

INTÉZMÉNYI TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2024. november 20.

ALMA ELTARTHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA A FOGYASZTÓI TÁROLÁS SZEMPONTJÁBÓL

TESTING THE SHELF LIFE OF APPLES FOR CONSUMER STORAGE

Készítette: Farkas Anna

AD2IC0

Műszaki menedzser, mesterképzés

nappali tagozat

Szent István Campus

Témavezetők: Dr. Korzenszky Péter

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Műszaki Intézet

Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépek Tanszék

habilitált egyetemi docens

Dr. Veres Antal

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Matematika és Természettudományi Alapok Intézet

Matematika és Modellezés Tanszék Intézet

egyetemi docens

Lehetséges OTDK szekció: Agrárműszaki



Gödöllő

2024.

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés	4
1. Irodalmi áttekintés	6
1.1 Téma aktualitása.....	6
1.2 A különböző almafajták megjelenése Magyarországon.....	7
1.3 Az almatárolás műszaki feltételrendszere	9
1.4 Minőség fogyasztói szempontból.....	12
1.4.1 Az alma súlyának minőségi követelményei fogyasztói szemmel.....	13
1.4.2 Az alma alakjának minőségi követelményei fogyasztói szemmel.....	13
1.4.3 Az alma színének követelményei fogyasztói szemmel	14
1.4.4 Az alma cukortartalmának követelményei fogyasztói szemmel.....	16
1.4.5 Az alma savtartalmának követelményei fogyasztói szemmel	16
1.5 Kísérleti anyag, a mérések tárgya	16
1.6 Alkalmazott statisztikai módszerek.....	19
2. Anyag és módszer.....	21
2.1 Golden Delicious alma hűtve tárolásának körülményei.....	21
2.2 A kísérlet során vizsgált paraméterek	22
2.2.1 Fizikai paraméterek: súlymérés	22
2.2.2 Fizikai paraméterek: színmérés.....	23
2.3 Beltartalmi paraméterek	23
2.3.1 Beltartalmi paraméterek: cukortartalom mérése.....	23
2.3.2 Beltartalmi paraméterek: savtartalom mérése.....	24
2.4 A kísérlet során alkalmazott statisztikai módszerek és szoftverek	25
3. Eredmények és értékelésük	27
3.1 Az alma tömegváltozása a tárolási idő függvényében, különböző hőmérsékleteken	27
3.2 Az alma színváltozása a tárolási idő függvényében, különböző hőmérsékleteken....	28

3.3	Az alma cukortartalmának változása a tárolási idő függvényében, különböző hőmérsékleteken.....	33
3.4	Az alma savtartalmának változása a tárolási idő függvényében, különböző hőmérsékleteken.....	34
3.5	A különböző tárolási hőmérsékleten mért adatok elemzése és összehasonlítása	36
4.	Következtetések és javaslatok.....	37
4.1	A kutatási eredmények gyakorlati alkalmazása a fogyasztók számára.....	37
5.	Összefoglalás.....	39
6.	Summary	40
7.	Irodalomjegyzék	41
8.	Táblázat és ábrajegyzék	47
	Köszönetnyilvánítás	49

BEVEZETÉS

Az alma tárolásának, illetve minőségének megőrzése kulcsfontosságú szempont a fogyasztók szemszögéből, valamint az élelmiszeripar hatékonysága szempontjából. Az igények növekedtek annak irányába, hogy megértsük a különböző tárolási körülmények hatásait az alma fizikai illetve beltartalmi tulajdonságaira. Az üzletekben, kereskedésekben és zöldségesektől vásárolt alma eltarthatósága és minősége függ a tárolás módjától (például: pince, kamra, hűtő, szobahőmérsékletű tárolás), ahol a tárolási hőmérséklet és a páratartalom a meghatározó.

Dolgozatom célja, hogy feltárja az almatárolás módszereit, valamint lehetőségeit, illetve azok hatását az eltarthatóságra a vevők perspektívájából.

Amennyiben a fogyasztó pincében, kamrában, hűtőben esetleg szobahőmérsékleten tárolja a megvásárolt gyümölcsöt, jelentős különbségek merülhetnek fel az alma eltarthatósági idejében.

A kutatás során hűtőházban tárolt, kereskedelmi forgalomban kapható Golden Delicious fajtájú almákat vizsgáltam, amelyeket – a fogyasztói magatartást szimulálva – két hőmérsékleten (5°C és 10°C) tároltam tovább. A 10 hétig tartó vizsgálatok idején, hetente egyszeri mintavételezéssel (5 db mintaelemmel) történtek a mérések. A vizsgálat során a következő paramétereket mértem:

- fizikai tulajdonságok: tömeg, méret, szín,
- beltartalmi tulajdonságok: cukortartalom, savtartalom.

A korábbi kutatások alapján a különböző tárolási hőmérsékletek jelentős hatást gyakorolnak a frissen szedett alma eltarthatósági és minőségi tulajdonságaira. Jelen kutatás a fenti eredményeket terjeszti ki azon esetekre, amikor az élelmiszerláncban belül korábban hűtőházban hűtve tároláson átesett alma a fogyasztóhoz kerülve ismételt tárolásra kerül egy magasabb hőmérsékleten. A vizsgálatok célja ezen tárolási körülmények hatásának vizsgálata az alma tulajdonságaira az idő függvényében, illetve az, hogy ezen tárolási formák milyen mértékben meghatározóak, illetve a fogyasztók számára milyen mértékben használhatóak a mindennapokban.

Az eredmények kiértékelése statisztikai módszerek alkalmazásával történt az R-studio szoftverben. Az alapstatisztikai módszereken túl vizsgálok a két tárolási hőmérséklet hatását az alma eltarthatóságára, illetve külön-külön az időbeli változást. Célom a kapcsolatok keresése és feltárása a különböző paraméterek között, olyan összefüggések megadása, amelyekkel a

fogyasztó az alma akár egy tulajdonságát ismerve következtést állapíthat meg a gyümölcs minőségére.

Az alma, mint az emberiség egyik legismertebb gyümölcse, mindig is fontos szerepet játszott az étkezésben és az egészséges életmódban. Remélem, hogy kutatás hozzájárul az alma minőségének és frissességének megőrzéséhez. Ha tárolás során a minőségi változás pedig úgy kívánja, akkor akár almás pitének is kiváló.

1. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

1.1 TÉMA AKTUALITÁSA

Az elmúlt néhány év folyamán egyre nagyobb hangsúlyt kap az élelmiszer-pazarlás kérdése, számos kiadvány, cikk mérte fel és hozta nyilvánosságra a fogyasztói háztartásokban elpazarolt élelmiszerek mennyiségét. (Hooge, és mtsai., 2016) Az ENSZ (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)) becslése alapján az élelmiszerek harmadát pazarolják el világszerte, ez nagyjából 1,3 milliárd tonna kidobott, elpazarolt élelmiszert jelent évente. Mindössze a háztartásokban, Európában (az EU 27 tagállamában) az élelmiszervesztesség személyenként 76 kg éves szinten. (Bräutigam, és mtsai., 2014)

A fenntartható élelmiszertermelés és -fogyasztás napjainkban egyre inkább kulcsfontosságú. Az élelmiszerpazarlás csökkentésére az elmúlt évtizedben egyre több program és kezdeményezés volt jelen, mind a tudományos, mind a társadalmi életben, ezáltal előtérbe kerül a termelésben keletkező pazarlás csökkentése is. A fejlett országokban jellemzően az ellátási lánc végén keletkezik nagy mennyiségű pazarlás, míg a fejlődő országokban az ellátási lánc hatékonyságának hiányosságai miatt a korábbi szakaszokban nagyobb a veszteség. (Normann, és mtsai., 2019) Az Európai Unió élelmiszerhulladékának legnagyobb részét a háztartások termelik, amely a teljes veszteség mennyiségének a 42%-át, azaz körülbelül 38 millió tonnát jelent, ez fejenként átlagosan 76 kg-os veszteség. (Monier, és mtsai., 2010)

Az élelmiszerek között a gyümölcsök és a zöldségek a legromlandóbb kategóriába tartoznak. A termésvesztesség jelentős hányada a betakarítás előtti szakaszban, valamint a betakarított termékek kezelése közben keletkezik. A betakarítást követő hűtés, a megfelelő páratartalom és a megfelelő atmoszférikus összetétel alapvető fontosságú a tárolási létesítményekben és csomagolásban a friss állapot fenntartása érdekében. (Khorshidi, 2010)

Az FAO felmérése alapján 2000-től a főbb zöldségek-gyümölcsök termelése folyamatosan növekszik, 2000 és 2021 között a világ összesített gyümölcstermelése 59%-os növekedést mutatott. 2021-ben a teljes termelési mennyiség 910 millió tonna volt, a legfőbb gyümölcsök a banán (125 millió tonna), az alma (93 millió tonna) és a narancs (76 millió

tonna) volt. (FAO, 2022) Az almafogyasztás az Európai Unióban az 1993-as években 18,6 kg/fő/év volt, ez a mennyiség 1995-re 13,3 kg/fő/év-re csökkent le, amely egészen 2002-ig nem mutatott változást. (Pecze, és mtsai., 2007)

Az Európai Unió átlagos éves almatermelése nagyjából 10 millió tonna, amelyből Lengyelország, Franciaország, Olaszország és Németország termelése a legjelentősebb. A termés nagyrésze étkezési alma, amelyet közvetlenül fogyasztásra szánnak. (Waldbauer, és mtsai., 2017)

1.2 A KÜLÖNBÖZŐ ALMAFAJTÁK MEGJELENÉSE MAGYARORSZÁGON

Az évszázadok folyamán a gyümölcstermesztés is folyamatosan fejlődött, ezáltal számos újfajta termesztési módszer jött létre, valamint a termékkészítési eljárások is változtak a történelem során.

Az almafajták változását Magyarországon a következő 1. táblázat foglalja össze:

Év	1938	1958	1978	1998	2018
Almafajták száma	81	341	779	450	679

Almafajták tekintetében az I. világháborút követően a szatmári körzet az almatermesztés fontosságában csökkent, továbbá a magyar téli almák termesztése a Nyírség területére koncentrálódott, amely a gyümölcstermelés kb. 50%-át képviseli. A Duna-Tisza közti körzetben a nyári almatermesztés hanyatlásnak indult. Az almatermesztés szempontjából a harmadik körzet a zalai, amely látványos megújulása még napjainkban is meg mutatkozik.

A következő ábrák a nyári és téli almafajták területi eloszlását mutaja irodalmi adatok alapján. (1. és 2. ábra)

1. ábra: Nyári almafajták

Forrás: (Surányi, 2026)



2. ábra Téli almafajták

Forrás: (Surányi, 2026)



Az alábbiakban szereplő almafajta-változatok termesztése a kutatások alapján legalább másfél-két évszázados múltra tekint vissza, de néhány fajtát köztük már a középkorban is termesztettek, mint például a Borízű alma, a Vajalma, a Sár(ga)alma, stb.

A Magyarországon döntő többségében előforduló almafajták:

- Asztraháni piros,
- Barátalma (Jász vadóka),
- Budai Domokos,
- Ceglédi piros,
- Daru alma (Beregi, Beregi Sívári, Nemes sívári stb.),
- Húsvéti rozmaring (Citromalma, Toklyó alma),
- Kecskeméti vajalma (Szentiván/y/i piros),
- Kormos alma (Francia kormos renet),
- London pepin (Magyar kálvil),
- Masánczki alma,
- Nemes Sívári,
- Nyári csíkos fűszeres,
- Nyári fontos (Rétesalma, Tüköralma),
- Orbai alma (Fűzalma),
- Parker pepin (Bóralma),
- Pázmán alma,
- Piros Páris alma,
- Pogácsa alma,
- Pónyik alma,
- Sándor cár,
- Sikulai alma,
- Simonffy piros (Cigányalma),
- Szabolcsi Jonatán,
- Szercsika,
- Téli arany parmen,
- Téli fehér kálvil,
- Téli piros pogácsa,
- Téli tafota,
- Török Bálint. (Surányi, 2026)

A téli alma napjainkban is a legfőbb gyümölcsfajunk, az ország összes gyümölcstermésének több mint az 50%-át fedi le. A főbb termesztőjének aránya: a nyírségi 57%, a Duna-Tisza közti 14%, a Zala-i 12% és az Alpokalja-i 5%. (Surányi, 2011)

1.3 AZ ALMATÁROLÁS MŰSZAKI FELTÉTELRENDSZERE

Régebben a tárolási körülmények korlátozottabbak voltak napjainknál: a tárolást különböző pincékben, tárolási építményekben oldották meg, a páratartalmat az esetek többségében a padlózat locsolásával igyekeztek szabályozni. (Petesné, 2021)

