatóság hosszát, ugyanakkor a hűtőházi tárolás sikerességét jelentősen meghatározzák a tenyészidő alatti ökológiai és termesztéstechnikai körülmények is. Ezen tényezőkön túl azonban az almatermés felszínét borító kutikula (epikutikuláris wax) az, melynek tárolhatóságban betöltött szerepe nem elhanyagolható. Ez a növényi kutikula, mely a növények felszíni részeit borító hidrofób struktúra, élettani, biokémiai és növényvédelmi szempontból is nélkülözhetetlen és jelentős határfelület.

A kutikulának a növények szárazföldre történő kilépésétől kezdve kitüntetett szerepe van a száraz körülményekhez történő adaptációban, ezen túlmenően pedig a föld feletti részeket érő stresszek kivédésében, az azokra adott válaszokban – legyen szó biotikus vagy abiotikus stresszről, úgy mint a szárazság-, só- és nehézfém-stressz (Tóth, 2021; Tóth et al., 2022; Simon et al., 2022). A kutikula jelenléte növényi képleteken, szerveken, terméseken nagy kertészeti jelentőséggel bír. A terméseken egyrészt patogén kórokozókkal szembeni védőgátként funkcionál (rajta csak azok a patogének képesek átjutni, amelyek speciális, kutikulát bontó enzimek előállítására képesek). A terméseket borító kutikulának pedig kiemelkedő szerepe van a termések egyébként szabályozatlan vízvesztésének, párologtatásának a meggátlásában. A vízvesztésben nem elhanyagolható a termést határoló epidermiszen található lenticellák, valamint a mikrorepedések szerepe sem. A gyümölcsök felszínén az érés előrehaladtával relatíve kevés sztóma (gázcserenyílás) található, a felszínen található lenticellák ugyanakkor gázcserenyílásként szolgálnak az érett terméseken, lenticelláris transzspirációt okozva. Az epidermisz rétege alatt elhelyezkedő hipoderma sejtsorainak száma, vastagsága szintén nagy hatással van a hűtés és tárolás sikerességére.

Az almatermés fajtánként eltérő mikroanatómiai paraméterei alátámasztják és értelmezhetőbbé tehetik azon megállapításokat, hogy az egyes almafajták tárolásra vonatkozó technológiai igénye eltérő. Az almafajták termésének mikroanatómiai jellemzőire vonatkozó ismeretek azonban jelenleg meglehetősen szerénynek mondhatók.

Vizsgálataink során a célkitűzéseink a következők voltak: megvizsgálni, hogy milyen különbség tapasztalható az egyes almafajták almahéjának mikroszerkezetében; az egyes fajták esetében hogyan alakul az almahéj mikroszerkezete az almatermés különböző érési fázisaiban; a tárolás során bekövetkező vízvesztés alakulását befolyásolhatja-e az almahéj mikroanatómiája a Florina, Idared, Golden, Topaz, Jonagored, valamint Granny Smith almafajták esetében; ismerve a vizsgált almafajták tárolhatóságára vonatkozó tapasztalatokat, a tárolhatóságban lehet-e szerepe az almahéjat kívülről határoló kutikulának, az alatta elhelyezkedő epidermisznek, hipodermának, illetve az epidermiszt átjáró lenticelláknak.

2. Irodalmi áttekintés

Az alma Magyarország legjelentősebb gyümölcse. Míg termesztési területe az ezredfordulón közel 40 ezer hektárnyi volt, napjainkban mindösszesen 25 000 ha (Gonda–Apáti, 2013) körüli az ültetvények összes területe. A legnagyobb almatermő terület az észak-alföldi régióban és ezen belül Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyében található (Gonda, 2004). Almatermesztésünk az elmúlt

években nagy szélsőségek (171–780 ezer tonna) között ingadozott. Ez az EU almatermesztésének évente 6-7%-át adja, a világ összes termésének pedig 0,9%-át (Harsányi et al., 2005; Racskó–Szabó, 2004; Szabó–Racskó, 2004; Racskó, 2005).

A KSH oldalán megtekintett adatok szerint a hazai termőterület az elmúlt években folyamatosan csökkent, 2015 és 2019 között 32.803 hektárról 30.974 hektárra, míg 2020-ban csak 25.973 hektáron termesztettek almát. Ezzel együtt a betakarított összes termés is tonnában mérve egyre kevesebb. A fentebb említett időszakban 511.460-ról 498.330 tonnára apadt. 2020-ban ez a mennyiség tovább csökkent 398.700 tonnára.

A leszedett, válogatott, osztályozott almát tárolásra alkalmas helyiségekben tartjuk el az értékesítésig. Kisebb mennyiségű almát termelőüzemben is tárolhatunk, erre a célra épített tárolókban. Nagyobb mennyiségű almát hűtőházban tárolunk. Jól szellőző, hűvös helyiségben az alma utóérik, néhány hétig jó állapotban eltartható.

A gyümölcs tárolhatóságát a tárolás módja nagyban befolyásolja. Különböző tárolási eljárásokat alkalmazunk. Ezek közül a legismertebbek az ún. egyszerű vagy száraz tárolás, a változatlan légterű (VL), a szabályozott légterű (SZL) és a legmodernebbnek számító, ún. ULO-tárolás. Az ún. ULO-tárolás a szabályozott légterű tárolásnak az a formája, amikor a helyiség oxigéntartalmát nagyon alacsony (pl. 0,1%) értéken tartják. Így radikálisan csökkennek a lebomlási folyamatok, és pl. alma esetében 9-10 hónapig is tárolhatunk (Gonda–Vaszily, 2014; Sass, 1986, 1997).

A tárolhatóság időtartama almafajtánként erősen változó. Az általunk vizsgált fajták közül a Florina és a Jonagored fajta tárolhatóságának időtartama 3-5, a Granny Smith fajtáé 2-8 hónap. A Golden delicious, valamint a Topáz fajta tárolhatóságának időtartama ugyanakkor 6-6 hónap. Az Idared fajta tárolhatósága kiemelkedőnek mondható, hiszen májusig, akár júniusig is tárolható optimalizált körülmények között (tárolhatóságának időtartama 7-8 hónap) (Pethő, 1984). A tárolhatóságot a tárolási körülményeken túl az egyes fajták almaterméseinek szövettani felépítése is nagyban befolyásolhatja.

Az almatermés általános mikroanatómiai felépítésére vonatkozó, legrészletesebb leírás Konarska (2014) munkájából származik, aki a Ligor almafajta epidermiszének vizsgálatán át ad képet annak mikromorfológiai jellemzőiről. Hangsúlyozza, hogy az alma tárolhatósága nagymértékben függ az almahéj mikroanatómiai szerkezetétől: a kutikula az epikutikuláris waxréteggel, az epidermisz és az alatta elhelyezkedő hipoderma vastagsága nagyban hozzá tud járulni az almatárolás sikerességéhez. Rajta kívül Veraverbake et al. (2001), Ghafir et al. (2009), Faust–Shear (1972), Roy et al. (1994), Belding et al. (1998), Miller (1984), valamint Maguire et al. (1999) és Babos et al. (1984)

szintén említést tesznek a termést határoló epidermiszréteg jellemző paramétereiről, illetve ezen paraméterek tárolás hatására bekövetkező változásairól.

A fenti kutatók egybehangzóan megállapítják, hogy az almatermést feszes falú sejtekből álló, egy sejt soros epidermisz határolja. Ezen epidermiszsejtek radiális sejtfa 40%-kal hosszabb, mint azok tangenciális sejtfa. Az irodalmi adatok alátámasztják, hogy az epidermiszsejtek radiális sejtfalának hossza akár 80%-kal, ugyanakkor a tangenciális sejtfalának hossza több mint 70%-kal is növekedhet a tárolás folyamán. Az epidermiszsejtek tág lumennel rendelkeznek, melynek kiterjedése a tárolás során csökken.

Irodalmi adatok bizonyítják, hogy az epidermisz vastagságának alakulása jelentős eltérést mutat nemcsak az egyes fajták esetében, hanem egy fajtan belül az évjáráthatás is befolyásolja az epidermális réteg (és a kutikula) vastagságának alakulását. Homutová – Blažek (2006) a Gala Must almafajtan végzett megfigyeléseik során megállapították, hogy 2003-ban a rendkívüli forró nyár (július, augusztus) és a sok napsütés az azt megelőző évek átlagnál jelentősen vastagabb epidermiszréteg kialakulását idézte elő. Az évjáráthatás almahéjvastagságra gyakorolt hatását vizsgálva Babos et al. (1984) szintén hasonló eredményekre jutott.

Magán a termésen sem egyenletes az epidermisz vastagsága: a kocsány felőli részén vastagabb az epidermisz, mint a termés csúcsán, a maximális gyümölcsátmérő pontján a kettő közötti átmenti értékek mérhetők (Knuth–Stösser, 1987; Homutová, 2005). Az árnyékosabb viszonyok között termett termés esetében mind az epidermiszréteg, mind a kutikula vastagabb, mint a napsütötte oldalon fejlődött termések esetében (Babos et al., 1984). A későn érő fajták termései szintén vastagabb kutikula- és epidermális rétegekkel rendelkeznek, mint a korábban érő gyümölcsök. Magasabb tengerszint feletti magasságban elhelyezkedő termesztési régiókból származó almatermések esetében mind az epidermisz, mind a kutikula vékonyabb, több a sztómák és lenticellák száma, valamint hosszabbak az epidermális sejtek, melyhez vastagabb hipodermális réteg társul (Kumachova, 2003).

A peridermán nyílások formájában jelennek meg a paraszemölcsök, azaz a lenticellák. Ezek parát nem tartalmazó töltősejtek beékelődésével jönnek létre. Sejt közötti járataik révén némi anyagforgalmat biztosítanak a termés belső szövetei és a külső környezet között. A túl sok lenticella a tárolhatóság szempontjából két alapvető problémát vet fel: egyrészt kaput jelentenek patogén kórokozók számára, másrészt pedig számuk növekedésével a termés intenzívebb transzspirációjához, ezáltal vízvesztéséhez járulnak hozzá. A lenticellák egy része parával van kitöltve („zárt lenticellák” – ezek többnyire barnás színűek a tanninberakódás következtében [Miller (1984)], ez gátolja a termés légzését, de nagyobbik hányaduk teljesen nyitott („nyitott lenticellák”), mely

nyilván a tárolás alatti légzésfokozódáshoz nagyban hozzájárul (Miller, 1984; Maguire et al., 1999; Veraverbake et al., 2003a).

Az epidermiszen minden esetben megfigyelhetők mikrorepedések (mikrocrack), melyek az epidermisz folytonosságát szintén megtörő lenticellákkal együtt fontos szerepet töltenek be a termés transzspirációjában és vízvesztésében. Többen megállapítják, hogy a termés érésével együtt járó térfogat-növekedés során az epidermális kutikula még inkább repedezetté válhat, tovább nőhet az ún. mikrorepedések száma, számos fajta esetében emelkedhet a lenticellák egységnyi területre eső száma is. Ezek csökkentik a gyümölcs káros hatásokkal szembeni ellenálló képességét, ronthatják a termés tárolhatóságát (Veraverbake et al., 2003a). Ezen változások felgyorsítják a gyümölcs öregeződését, csökken a termés tömege, a hús szilárdsága, mely folyamatok mögött a fenti epidermális változások okozta intenzívvé váló transzspiráció áll (Höhn, 1990; Link et al., 2004).

Az epidermiszt kutikula borítja. Veraverbake et al. (2001), valamint Ghafir et al. (2009) véleménye szerint a tárolás során a kutikula vastagsága a szedési állapothoz képest akár 83%-kal is csökkenhet. Megállapítják, hogy a tárolt alma súlyvesztése nemcsak a tárolási időszak hosszával nő arányosan, hanem abban jelentős szerepet játszik az epikutikuláris viaszréteg vastagsága is. A vastagabb, érés során vastagodó kutikula a transzspiráció csökkentésében, illetve magának a gyümölcs belsejének, az abban lejátszódó élettani folyamatoknak a külső környezettől történő izolálásában játszik fontos szerepet (Faust–Shear, 1972; Roy et al., 1994; Belding et al., 1998; Veraverbake et al., 2001, 2003b).

Összességében megállapítható, hogy az almahéj „masszívabb” mikroszerkezete ugyan a biztosabb tárolásra teszi alkalmassá a termést, csökkenti az alma öregeződését, vízvesztését, a tárolási veszteséget a tárolás során, ezeken túl segít megőrizni a gyümölcsök tökéletes megjelenését az értékesítés előtt, de ez a vastagabb almahéj akár hátrányt is jelenthet bizonyos fogyasztói körben, befolyásolhatja organoleptikus megítélését.