A gyümölcsök rendkívül magas víztartalommal rendelkeznek, ennek következtében viszonylag magas anyagcsere-aktivitást mutatnak más növényi eredetű élelmiszerekhez, például a magvakhoz képest. Az említett anyagcsere-aktivitás folytatódik a betakarítás után, így a gyümölcsök többsége romlandó áru. (Antunglu, és mtsai., 2004) Az alacsony hőmérsékleten való tárolás lelassítja a sejtes anyagcserét, ezáltal késlelteti a növény elöregedését, ennek következtében a zöldség-gyümölcs eltarthatósága nő. (Xiao, és mtsai., 2023) Számos tényező befolyásolja a romlás százalékos arányát, amelyek többsége belső eredetű. Ilyen például a szöveti állapot, melyet betakarítás vagy szállítás során különböző mechanikai hatások is befolyásolnak. (Farkas, és mtsai., 2013) A hússal ellentétben például a gyümölcsök és zöldségek élő szervezetek, ennek következtében a növénytől való elválasztás után is lélegeznek, valamint párologtatnak. (Zhang, és mtsai., 2021)

Az almatermelés folyamán a gyümölcsök alacsony százaléka kerül értékesítésre közvetlenül a betakarítás után, miközben a termés nagyobb részét hosszabb ideig tárolják annak érdekében, hogy a piacon a fogyasztók számára minél hosszabb ideig elérhető maradjon. (Kovač, és mtsai., 2010) A friss almát a kereskedelemben általában 1 éven keresztül tárolják. (Sheng, és mtsai., 2017) A minőség fenntartása érdekében a tárolási időszak során a legjelentősebb paraméter a hőmérséklet. Az alacsony hőmérséklet lelassítja a fiziológiai és biokémiai érési folyamatokat a gyümölcsökben a tárolás folyamán, mivel drasztikusan lecsökkenti a termés anyagcseréjét, azonban az ideálisnál alacsonyabb hőmérséklet kiegyensúlyozatlan anyagcserét okozva károsodáshoz vezet. (Weber, és mtsai., 2012) A biológiai reakciók általában minden 10°C-onként két-háromszorosára nőnek. (Mangaraj, és mtsai., 2008)

A hőmérsékletnek, valamint a védőgázos légkörnek a termés élettanára, illetve minőségére gyakorolt hatásáról számos tanulmány készült, amelynek köszönhetően a termékek optimális tárolási feltételeinek módszerei nagymértékben elterjedtek, valamint könnyen elérhetőek. A kereskedelmi környezetben azonban a termés több hőmérséklet-ingadozásnak is ki van téve, a logisztikai korlátok (pl. korlátozott áramellátás a konténeres tárolóegység helyén), a hűtés meghibásodása vagy a menedzsment döntései

(pl. hűtés nélküli járművek választása a hűtött járművek helyett) miatt. Egy másik gyakori hűtőlánc-hőmérséklettörési forgatókönyv a gyümölcsöknek közvetlenül a betakarítás után a tárolókban történő hűtőtárolása során merül fel. Egy későbbi időpontban a gyümölcsöt kiveszik a hűtőházból, osztályozzák és csomagolják, majd hűtött környezetben szállítják a piacokra. Mivel a csomagolóüzem gyakran nem hűtött, a gyümölcs felmelegszik, majd visszahűl. (East, és mtsai.)

A betakarított alma minőségromlásának minimalizálása érdekében az esetek többségében az optimális hőmérséklet 0-3°C közé esik. A frissen betakarított gyümölcs gyors lehűtése a hideg tárolási hőmérsékletre késlelteti a gyors lágyulás kezdetét. (Johnston, és mtsai., 2005) Az almatárolás egyik kulcsfontosságú tényezője a vízveszteség, valamint a relatív magas páratartalom megelőzése; ha a tárolás során a nedvességtartalom nem megfelelő, a hűtés a termék vízveszteségéhez vezethet, ami a termék mennyiségének csökkenését, illetve belső romlását eredményezi. A súlyveszteség fontos gazdasági tényező mind a tárolás, mind a szállítás során. A vízveszteség, amelyet az alma a tárolása során szenved, évek óta problémaként jelenik meg az alma tárolása során. A hőmérséklet és a páratartalom a tárolási idő alatt a gyümölcs fajtájától függően változik, ennek okán a tárolóban a környezeti hőmérsékletnek és a relatív páratartalomnak mindenhol azonosnak kell lennie. Az eltérő hőmérséklet és páratartalom a tárolás helyén különböző minőségi veszteséget okoz a termékekben. (Akdemir, és mtsai., 2020)

A tároló hőmérsékletét a fajtától függően 0-4°C-ra lehet beállítani, a tárolási időszak alatt a lehető legkevesbé változtatva ezt a hőmérsékletet. A 85-90% relatív páratartalom eredményes almakonzerválást eredményez, ebből kifolyólag a tárolási környezetben ennek kontrollálása kulcsfontosságú szempont. (Akdemir, és mtsai., 2019)

A magas tárolási páratartalom lassítja a gyümölcs friss tömegének csökkenését, az oldható szilárd anyagok felhalmozódását és a keménységvesztést, valamint késlelteti a gyümölcs érését. Az almakéreg szöveti merevségének csökkenése és a súlyveszteség kisebb, mint a magas páratartalomban tárolt gyümölcsök esetében. A magasabb tárolási páratartalom kisebb gyümölcstömeg-veszteséget és nagyobb gyümölcskeménységet eredményez. A relatív páratartalom növekedésével a mikrorepedések száma is emelkedik az almatermésű gyümölcsökben. Bár ismert, hogy a magas tárolási páratartalom döntő szerepet játszhat a gyümölcs minőségének megőrzésében azáltal, hogy késlelteti a gyümölcs friss tömegének csökkenését és a gyümölcshús szilárdságának csökkenését, ezáltal hosszabb ideig megőrzi a gyümölcs frissességét, a magasabb tárolási páratartalom következtésképpen hozzájárulhat

a gyümölcs repedésének és belső élettani rendellenességeinek, köztük a gyümölcshús felbomlásának előidézéséhez. (Lee, és mtsai., 2019)

A betakarítás után tárolt gyümölcsök minőségének megőrzéséhez elengedhetetlen az olyan kulcsfontosságú tényezők megértése és ellenőrzése, mint a genetikai háttér (használt fajták/alapanyagok). A betakarítási érettség és a betakarítás utáni tárolási körülmények a legtöbb almafajtára jellemzőek, ezért megfelelő előkészületeket kell tenni minden egyes fajta esetén a megfelelő tárolási körülmények kialakítására.

A szabályozott légköri tárolás (CA – controlled atmosphere) egy olyan betakarítás utáni gazdálkodási gyakorlat, amely a szén-dioxid (CO_2) és az oxigén (O_2) koncentrációjának manipulálásán alapul, mivel az említett két gáznak a gyümöcslégzésben van kiemelkedő szerepe. Az alma folyamatosan légzésen megy keresztül, ami azt jelenti, hogy O_2 -t vesz fel és CO_2 -t bocsát ki. A légzés összefügg az érés felgyorsulásával, ezért fontos a két gáz szabályozása a gyümölcsök tárolhatóságának meghosszabbítása érdekében. Amennyiben a tárolási környezetben alacsony O_2 -koncentráció van jelen, akkor a légzés lelassul, amely következtében gyümölcs minőségi jellemzői változatlanok maradnak. A légzés során a CO_2 koncentrációja a tárolási légkörben folyamatosan emelkedik. A CO_2 -ban gazdag környezet is csökkentheti a gyümölcs légzését, de egyes fajtáknál a magas CO_2 -szint CO_2 -károsodáshoz vezethet, ezért a CO_2 -koncentráció szabályozása szintén a CA (controlled-atmosphere) tárolás egyik célja. A legtöbb fajta esetében a gyümölcsöt légmentesen lezárt tárolókamrákba kell helyezni, és a levegő 21%-os O_2 -koncentrációját 1-3%-ra kell csökkenteni a tárolóhelyiség nitrogéngázzal történő átöblítésével. A kamrában lévő levegő CO_2 -szintjét is jelentősen meg kell emelni, 0,04%-ról 0,5-2,5% közötti szintre, a fajtától függően.

A szabályozott légköri tárolás legfőbb előnye a gyümölcsök eltarthatóságának és piacképességének növelése. A klímahűtéses tárolás előnyös a hosszútávon (4 hónapig vagy tovább) tárolt almák esetében. (Graziano, és mtsai., 2021)

1.4 MINŐSÉG FOGYASZTÓI SZEMPONTBÓL

A minőség az élelmiszerek fő jellemzője. (Djekic, és mtsai., 2019) Csupán néhány tanulmány számol be fogyasztói szempontból az alma fogyasztásánál fontos érzékszervi tulajdonságainak szigorú kritériumrendszeréről. Az alma fogyasztásminőségének tanulmányozása, mind érzékszervi tulajdonságok, mind fogyasztói szempontból hosszú ideje kelt fel érdeklődést, azonban csak néhány tanulmány számol be ilyen témájú kutatásokról. (Corollaro, és mtsai., 2014)

Az alma egyik fő minőségi problémája a piacon a gyümölcs puhasága. A lágyulást általában nemkívánatos érési folyamatnak tekintik a gyümölcsöknél, mivel a keményebb alma általában lédúsabb, ropogósabb, valamint kevésbé kásás, mint a lágyabb gyümölcs. A gyümölcsök lágyulását általában textúraanalízissel, más néven hússzilárdsági, gyümölcszilárdsági vagy gyümölcsnyomáspróbával mérik. Az említett teszt előnye, hogy pontosan meghatározza az alma textúrájának érzékszervi tulajdonságait, amely függ a fajtától, illetve annak sajátosságaitól. Számos piac egyre inkább a gyümölcs szilárdságát használja irányadóként annak biztosítására, hogy az almát a fogyasztók által elvárt texturális jellemzőkkel szállítsák a piacokra, továbbá, hogy a beszállítók egész évben biztosítsák az állagminőség konzisztenciáját. Ha a termelők nem felelnek meg ezeknek az előírásoknak, az a szállítmányok visszautasítását, a minőségi alma beszállítójaként szerzett hírnév romlását és a pénzügyi megtérülés csökkenését eredményezheti. (Johnstan, és mtsai., 2002)

A gyümölcsminőség sok paramétert foglal magában, beleértve a felületi, valamint belső rendellenességeket, méretet, színt, keménységet, oldható szilárdanyag-tartalmat valamint savasságot. Ezeket a jellemzőket számottevő tényező befolyásolja. (Neilsen, és mtsai., 2009) Az alma színe, valamint mérete elsődleges minőségi paraméter a fogyasztók számára a gyümölcs minőségének megítélése során. A színt, mint az egyik legfontosabb minőségi paramétert azonban a kulturális és fogyasztói preferenciák is befolyásolják. A színpreferenciák a következőktől függenek: a külső szín egyenletessége, a termés színének megismételhetősége, az egyes terméseken belüli különbségek és a gyümölcsök közötti különbségek. (Dobrzański, és mtsai., 2002)

A fogyasztók nem kedvelik a könnyű, színtelen és fonnyadt gyümölcsöket. Az elmúlt néhány év folyamán számos tanulmányt végeztek az alma tárolási minőségének javítására. A vásárlók nem csak az alma küllemét veszik figyelembe, hanem egyéb minőségi

paramétereket, mint például íz, savasság, összes oldható szárazanyagtartalom. Ezen tulajdonságok becslésére több módszert széles körben alkalmaznak, azonban rendkívül időigényesek, illetve laboratóriumi vizsgálatokat igényelnek, ennek okán napjainkban a roncsolásmentes módszerek egyre nagyobb népszerűsége tesznek szert. (Ahmad, és mtsai., 2021)

Hazai viszonylatban egy 2003-as tanulmány alapján a felmérésben résztvevők közül szinte mindenki fogyaszt almát, csupán a megkérdezettek 1,7%-a nyilatkozta ennek ellenkezőjét. A település szerinti megoszlás alapján a vidéki lakosság almafogyasztása gyakoribb, mint a budapesti lakosságé. A résztvevők válaszai alapján az 50 kg/fő az, amely határt képez a kevés, illetve sok almát fogyasztók között. A budapesti lakosság 87%-a évente kevesebb, mint 40 kg almát fogyaszt, míg a 25 év alattiak országsszerte csupán 25,5 kg-ot. (Takácsné, és mtsai., 2003)

A fogyasztók számára a minőség a gyümölcs keménységében, lédúságában illetve édességében nyilvánul meg. Az gyümölcshús puhasága alacsony minőséget jelent, ezen kívül az alma tárolási idejének hosszúságára is utalhat. (Juhnevica-Radenkova, és mtsai., 2015)

Az alma minőségét számos biológialig aktív vegyület határozza meg, mint például aszkorbinsavak, tiolok, fitoszterolok, rostok vagy a pektinek. (Sawicka, és mtsai., 2023)