3. Anyag és módszer

A vizsgált almafajták a Nyírtass határában, a 074/28 helyszínrajzi szám alatt található 1 hektáros ültetvényből származtak. Az ültetvény fizikai talajfélesége homok, talajtípusa humuszos homok. A talaj kémhatása semleges. A talajvizsgálat eredményeit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A mintaterület talajának vizsgálati eredményei (2020)

Vizsgált paraméterek	Mérési eredmények
Szint mélysége (cm)	0-30

pH-KCl (-)	7,04
Arany-féle kötöttségi szám (KA)	<25
Vízben oldható összes só (m/m%)	<0,02
CaCO ₃ (m/m%)	<0,1
Szervesanyag-tartalom (m/m%)	0,87
NO ₃ ⁻ - N + NO ₂ ⁻ - N (mg/kg)	7,89
P ₂ O ₅ (mg/kg)	86,1
K ₂ O (mg/kg)	91,5

Forrás: Magyar Kertészeti Szaporítóanyag Nonprofit Kft. Talaj- és Növényvizsgáló Laboratórium (Újfehértó) talajvizsgálati eredményei (2020)

A mintaterület éghajlati adottsága a Nyírség makro- és mikroklímájának jellemzőit mutatja. A csapadék éves átlaga 650 mm, a tenyészidőszakban 350 mm. A három nyári hónap (június, július, augusztus) a legcsapadékosabb. Januártól márciusig mindösszesen 30-35 mm/hó csapadék hullik. Az időjárást a korai tavaszi szárazság jellemzi. A nyár eleji jégesők gyakorisága nagy, gyakoriak a nyári viharos szelek is. Az évi középhőmérséklet 10,6 °C, leghidegebb hónap a január (-2,6 °C), legmelegebb hónap az augusztus (21,1 °C). A fagyos napok száma 103 nap, a hőségnapok száma évente átlag 20 nap. A napsütéses órák száma 2038 óra, ennek értéke a nyári fél évben 1476 óra, a téli fél évben 562 óra. 2021-ben a tavasz kifejezetten hűvös és alapvetően csapadékos volt, ami egy megcsúszott virágzást és terméskötést eredményezett. A nyár meleg volt, az őszi enyhe. A nyarat a csapadékszegénység jellemezte, a tenyészidőszakban mindösszesen 287 mm csapadék hullott, a június pedig extrémén száraz volt (9 mm havi csapadék), amihez magas középhőmérséklet társult (21,5 °C). A legmelegebb hónap a július volt (23,5 °C). Júliustól szeptemberig hullott le az egész tenyészidőszak összcsapadék-mennyiségének több mint 50%-a (156 mm). A nyár végi meleg és a kedvező mennyiségű csapadék kedvezett a termésérésnek.

A mintaterületen alkalmazott agrotechnikai elemek a következők voltak: A metszés februárban kezdődött. A rügyfakadás előtt réztartalmú szerrel tavaszi lemosó permetezés történt. A márciustól májusig tartó, jellemzően hűvösebb, csapadékosabb idő kedvezett a már áttelelt gombabetegségeknek, a rovarok felszaporodásának, ezért a virágzás során méhkímélő permetszerekkel (Chorus 75 WG; Merpan 80 WDG; Calypso 480 EC, Thiovit) történt védekezés. A termésérést követően a termés megvédése érdekében 10-14 naponta ismétlődtek a permetezések. A permetezőszerek a következők voltak: Score, Mospilane, Chorus, Bayleton, Calypso, Merpan, Dithane. Az őszi folyamán, miután a leveleknek már 80%-a lehullott, őszi lemosó permetezést került alkalmazásra, rézoxikloriddal. Mivel a mintaterületen a sorközök 2016-ban füvesítésre kerültek, a vegetációs időszakban megtörtént azok ötszöri kaszálása.

A szövettani vizsgálatainkhoz az azonos termesztési területről, azonos agrotechnikai körülmények között termesztett almatípusainkból kiválasztottuk a vizsgálni kívánt, eltérő tárolhatósági időtartammal rendelkező fajtákat: Florina, Idared, Golden, Topaz, Jonagored, Granny Smith. Annak érdekében, hogy lekövethetők legyenek a termésérés során az almahéj mikroszerkezetében bekövetkező változások, mindegyik fajta esetében szeptemberben, októberben és novemberben begyűjtöttük az érés különböző fázisaiban lévő almaterméseket. 2021-ben Nyírtasson a hosszú télnek, így a vegetációs idő eltolódásának köszönhetően még novemberben is tudtunk betakarítani ép, egészséges terméseket.

Valamennyi vizsgálatba vont almafajta esetében mind a betakarításkor, mind a különböző érési fázisban gyűjtött minták esetében az almatermés epidermiszének vizsgálatához 5x10 mm-es friss almahéjból (mely 2 mm vastagságú parenchimatikus szövetréteggel rendelkezett) készítettünk zsilletpengével keresztmetszeteket. Az almahéjdarabokat egységesen az almatermés legnagyobb kerületű régiójából emeltük ki. Az elkészített metszeteket desztillált vízcseppbe helyezve, fedőlemezzel lefedve fénymikroszkóppal (Olympus BX51 típus) vizsgáltuk.

A keresztmetszeteken a következő mikroanatómiai paramétereket mértük: kutikulavastagság, az epidermiszsejtek magassága és szélessége, a hipodermális kollenchimaréteg vastagsága és sejtsorainak száma. A keresztmetszeteket 10x20-as, illetve 10x40-es nagyításban vizsgáltuk és fényképeztük. A képeket VSI RZ302 3M CMOS kamerával digitálisan archiváltuk, ezt követően mérőprogram segítségével mértük a fent említett paramétereket.