1.4.1 AZ ALMA SÚLYÁNAK MINŐSÉGI KÖVETELMÉNYEI FOGYASZTÓI SZEMMEL

A gyümölcsök súlya a tárolás során fokozatosan csökken, amellyel egyaránt magának az almának a minősége is romlik. (Khan, és mtsai., 2017)

1.4.2 AZ ALMA ALAKJÁNAK MINŐSÉGI KÖVETELMÉNYEI FOGYASZTÓI SZEMMEL

A gyümölcs mérete és alakja alapvető külső minőségi jellemző a kereskedelemben. A gyümölcs méretét többnyire az átlagtömeggel számszerűsítik, amelyet a gyümölcs hossza és átmérője alapján határoznak meg. A gyümölcs alakja morfológikusan számszerűsíthető a hossz és az átmérő alapján, vagy leírható morfológiai jellemzőkkel, mint például a gyümölcs alakindexe, amely a hossz és átmérő aránya. Az almatermesztési programokban felhasználható új almafajtáknak (*Malus domestica*), amelyek javított és új minőségi tulajdonságokkal rendelkeznek, meg kell felelniük a fogyasztók igényeinek (Meneses, és

mtsai., 2013). A piac általában nagy gyümölcsöket követel. A fogyasztók a viszonylag nagyobb hosszanti és kisebb szélességi átmérőjű gyümölcsöket részesítik előnyben. (Chang, és mtsai., 2014)

1.4.3 AZ ALMA SZÍNÉNEK KÖVETELMÉNYEI FOGYASZTÓI SZEMMEL

Az élelmiszeriparban a legszélesebb körben használt színskálák a Hunter L,a,b és a CIE L^*,a^*,b^* skálák, amelyek 3 dimenzióban illusztrálják a színskálákat. Mindkettő az opponens színek elméletén alapul, amely szerint az emberi szem vörös, zöld és kék színt érzékel, amelyek az emberi szemben található csapok és pálcikák válaszai a látóidegen; felfelé haladva az agyba fekete-fehér, vörös-zöld és sárga-kék, opponens kódolókká keverednek újra.

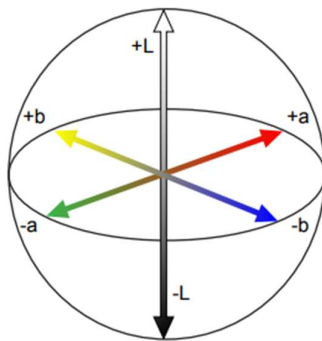
Az L,a,b típusú skálák ezt a következőképpen mutatják be:

- L (világosság) tengely: 0 a fekete, 100 a fehér;
- a (vörös-zöld) tengely: a pozitív értékek vörösek, a negatív értékek zöldek, a 0 pedig semleges;
- b (sárga-kék) tengely: a pozitív értékek sárgák, a negatív értékek kékek, a 0 pedig semleges.

A CIELab színtér 3D-s modelljét a következő 3. ábra szemlélteti.

3. ábra A CIELab színtér 3-D modellje

Forrás: (Bisulca, és mtsai., 2012)



Minden vizuálisan érzékelhető szín mérhető az L^*,a^*,b^* skálán, miközben a skála a minta és a standard közötti színkülönbséget is mérheti. A színtkomponens-különbség kiszámolása a minta és a kiindulási (standard) érték különbségéből határozható meg. (Good, 2017)

- Ha a $\Delta L = L_0 - L$ pozitív, akkor a minta világosabb, mint a standard. Ha negatív, akkor sötétebb, mint a standard.
- Ha a $\Delta a = a_0 - a$ pozitív, akkor a minta pirosabb (vagy kevésbé zöld), mint a standard. Ha negatív, akkor zöldebb (vagy kevésbé vörös), mint a standard.
- Ha a $\Delta b = b_0 - b$ pozitív, akkor a minta sárgább (vagy kevésbé kék), mint a standard. Ha negatív, akkor többnyire kék (vagy kevésbé sárga).

A színek különbség, azaz a ΔE értéke koordinátageometria használatával számítható ki az alábbi egyenlet szerint: (Weatherall, és mtsai., 1992)

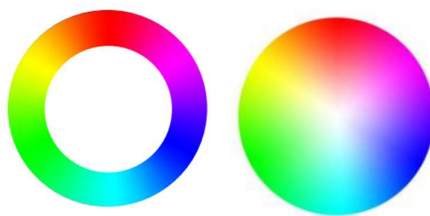
$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2}$$

Végtelen számú szín vesz körül bennünket, amelyeket az egyes emberek különbözőképpen érzékelnek, és amelyek meglehetősen szubjektív módon írhatók le. Az általunk látott színek és az általunk reprodukálni kívánt színek pontos kommunikációja objektív színmeghatározási szabványokat, pontos numerikus mérési rendszereket és univerzális kommunikációs protokollt igényel. A HUE (színárnyalat) az az egyszerű válasz, amelyet arra a kérdésre adunk, hogy „Milyen szín ez?”. Egy szín árnyalatát nevezhetjük pirosnak, kéknek, rózsaszínnek, lilának stb. Az árnyalatokat általában a fény domináns hullámhosszai szerint írják le és osztályozzák, és az elméleti színekör kontinuumán rendezett pozíciókat foglalnak el. A színárnyalatokat általában a látható spektrum széles tónuscsaládjait leíró ismert nevekkkel határozzák meg. Az árnyalatok rendezett osztályozása olyan orientációs mintát követ, amely megegyezik a színek sorrendjével, amelyet akkor figyelhetünk meg, amikor fehér fényt engedünk át egy üvegprizmán, vagy ahogyan azt a szivárványban látjuk: vörös, narancs, sárga, zöld, kék, indigó, ibolya. A tiszta fehér, a semleges szürke és a fekete nem rendelkezik árnyalattal. (Sappi Fine Paper North America, 2012)

Az 4. ábra a színárnyalatok sorrendjét mutatja a jól ismert színekör kontinuumán.