Az alma héjának külső felszínén elvégeztük az egységnyi területre (cm²) eső lenticellák számlálását. Valamennyi általunk vizsgált kvantitatív jellemzőt 5 ismételtsben mértük, a mérési értékeket átlagoltuk.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Az almahéj jellemző mikroanatómiai paramétereinek alakulása a vizsgált almafajták esetében a betakarítás időpontjában

A vizsgált almafajták közül a relatíve rövid tárolhatósággal (3–5 hónap) bíró **Florina** fajta termése erősen hamvas, felszínét fehér paraszemölcsök (lenticellák) borítják. Esetében a kutikula vastagságának mért értéke átlagosan 2,38 µm. Ez a viszonylag vastagabb kutikula azonban egy meglehetősen vékony vastagságú (átlag 5,98 µm) epidermiszréteget takart. Ezen fajta esetében az egységnyi területre eső lenticellák száma a vizsgált fajták között a második legnagyobb értéket adta, átlag 14 db/cm² lenticellát lehetett regisztrálni (2. táblázat).

Míg a vastagabb kutikularéteg csökkentőleg hathatna a termés vízvesztésére, addig a lenticellák a rajtuk történő transzspirációval a termés gyorsabb ütemű apadását idézhetik elő. Az epidermiszréteg alatti hipodermális kollenchimaréteg vastagsága az összes fajta között a legkisebb volt, mindösszesen 21,54 μm , mely szintén gyenge gátat jelent a parenchimatikus rétegek vízvesztését illetőleg. Ugyanakkor a fajta esetében találtuk az egyik, mikrorepedések által a legjobban tagolt epidermiszt, mely tulajdonság szintén kedvezőtlen a termés vízvesztése szempontjából.

A rendkívüli jó tárolhatósággal (7-8 hónap) rendelkező **Idared** almafajta termésének húsa kemény, puhulásra nem hajlamos. Kutikulájának vastagsága aránylag nagynak (átlag 2,11 μm) mondható. A kutikula alatt elhelyezkedő epidermiszréteg vastagsága átlagosan 8,79 μm (2. táblázat), ami közepesnek tekinthető a vizsgált almafajták között. Érdekes tényként lehetett regisztrálni, hogy ezen almafajta epidermiszsejtjeiben antociántartalmú kisebb-nagyobb (kromo)plasztiszok (antocianoplasztok) helyezkednek el (1. ábra). A legtöbb almafajta esetében azonban antocianidin típusú vegyületek csak a hipodermális réteg sejtjeinek vakuólumjaiban, a sejtmedvében oldott állapotban találhatók.

A lenticellák száma kevés, 9 db/cm², a fajta epidermisze sekély mikrorepedésekkel tagolt. Az epidermisz alatti hipoderma 31,83 μm -es vastagságú. A termés parenchimatikus állományának sejtjeiben sok, keményítőben gazdag amiloplasztisz található (1. ábra). Ez a magas keményítőtartalom a tárolás folyamán hidrolizálódik a termés édeskissé válását okozó cukrokká, éppen ezért az Idared friss fogyasztásra csak 3-4 hónapnyi tárolás után válik ideálissá. Mindezen mikroanatómiai paraméterek nagyban szerepet játszanak ezen almafajta kiváló tárolhatósági paramétereinek kialakításában.

2. táblázat: Az almahéj jellemző mikroanatómiai paramétereinek alakulása a vizsgált fajták esetében a betakarítás időpontjában

	Flo- rina	Gol- den delici- ous	Gran ny Smith	Ida- red	Jona- gored	Top az
Alma tömege (g)	239	240	158	189	270	219
Kutikula vastagsága (μm)	2,38	4,60	2,27	2,11	1,98	2,4
Epidermiszsejtek ma- gassága (μm)	5,98	11,32	10,74	8,79	8,26	4,75
Epidermiszsejtek széle- sége (μm)	9,46	7,96	9,09	9,15	8,26	8,69

Lenticellaszám (db/cm ²)	14	9	7	9	19	9
Hipodermális kollenchima vastagsága (μm)	21,5 4	29,81	50,6	31,8 3	26,68	32,3 2
Hipodermális kollenchima sejtsorainak száma (db)	4	3	3	4	3	4
Tárolhatóság időtartama (hó)	3-5	6	6-7	7-8	3-5	6

n=5. Forrás: Saját mérési adatok

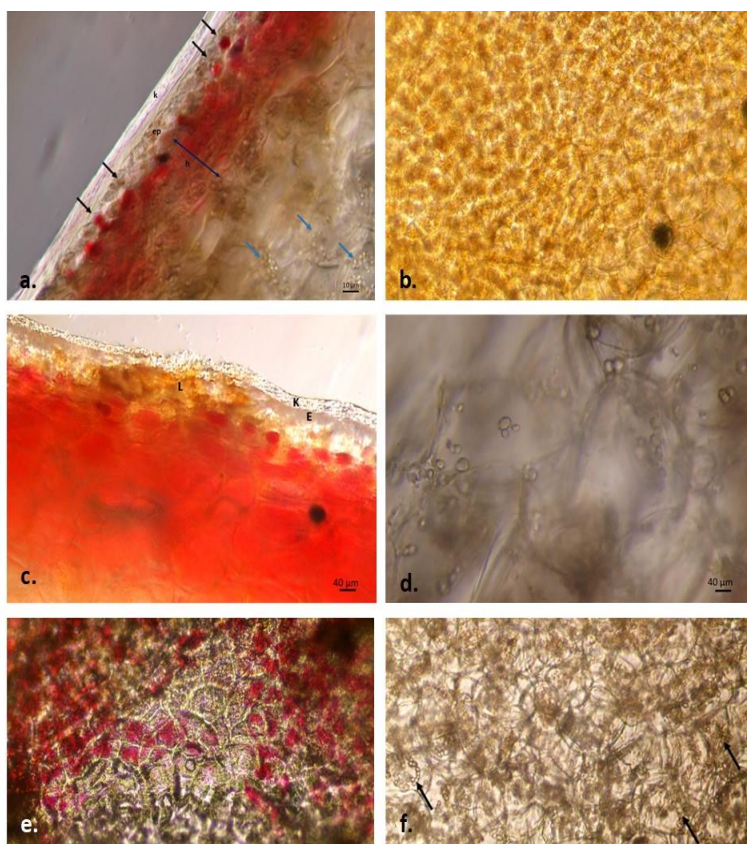
A *Golden delicious* almafajta tárolhatósági ideje 6 hónap, mely átlagosnak mondható. Héjának vastagsága a vizsgált fajták között a legnagyobbknak bizonyult, az epidermiszének vastagsága kiemelkedő, 11,32 μm. Kutikulájának vastagsága szintén magasabb értékeket mutatott, 4,60 μm. A hipodermális kollenchima vastagsága azonban csak közepesnek mondható (29,81 μm). Ezen tényezők – kiváltképp az epidermisz és az azt borító kutikula vastagsága – kedvezőleg hatnak a fajta tárolhatóságára. A tárolhatóság szempontjából szintén pozitív, hogy a lenticellák ugyanakkor csak átlagos számban (9 db/cm²) találhatóak meg az almahéj felszínén, mely szintén gátlólag hat az almafajta tárolás során bekövetkező vízvesztésére. A Golden fajta epidermiszét hosszanti sorokba rendeződött mikrorepedések tagolják.