4. ábra Színárnyalatok sorrendje

Forrás: (Sappi Fine Paper North America, 2012)



1.4.4 AZ ALMA CUKORTARTALMÁNAK KÖVETELMÉNYEI FOGYASZTÓI SZEMMEL

A Brix a nyerscukoroldatban lévő szacharóztartalom mennyisége. A Brix-fok (szimbólum °Bx) az oldatban lévő oldott szilárd anyagok koncentrációját méri. Az egy fokos Brix 1 gramm szacharóz 100 gramm oldatban, és az oldat erősségét a tömegszázalékban fejezi ki. °Bx-et hagyományosan a bor, a cukor, a szénsavas ital, a gyümölcslé, a juharszirup és méz szacharóz mennyiségének mérésére használják. (Elewa, és mtsai., 2015)

1.4.5 AZ ALMA SAVTARTALMÁNAK KÖVETELMÉNYEI FOGYASZTÓI SZEMMEL

A gyümölcsök termőhelytől, fajtától, évjáratától, valamint az érettségi állapottól függően különböző cukor- illetve savtartalommal rendelkeznek. A savas közeg (pH 3,5) számos baktérium szaporodását hátráltatja, ezáltal védve a gyümölcsöket az ártalmas mikroorganizmusokkal szemben. Az érettségi állapotban éri el a gyümölcs a maximális savtartalmat, illetve az aromáinak koncentrációja is itt éri el a lehető legmagasabb szintet, amely túlérett állapotban csökken. (Kovács, 2018)

Az ízérzetért felelős savtartalom típusát teljes savtartalomnak (vagy TA) nevezzük, mely könnyen mérhető titrálással. A savasabb almalevek többségében a gyümölcslé pH-értéke 3,0; kisebb savtartalommal rendelkező gyümölcslevek esetében 4,5 körül van. Az említett TA-skálán a savasságot többnyire gramm/liter (g/l) mértékegységben fejezik ki. Az összes savtartalom kifejezhető százalékban, ez alapján 1% összes savtartalom 10 g/l-nek felel meg. (Jolicoeur, 2011)

1.5 KÍSÉRLETI ANYAG, A MÉRÉSEK TÁRGYA

A világ egyik legnépszerűbb gyümölcsfaja az alma, amelynek éves termelése világszerte 86 millió tonna. Termesztése többségében mérsékelt éghajlaton történik, ahol a tél pihenési időszakot jelent. Nemzetközi kereskedelembe a harmadik helyet foglalja el a szállíthatósági sorban a banán és a szőlő után. (Walkowiak-Tomczak, és mtsai., 2021) Mára már hosszútávú hűtőtárolásban akár egy évig is eltartható, ennek köszönhetően a fogyasztók mindenhol elérhető áron vásárolhatnak almát, az év bármely szakaszában. (Fischer, és mtsai., 2020)

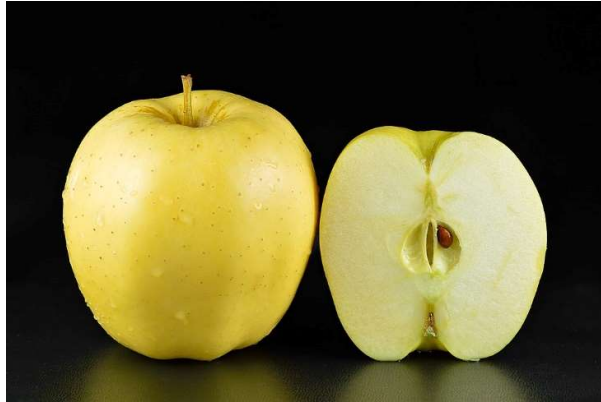
Az európai országokban az emberi táplálkozás alapeleme az alma, a fogyasztók számára könnyen elérhető, azonban az értékes tápanyagok minőségének megőrzése kulcsfontosságú

kérdés a tárolási időszak során, egészen a szállítástól a bolti polcokon való elosztásig. (Kistechok, és mtsai., 2023)

A Delicious almafajta (5. ábra) csoportja dominál a piacon. (Mangaraj, és mtsai., 2008)

5. ábra Golden Delicious alma

Forrás: https://hu.wikipedia.org/wiki/Golden_delicious



Szeptember végén, október elején szüretelhető. A gyümölcsének mérete középnagy, esetleg nagy (140-180g), alakja gömbölyded vagy némileg megnyúlt. A gyümölcs héja vékony, érése kezdetén színe zöldessárga, érése után sárga. A termés húsa sárgás, édes, kissé savas. (Kiss, 2001)

Kays (1999) tanulmánya alapján az egyes tulajdonságok a következőképpen befolyásolják egy gyümölcs minőséget fogyasztói szempontból:

- **Méret:** adott termés egyes egységeinek mérete nagymértékben befolyásolja a fogyasztói választást; sok gyümölcs esetében a fogyasztók méret alapján válogatnak.
- **Alak:** az alak maga a termésnek a körvonala, amely egyértelműen definiálható egy konkrét mértékegység és/vagy matematikai kapcsolat alkalmazásával, ennek ellenére általánosságban elmondható, hogy az alak szubjektív módon kerül megállapításra. Az alak kismértékű szabálytalanságai, eltérései – például az eltérő klímaviszonyok között eltérő formájú Delicious almatermés – többségében jelennek meg, mint kritikus tényező a legvégső fogyasztói választásban, ezzel ellentétben a szélsőséges alakváltozások befolyásolják a fogyasztói döntést.
- **Forma:** Az adott termés egyes részeinek elhelyezkedése, amely az alakhoz és mérethez hasonlóan erőteljesen befolyásolja a fogyasztói elfogadhatóságot.

- **Szín:** A gyümölcs színe a legmeghatározóbb a minőség megítélésakor fogyasztói szempontból. A vásárlók egyértelműen összekapcsolják a szín és a termés minőségét, amelyből következtetnek az egyik jellemzőről a másikra. Összeségében a szín az elsődleges szempont a vásárló számára a termés minőségének megítélésére, ezzel szemben a minőség és a szín nem minden esetben korrelál szorosan egymással.
- **Állapot:** Széles skálán öleli fel a vizsgált termés tulajdonságait: magába foglalja az általános vizuálisan látható minőségi paramétereket – például a színt, a formát, valamint a hibamentességet – azonban tartalmazhat nehezen definiálható kritériumokat is, mint például a tisztaságot, az érettséget, továbbá a frissességet, amely a termék pillanatnyi fizikai állapota.
- **Hibák hiánya:** A változatosság az agrártermékek esetében a termesztésben veleszületett tényező. Egy adott termékkategóriában a teljes mennyiség egy bizonyos része eltér az optimálisnak tekinthető minőségi komponensektől. Ezek a minőségi hibák nemkívánatosak, kifejezetten atipikus, külsőleg rájuk kényszerített változásokként tekintjük azokat, például rovarkár, vagy jégverés okozta károk. Az előzőleg felsorolt kategóriákban (méret, forma, állapot, szín) a normálistól eltérő termékek szintén hibásnak minősülnek. A válogatások során a hibás termékek „lefokozódnak”, ennek köszönhetően egy adott kereskedelemben már csak a hiba nélküli termékek kerülnek.