A *Topaz* almafajta 6 hónapig tárolható a minőségében bekövetkező jelentősebb változások nélkül. Kutikulája vastag (átlag 2,4 μm), az almatermés epidermiszét felépítő sejtek magassága ugyanakkor jelentősen elmarad a többi vizsgált fajta esetében mért értékektől, átlag 4,75 μm. A hipodermális réteg vastagsága ugyanakkor a vizsgált fajták közül a második helyen áll, 32,32 μm (2. táblázat). Az egységnyi területre eső lenticellák száma a Topáz esetében a Golden- és Idared-lenticellák számával megegyezik (9 db/cm²). Ez a relatíve vastag kutikula a szintén vastag hipodermális kollenchimaréteggel együtt hozzájárul a termés csökkent ütemben történő apadásához, a paraszemölcsök csekély száma igen kis mértékű lenticelláris transzspirációt tesz lehetővé. Epidermiszének mikrorepedésekkel való tagoltsága közepes erősségűnek tekinthető.

A *Jonagored* fajta tárolása kevésbé jól megoldható, a termések tárolhatósága 3-5 hónap. Az almahéjat védő kutikularéteg vastagsága ezen fajta esetében mutatta a legkisebb értéket (átlag 1,98 μm), az epidermisz magassága közepes (8,26 μm), a hipodermaréteg vastagsága is csak közepesnek mondható. Kiugróan magas a lenticellák száma: 19 db/cm² (2. táblázat). Ezek a parával kitöltött lenticellák a termés fokozott vízvesztését okozzák, csökkentve a tárolhatósági idejét ezen almafajtának (1. ábra). A vízvesztés intenzitásának

fokozottabb voltához hozzájárulnak az epidermiszt erősen tagoló mély mikrorepedések is.

A **Granny Smith** fajta október végén szüretelhető, minőségét normál tárolóban akár 6-10 hónapig is megőrzi. Kutikulájának vastagsága a vizsgált almafajták között jónak mondható ($2,27\ \mu\text{m}$), az epidermisz rétegének vastagsága azonban kiemelkedő, átlag $10,74\ \mu\text{m}$. A hipodermális kollenchimarétegének vastagsága a vizsgált fajták között kiugróan magas értéket mutat: $50,6\ \mu\text{m}$ (2. táblázat). Az egységnyi területre eső lenticelláinak száma ugyanakkor igen alacsony: $7\ \text{db}/\text{cm}^2$. Ezen fajta esetében a parenchimatikus sejtek szintén jelentős keményítőtartalommal rendelkeznek, melyek a tárolás során alakulnak majd át a fajta édeskés ízét adó cukrokká (1. ábra).



1. ábra: Az almahéj néhány jellemző mikroanatómiai paraméterének alakulása egyes vizsgált almafajták esetében

Forrás: Saját felvétel és szerkesztés

a. almatermés (Idared) héjának szöveti felépítése (k: kutikula, ep: epidermisz, h: hipodermális kollenchima), az epidermisz sejtjeiben lévő antocianoplasztok (fekete nyíl), a parenchimasejtben lévő amiloplasztok (kék nyíl); b. almatermés epidermisze, sekély mikrorepedésekkel –

jobb alsó sarokban néhány lenticellával (Idared); c. a lenticella keresztmetszeti képe Jonagored almafajta esetében (L: lenticella, K: kutikula, E: epidermisz); d. keményítőt raktározó amiloplasztiszok az Idared almafajta parenchimatikus sejtjeiben; e. a Jonagored almafajta mikropedésekkel erősen tagolt epidermisze; f. keményítőszemcsék a Granny Smith almafajta húsát felépítő parenchimasejtben (fekete nyíl)

4.2. Az almahéj mikroszerkezetének alakulása az érés különböző fázisaiban az egyes almafajták esetében

Annak érdekében, hogy képet kapjunk arra vonatkozólag, hogy az almatermés érése során milyen mikroszerkezeti változások zajlanak le az almahéj felépítésében, míg azok elérik a betakarításkori végső szerkezeti struktúrájukat, valamennyi almafajta esetében több időpontban az érés különböző fázisában lévő termésből gyűjtöttünk mintát, és vizsgáltuk meg azokat.

A **Florina** almafajta esetében az első betakarításból származó, abból elkészített keresztmetszet mérése során megállapítható, hogy a kutikula vastagsága a betárolást megelőző időszakra (november) közel kétszeresére vastagodott, azonban a szeptemberi és októberi mérés egymáshoz képest alig mutatott változást, mindössze 0,03 μm -nyi vastagodást lehetett megfigyelni (3. táblázat). Az epidermiszsejtek magasságát illetően a különböző érési fázisokban közel azonos mértékű változás figyelhető meg. Az epidermiszsejtek szélességének alakulásában szeptemberről októberre jelentős növekedés volt megfigyelhető. Akárcsak a kutikula vastagsága, úgy a szeptemberi minta hipodermális kollenchimája is jelentősen megnőtt novemberre, de a termés fejlődésének korábbi szakaszában, szeptember és október hónapban nem volt megfigyelhető jelentősebb változás (0,12 μm).

A **Golden delicious** almafajta esetében hatalmas növekedés figyelhető meg az első mintavételből és utolsó mintavételből származó minták kutikulájának vastagságában, novemberre ötszörösre vastagodott a kutikula (1,69 μm -ról 9,08 μm -re). Az epidermiszsejtek magasságát illetően megállapítható, hogy szeptemberről októberre kisebb mértékű növekedés volt megfigyelhető, míg októberről novemberre megduplázódott az epidermiszsejtek magassága (3. táblázat). Míg a hipodermális kollenchima vastagsága az első mintavételből származó Golden fajta esetében 18,03 μm volt, a novemberi mintavételből készült keresztmetszet esetében 36,07 μm vastagságúnak volt mérhető. Az októberi és novemberi mintavételből származó almák hipodermális kollenchimarétegeinek vastagsága között kicsi változás észlelhető.