Az almákat méret alapján hét osztályba sorolják. A méretparaméter a gyümölcs egyenlítői átmérője (E.D. equatorial diameter): (Mangaraj, és mtsai., 2008)

- szupernagy (E.D. = 8,5 cm),
- extra nagy (8 cm),
- nagy (7,5 cm),
- közepes (7 cm),
- kicsi (6,5 cm),
- extra kicsi (6 cm) és
- pitto (5,5 cm) stb.

1.6 ALKALMAZOTT STATISZTIKAI MÓDSZEREK

A varianciaanalízis (ANOVA) a kezdetektől fogva a statisztikai elemzések egyik alapvető eszköze, elsősorban a különböző csoportok átlagainak összehasonlítására használják a szignifikáns különbségek azonosítása érdekében. A kutatások egyre összetettebbé válnak, különösen az olyan területeken, mint a társadalomtudományok, az orvostudomány és a közgazdaságtan, azonban az ANOVA jelentősége nem csökkent, sőt inkább fejlődött. A módszer alkalmazkodott az összetett kísérleti tervek és hierarchikus adatszerkezetek által támasztott új kihívások kezeléséhez.

Alapjában véve a klasszikus ANOVA egy additív modell, amely segít a kutatóknak az adatokon belüli variabilitás felbontásában azáltal, hogy a különböző variációs forrásokhoz, például a kezelési hatásokhoz, a véletlen hibához és a változók közötti kölcsönhatásokhoz kapcsolódóan az adatokat összetevőkre osztja fel. Ez a módszer fontos szerepet játszott annak meghatározásában, hogy a csoportátlagokban megfigyelt különbségek statisztikailag szignifikánsak-e, vagy valószínűleg a véletlenszerűségnek köszönhetőek. Az ANOVA-t hagyományosan széles körben alkalmazzák olyan kísérleti tervekben, ahol több csoportot hasonlítanak össze. (Gelman, 2005)

Az egyirányú ANOVA egy független változót használ, míg a kétirányú ANOVA két független változót használ.

Az ANOVA az F-tesztet használja a statisztikai szignifikancia megállapítására, ezáltal lehetővé teszi egyszerre több átlag összehasonlítását, mivel a hibát az összehasonlított adatok egészére számítják ki, nem pedig minden egyes kétirányú összehasonlításra (ami a t-teszt esetében történne).

Az F-teszt az egyes csoportátlagok szórását hasonlítja össze a teljes csoport szórásával. Ha a csoportokon belüli variancia kisebb, mint a csoportok közötti variancia, az F-teszt magasabb F-értéket fog találni, és így nagyobb a valószínűsége annak, hogy a megfigyelt különbség valós, és nem csak véletlen műve.

Az ANOVA teszt feltételezései megegyeznek bármely parametrikus teszt általános feltételezéseivel:

- A megfigyelések függetlensége: az adatokat statisztikailag érvényes mintavételi módszerekkel gyűjtötték, és nincsenek rejtett kapcsolatok a megfigyelések között.

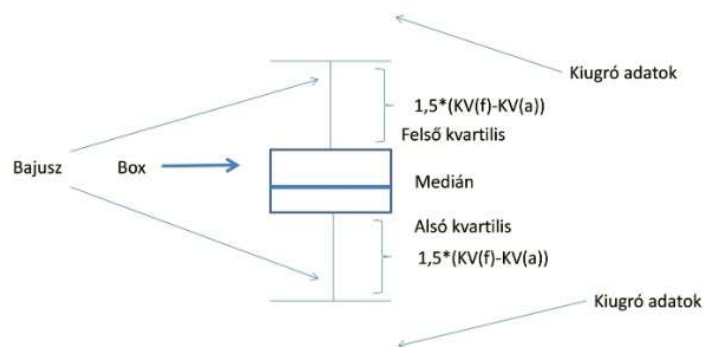
- Normál eloszlású válaszváltozó: a függő változó értékei normális eloszlást követnek.
- A variancia homogenitása: az egyes összehasonlított csoportokon belüli szórás minden csoport esetében hasonló. Ha a varianciák eltérnek a csoportok között, akkor az ANOVA valószínűleg nem megfelelő az adatokhoz. (Bevans, 2024)

A *box and whisker* plot vagy diagram (más néven boxplot vagy dobozdiagramm) egy adatelemzési módszer, amelyet a minták kimenetének megállapítására használnak. A boxplot megmutatja az adatok tartományait és eloszlását. A boxplot használatával könnyen összehasonlíthatjuk a különböző adatkészleteket.

A boxplot módszerben a bemeneti adathalmazt kvartilisekre osztjuk. A boxplotban van minimális érték, azaz alsó kvartilis, medián, valamint felső kvartilis, azaz maximális érték. A boxplot egy dobozt tartalmaz, amely az alsó kvartilisből a felső kvartilisbe megy. A felső kvartilis és az alsó kvartilis közötti különbség a doboz hossza. A boxplot dobozán belül egy függőleges vonal húzódik, ez az adathalmaz mediánja. (6. ábra) Az alsó minták mediánját „alsó kvartilisnek”, a felső minták mediánját pedig „felső kvartilisnek” nevezzük. A boxplot dobozán kívül még két függőleges vonal húzódik, az egyik függőleges vonalat a felső kvartilis közelében felső whiskernek (felső bajusznak), a másikat az alsó kvartilis közelében alsó whiskernek (alsó bajusznak) nevezik. (Divagar, és mtsai., 2017)

6. ábra Dobozdiagramm

Forrás: http://www.jgypk.hu/tamop15e/tananyag_html/statisztika/minta_boxbajusz_brzolsa_box_and_whiskers_plots.html



2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1 GOLDEN DELICIOUS ALMA HŰTVE TÁROLÁSÁNAK KÖRÜLMÉNYEI

A Golden Delicious almákat azonos üzletben vásároltam meg, ezzel reprezentálva egy közönséges vásárló tevékenységét, ezáltal megfelelő mintát biztosítva az átlagos vásárlói tapasztalatok és igények demonstrálásához. Az almák megvétele után azokat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Budai Campusának Gyümölcstermesztési tanszékére szállítottam.