A **Granny Smith** almafajta különböző érési fázisaiban betakarított mintáit vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a fajtát jellemző kutikula gyarapodása kismértékű, de egyenletes ütemben történt. Megállapítható továbbá, hogy az epidermiszsejtek magasságbeli változása októberről novemberre kismértékű (0,09 μm) volt. A vizsgált paraméterek közül a hipodermális kollenchima

változása volt a legszembetűnőbb, a szeptemberben begyűjtött minta hipodermális kollenchimája novemberre 2,5-szörösére vastagodott. A hipoderma sejtsorainak száma ugyanakkor nem mutatott ilyen mértékű növekedést (3. táblázat).

A jó tárolhatósággal rendelkező *Idared* esetében a szeptemberi begyűjtésű alma almahéj-keresztmetszetének vizsgálata során 1,98 μm kutikulavastagságot mértünk, ez októberre 0,04 μm -rel vastagodott, a tárolás előtti időszakra pedig a 2,32 μm -es vastagságot érte el (3. táblázat). Az epidermiszsejtek magasságát illetően a hónapok függvényében minden esetben relatíve kis növekedést figyeltünk meg. Noha az epidermiszsejtek magassága kevésbé növekedett, a hipoderma vastagságában ugrásszerű növekedés volt megfigyelhető a szeptember és október hónapokat figyelembe véve. A hipodermális kollenchima sejtsorainak száma szeptember és október hónapban stagnált (3db), a novemberi mintavételezésű Idared esetében 5 db hipodermális sejtsort számolhattunk meg.

3. táblázat: Az almahéj jellemző paramétereinek alakulása a vizsgált almafajták esetében az almatermés különböző érési fázisaiban (2021)

		Kutikula vastag- sága (μm)	Epider- misz- sej- tek magas- sága (μm)	Epider- misz- sej- tek széle- sége (μm)	Hipoder- mális kol- lenchima vastagsága (μm)	Hipoder- mális kol- lenchima sejtsorai- nak száma (db)
Florina	szeptem- ber	2,06	5,79	7,41	21,66	3
	október	2,09	6,14	10,92	21,78	4
	november	3,59	6,70	12,32	24,95	4
Golden delici- ous	szeptem- ber	1,69	6,50	5,44	18,03	2
	október	3,02	9,35	8,85	35,33	3
	november	9,08	18,12	9,59	36,07	3
Granny Smith	szeptem- ber	2,01	8,34	7,69	26,48	3
	október	2,31	11,89	8,60	56,76	3
	november	2,49	11,98	10,97	65,56	4

Idared	szeptember	1,98	8,44	7,53	24,46	3
	október	2,02	8,92	8,46	34,74	3
	november	2,32	9,00	11,47	36,28	5
Jonagored	szeptember	1,77	7,92	6,78	22,65	2
	október	1,84	8,26	8,58	27,25	3
	november	2,33	8,59	9,43	30,14	4
Topaz	szeptember	1,90	3,97	7,91	24,91	3
	október	2,45	4,17	8,59	29,90	3
	november	3,02	6,11	9,57	42,15	5

n=5. Forrás: Saját mérési adatok

Valamennyi vizsgált almafajta közül a **Jonagored** rendelkezett a legvékonyabb kutikulával, amihez szinten vékony epidermiszréteg párosult. A hónapok alatt mind a kutikula vastagságában, mind az epidermiszsejtek magasságában kisebb mértékű növekedés volt megfigyelhető. Az epidermiszsejtek szélessége az első hónap mérése során 6,78 μm volt, ami folyamatosan növekedett, így novemberben átlagosan 9,43 μm széles epidermiszsejteket láthatunk a mikroszkóp alatt. A hipodermális kollenchima is növekvő tendenciát mutatott a hónapok elteltével, szeptemberről októberre 4,6 μm -t, októberről novemberre 2,89 μm -t vastagodott (3. táblázat). A hipoderma sejtsorainak száma hónapról hónapra 1 sejtsorral több lett.

A **Topaz** almafajta almahéj-keresztmetszetének mérése során egy hónap eltelte után, szeptemberről októberre 0,55 μm -rel lett vastagabb a kutikula. A következő hónapban ismét 0,57 μm -rel vastagabb lett a kutikula, így a novemberben begyűjtött alma héjának vizsgálata során átlagosan 3,02 μm -es kutikulát mértünk (3. táblázat). Az epidermiszsejtek magasságának mérése során szintén kismértékű növekedést észlelhattunk.

5. Következtetések

Az egyes almafajták tárolhatósága és az almahéj mikroszerkezete közötti összefüggés-vizsgálatok, valamint az almahéj mikroszerkezetének érés során bekövetkező változásait nyomon követő vizsgálatok eredményeképpen a következő következtetések voltak megállapíthatók:

A gyengébb tárolhatósági értékekkel jellemezhető almafajták esetében (Florina, Jonagored) sokkal inkább az epidermisz vastagsága/vékonyabb volta,

a termés parenchimatikus szöveteit határoló, közvetlenül az epidermiszréteg alatt megtalálható, másodlagos sejtfalvastagodáson átesett sejtekből álló hipodermális kollenchimarétegek csekélyebb vastagsága, illetve az egységnyi területre eső, főként ezen almafajták esetében megfigyelhető igen magas lenticellaszám az, ami a termés tárolás során bekövetkező vízvesztését, apadását idézi elő. Az epidermiszt tagoló mikrorepedések gyakorisága, a repedések mélysége szinten hozzájárul a vízvesztés intenzitásához. A hipodermát felépítő sejtek sejtfalvastagodáson estek át, melynek során sejtfalukba para, lignin, szuberin, kutin, viasz be- és ráakódás történt. Ezen anyagok gyakorlatilag a sejtfalak vízájárhatóságát rontják. Minél vékonyabb rétegben határolják az ilyen típusú sejtekből álló sejtsorok a termést, annál valószínűsíthetőbben lesz a termés vízvesztése fokozott. Nyilván a vízvesztés a magas lenticelláris transzspirációnak köszönhetően az ilyen adottságú hipodermális kollenchimával jellemezhető almatermések esetében csak fokozódik, csökkentve azok tárolhatóságát, fokozva a tárolás során fellépő minőségi romlást, a termés apadását.

A Golden delicious, valamint a Granny Smith fajta rendelkezik a legvastagabb epidermiszréteggel, melyhez jelentős vastagságú kutikularéteg is tartozik, ugyanakkor a lenticellák száma és a mikrorepedések sűrűsége gyengíti hosszú távú tárolhatóságukat. Ezen fajták fogyasztói megítélését ronthatja almahéjuk jelentős vastagsága – a Granny Smith fajta extrémén vastag hipodermális réteggel (50,6 μm) rendelkezik.

Jobb tárolhatósági paraméterekkel azok a termések rendelkeztek (Idared, Topaz), amelyek egyrészt vastagabb hipodermális réteggel rendelkeztek, másrészt az egységnyi területre eső lenticellaszámuk elenyészőnek volt tekinthető.

Érdekes megfigyelésként kezelhető, hogy az élő szervezet szempontjából kiemelkedő, a szervezetet érintő oxidatív stressz ellen védelmet nyújtó, antioxidáns hatással rendelkező, antocianoid típusú vegyületek egyes almafajták esetében nemcsak a hipodermát felépítő sejtek vakuólumjait kitöltő sejtnedvben, oldott állapotban vannak jelen, hanem az epidermiszsejtekben ún. antocianoplasztok formájában is. Ro-Na et al. (2006) megfigyeléseihez hasonlóan ilyen jellegeket hordozó almafajtának lehetett az általunk vizsgált almafajták közül az Idaredet beazonosítani. Ugyanakkor szintén érdekes tény, hogy az almafajták antociántartalma függ a hipodermális kollenchimát felépítő sejtsorok számától is – hiszen ezen sejtek vakuólumjainak sejtnedvjében található festékanyagról beszélünk. A vizsgált „piros” almák közül az Idared és a Topaz rendelkezik a legkiterjedtebb hipodermaréteggel (4 sejtsornyi, 31,83, illetve 32,32 μm -es vastagságú).

Elemmezve az almatermés érése során bekövetkező mikroanatómiai változásokat megállapíthattuk, hogy a tárolhatóság sikerességéhez nagyban hozzájáruló szövettani paraméterek ugrásszerűen a betakarítás időpontjának

közelében változnak meg, főként a jobban tárolható almafajták esetében. A vízvesztés csökkentésében szerepet játszó szövettani jellemzők fiatalokú termésekben vontatottan fejlődnek szinte valamennyi vizsgált almafajta esetében, kevésbé jól tárolható almafajták esetén vastagságbeli gyarapodási erejük a jól tárolható fajtákhoz képest még az utolsó érési fázisban is jelentősen elmarad.

6. Összefoglalás

Hat almafajta (Florina, Idared, Golden, Topaz, Jonagored, Granny Smith) almahéjának mikroanatómiai vizsgálatát végeztük el azzal a céllal, hogy képet kapjunk arról, van-e összefüggés az almafajták tárolhatósága és az almahéj mikroszerkezete között.

A mintákat begyűjtés után zsilippengével metszettük, festés nélkül fény-mikroszkóppal elemeztük. A vizsgálat során mértük az almahéjat fedő kutikula vastagságát, a kutikula alatti epidermisréteget alkotó sejtek magasságát és szélességét, mértük az ez alatti hipodermális kollenchima vastagságát és sejt-sorainak számát, számoltuk az egységnyi területre eső lenticellák számát.

Eredményeink szerint az almafajták tárolhatóságát, tárolás közbeni vízvesztését, apadását befolyásolja a termést kívülről védő kutikulán kívül az epidermiszsejtek magassága, nagy hatással van a tárolhatóságra a hipodermális kollenhimaréteg vastagsága. A termések tárolás során bekövetkező vízvesztését nagyban meghatározza a lenticellák száma: ismert, rossz tárolhatósági paraméterekkel jellemezhető almafajták esetében (Jonagored, Florina) kiugróan magas lenticellaszámot találunk – ehhez vékony hipodermaréteg párosul.

A hipodermális sejt-sorok magasabb száma, a hipodermaréteg nagyobb kiterjedése hozzájárul a hipodermasejtek sejt-nedvéjében oldott formában megjelenő nagyobb mennyiségű antocianidin típusú vegyület jelenlétéhez az alma-termésben, mely adott fajták egészségvédő hatását növeli. Az Idared alma esetében az epidermiszsejtekben megjelenő antocianoplasztok is azonosíthatókká váltak.

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

- Apáti F. (2010): Az almaágazat helyzete és kilátásai az üzemgazdasági adatok tükrében. *Agroforum*, 21 (33):44-46.
- Babos K., Sass P., Mohácsy P. (1984): Relationship between the peel structure and storability of apples. *Acta Agronomica Academiae Scientiarum-Hungaricae*, 33: 41-50
- Belding, R. D., Blankenship, S. M., Young, E., Leidy, R. B. (1998): Composition and variability of epicuticular waxes in apple cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123: 348-356. <https://doi.org/10.21273/JASHS.123.3.348>
- Faust, M., Shear, C. B. (1972): Fine structure of the fruit surface of three apple cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 97: 351-355. <https://doi.org/10.21273/JASHS.97.3.351>

- Ghafir, S., Gadalla, S.O., Murajei, B. N., El-Nady, M. F. (2009): Physiological and anatomical comparison between four different apple cultivars under cold-storage conditions. *African Journal of Plant Science* 3: 133-138.
- Gonda I. (2004): Almaültetvények művelési rendszereinek és koronaformáinak fejlődése hazánkban. Metszés és metszést kiegészítő eljárások. In: Gyümölcsök termesztése. (szerk.: Papp J.) 56-62.
- Gonda I., Apáti F. (2013): Versenyképes almatermesztés. Szaktudás Kiadó Ház Zrt. Buda-pest. 317.
- Gonda I., Vaszily B. (2014): Gyümölcstermesztés. Debreceni Egyetemi Kiadó. Debrecen.
- Harsányi G., Nyéki J., Soltész M., Gonda I., Szabó Z. (2005): Az almatermesztés jövője az Észak-alföldi Régióban. *Agrártudományi Közlemények*. 2005/17: 35-38. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/17/3268>
- Homutová, I. (2005): Změny anatomické stavby exokarpu plodu u vybraných odrůd jabloní. In: Zima, M., Boleček P., Omelka R. (eds.), 4. biologické dni - Progres v biologii, 8.-9. 9. 2005. Nitra, UKF: 214-215.
- Homutová, I., Blažek, J. (2006): Differences in fruit skin thickness between selected apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars assessed by histological and sensory methods. *Hort. Sci. (Prague)*, 33, 2006 (3): 108-113. <https://doi.org/10.17221/3747-HORTSCI>
- Höhn E. (1990): Quality of apples. *Acta Horticulturae* 285:111-118. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1990.285.15>
- Knuth, D., Stösser, R. (1987): Vergleich der Sonnen- und Schattenseite von Apfelfrüchten. I. Kutikula, Epidermiszell gröÙe und Oberfläcchenwachse. *Gartenbauwissenschaft*, 52: 49-57.
- Konarska, A. (2014): Morphological, histological and ultrastructural changes in fruit epidermis of apple *Malus domestica* cv. Ligol (Rosaceae) at fruit set, maturity and storage. *ACTA BIOLOGICA CRACOVIENSIA Series Botanica* 56/2: 35-48. <https://doi.org/10.2478/abcsb-2014-0019>
- Kumachova, T. H. (2003): Nekatoryje osobennosti ana tomii plodov *Malus domestica* (Rosaceae) v zavisimosti ot vysoty kul'tivirovanija v gorach. *Botaničeskij žurnal*, 88: 75-84.
- Link S.O., Drake S.R., Thiede M., E. (2004): Prediction of apple firmness from mass loss and shrinkage. *Journal of Food Quality* 27: 13-26. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2004.tb00634.x>
- Maguire, K. M., Lang, A., Banks, N. H., Hall, A., Hopcroft, D., Benneti, R. (1999): Relationship between water vapour permeance of apples and micro-cracking of the cuticle. *Post-harvest Biology and Technology* 17: 89-96. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(99\)00046-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00046-0)
- Miller, R. H. (1984): The multiple epidermis-cuticle complex of Medlar fruit *Mespilus germanica* L. (Rosaceae). *Annals of Botany* 53: 779-792. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a086748>
- Pethő F. (1984): Alma. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Racskó, J. (2005): Effect of different storage methods on apple (*Malus domestica* Borkh.) fruit quality. International Conference on Biological and Pro-ecological Methods for Control of Diseases in Orchards and Small Fruit Plantations. Skierniewice, Poland. 29-31 August 2005. Abstracts, 56. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/24/3221>
- Racskó J., Szabó Zs. (2004): A hűtőtárolás hatása a gyümölcsök minőségére.
- Ro-Na, B., Ki-Woo, K., Tae-Choon, K., Seung-Koo, L. (2006): Anatomical Observations of Anthocyanin Rich Cells in Apple Skins. *HORTSCIENCE* 41(3):733-736. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.3.733>

- Roy, S., Conway, W. S., Watada, A. E., Sams, C.E., Erbe, E.F., Wergin, W. P. (1994): Heat treatment affects epicuticular wax structure and postharvest calcium uptake in "Golden Delicious" apples. HortScience 29: 1056-1058. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.29.9.1056>
- Sass P. (1986): Gyümölcstárolás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Sass P. (1997): Szüret, tárolás és értékesítés. In: Integrált gyümölcstermesztés, szerk.: Soltész M.
- Simon, L., Makádi, M., Uri, Zs., Vigh, Sz., Irinyiné Oláh, K., Vincze, Gy., Tóth, Cs. (2022): Phytoextraction of toxic elements and chlorophyll fluorescence in the leaves of energy willow (*Salix* sp.), treated with wastewater solids and wood ash. Agrochimica és Talajtan (Agrochemistry and Soil Science) 71(1): 77-99. <https://doi.org/10.1556/0088.2022.00122>
- Szabó Zs., Racskó J. (2004): Gyümölcsök tárolása. Agrárágazat. 5(2): 32.
- Tóth Cs. (2021): Fahamu granulátum hatása a *Sinapis alba* és a *Vicia villosa* szárának sző-veti felépítésére In: Tóth, Csilla (szerk.) Őshonos- és tájfajták - Ökotermékek - Egészség-és táplálkozás - Vidékfejlesztés Minőségi élelmiszerek - Egészséges környezet - Fenn-tartható vidéki gazdálkodás: Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században, Nyíregyháza, Magyarország: Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet. pp. 167-177. (ISBN 978-615-5545-69-6).
- Tóth Cs., Irinyiné-Oláh K., Simon L. (2022): The effect of sewage sediment containing toxic elements on the microanatomy of the leaf of *Sorghum* species. In: Páy, Gábor László (ed.) International Multidisciplinary Conference, 14th Edition. Nyíregyháza, Hungary: University of Nyíregyháza. 124-133.
- Tóth M. (2006): Az alma fajtahasználat változásának a tendenciái. In: Gonda I. (szerk.). Mi lesz veled magyar alma? Debreceni Egyetem Szaktanácsadási füzetek. Debrecen. 41-48.
- Veraverbake, E. A., Lammertyn, J., Saevels, S., Nicolai, B. M. (2001): Changes in chemical wax composition of three different apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars during storage. Postharvest Biology and Technology 23: 197-208. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00128-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00128-4)
- Veraverbake, E. A., Verboven, P., Van Oostveldt, P., Nicolai, B. M. (2003a.): Prediction of moisture loss across the cuticle of apple (*Malus sylvestris* subsp. *mitis* (Wallr.)) during storage: part 1. Model development and determination of diffusion coefficients. Postharvest Biology and Technology 30: 75-88. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(03\)00083-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(03)00083-8)
- Veraverbake, E. A., Verboven, P., Van Oostveldt, P., Nicolai, B. M. (2003b.): Prediction of moisture loss across the cuticle of apple (*Malus sylvestris* subsp. *mitis* [Wallr.]) during storage: part 2. Model simulations and practical applications. Postharvest Biology and Technology 30: 89-97. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(03\)00082-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(03)00082-6)

SZERZŐI ADATOK

Dr. Tóth Csilla PhD egyetemi docens
Nyíregyházi Egyetem
toth.csilla@nye.hu

Molnár Beatrix egyetemi hallgató BSc
Nyíregyházi Egyetem
beatruxmolnar990@gmail.com