Fogyasztóként a kereskedelmi forgalomban megvásárolt Golden Delicious fajtájú almákat az otthoni tárolást szimulálva két különböző hőmérsékleten (5°C és 10°C) tároltam tovább. Ezt két különböző hűtőszekrény segítségével valósítottam meg. (7. és 8. ábra) A páratartalom mind a két esetben azonos volt ($rH=85\%$).

7. ábra Hűtőszekrényben tárolt alma ($T_1=5^{\circ}\text{C}$)

Forrás: Saját kép



8. ábra Hűtőszekrényben tárolt alma ($T_2=10^{\circ}\text{C}$)

Forrás: Saját kép



A tárolási hőmérséklet kiválasztásánál figyelembe vettem azokat az általános környezeti adottságokat, amelyekkel a fogyasztók otthonaikban találkozhatnak; szimuláltam egy nem túl jól beállított hűtőszekrényben (kb. $+5^{\circ}\text{C}$), valamint hűtőkamrában vagy pincében (kb. $+10^{\circ}\text{C}$) uralkodó körülményeket. A kísérlet időtartama 10 hét volt, ami elegendő időt biztosított az alma tárolási körülményeinek az eltarthatósági időre és a minőségre gyakorolt hatásának megfigyelésére.

A kísérlet során heti rendszerességgel vettem mintákat. Minden héten minden hőmérsékleti állapotból öt almát választottam ki, és különböző paraméterek szempontjából vizsgáltam

azokat. A mintavételezés célja az volt, hogy nyomon kövessem az alma súlyának, színének, cukortartalmában és savasságában bekövetkező változásokat az idő múlásával. A felsorolt paraméterek rendszeres mérése lehetővé tette, hogy pontos képet kapjak arról, hogy a tárolási körülmények hogyan befolyásolják az alma minőségét, valamint eltarthatóságát.

A hagyományos fogyasztói tárolási körülmények szimulálásával a tanulmány célja, hogy gyakorlati javaslatokat szolgáltatson az alma minőségének háztartási körülmények közötti megőrzésére.

2.2 A KÍSÉRLET SORÁN VIZSGÁLT PARAMÉTEREK

2.2.1 FIZIKAI PARAMÉTEREK: SÚLYMÉRÉS

Az almák súlyának mérésére KPZ 2-05-4 típusú digitális mérleget (9. ábra) használtam, annak érdekében, hogy a legkisebb súlyváltozásokat is nyomon követhessem a mérleg megbízhatósága, valamint pontossága által. (Germany, Hamburg, type KPZ 2-05-4, 0-6kg $\pm 0,2g$) A digitális mérleg használatával nyert adatokat rendszeres időközönként, azaz heti gyakorisággal rögzítettem mindkét hőmérsékleten.

A súlyvesztés kritikus paraméter, ugyanis közvetlenül kapcsolatban áll a gyümölcs frissességével, illetve a piacképességével. A súlycsökkenés nyomon követése kulcsfontosságú az alma tárolási ideje alatt. Ahogy az alma vizet veszít a tárolási idő előre haladtával, úgy csökken a súlya, amely hatással lehet a gyümölcs állagára, szilárdságára, illetve az általános fogyasztói elfogadhatóságra.

9. ábra KZP-típusú digitális mérleg

Forrás: Saját kép



2.2.2 FIZIKAI PARAMÉTEREK: SZÍNMRÉS

Az almák tárolása során fellépő színváltozás méréséhez Nix Pro színszenzort használtam.

A minőségi paraméterek között a gyümölcs színe kiemelkedő, hiszen a szín a fogyasztói megítélést, valamint elfogadhatóságot nagymértékben befolyásolja. A színmérő műszer számszerűsíti a színt szabványos színértékek alapján, ezáltal objektív adatokat szolgáltat az alma színének változásáról a tárolási idő előrehaladtával.

A rendszeres időközönkénti mérések alapján nyert adatok átfogó képet alkotnak a tárolási hőmérséklet és az idő által okozott vizuális minőségbeli változásokról.

Az almák tárolása során fellépő színváltozás méréséhez használt Nix Pro színmérő szenzor a CIELab színrendszert alkalmazza. (10. ábra) A műszer gyártója: Nix Sensor Ltd.

10. ábra A színéréshez használt Nix Pro Colour Sensor

Forrás: Saját kép



2.3 BELTARTALMI PARAMÉTEREK

2.3.1 BELTARTALMI PARAMÉTEREK: CUKORTARTALOM MÉRÉSE

Az almák cukortartalmának méréséhez HANNA HI96801 típusú műszert használtam.

Az alma cukortartalma a gyümölcs ízprofiljának, valamint az általános fogyasztói elfogadhatóságnak kulcsfontosságú tulajdonsága. Az oldható szárazanyag tartalom elsősorban cukrokat tartalmaz, amely az alma édeségét szabályozza, mindemellett szerepet játszik a texturális tulajdonságokban is. A magas Brix tartalom édes almát jelent, a

cukortartalom változása a különböző tárolási körülmények között elengedhetetlen az optimális tárolási hőmérséklet megértéséhez.

A cukortartalom méréséhez az almákat elsősorban egy speciális gyümölcscentrifuga (11. ábra) segítségével kipréseltem annak érdekében, hogy a kinyert almalé cukortartalmát megmérhessem, amelyhez egy digitális refraktométert használtam. (12. ábra)

A cukortartalom során használt HANNA HI96801 típusú műszer mérési tartománya: 0–85% Brix, gyártója: Hanna Instruments.

11. ábra Speciális gyümölcscentrifuga

Forrás: Saját kép



12. ábra Digitális refraktométer

Forrás: Saját kép



2.3.2 BELTARTALMI PARAMÉTEREK: SAVTARTALOM MÉRÉSE

A savtartalom méréséhez ATAGO™ 7100 műszert használtam. (13. ábra)

13. ábra Digitális savtartalom mérő

Forrás: <https://www.fishersci.pt/shop/products/pocket-brix-acidity-meter-master-kit/15963557>



A savtartalom befolyásolja a gyümölcs ízét, minőségét, továbbá az alma savanyúságához is hozzájárul. A savasság kulcsfontosságú szerepet játszik a gyümölcs édességének kiegyensúlyozásában, ezáltal a magasabb savtartalom frissebb ízzel jár, míg az alacsonyabb savtartalom íztelen élményt eredményez.

A savtartalom mérésekor használt ATAGO™ 7100 típusú eszköz mérési tartománya: 0,1 - 4,0%, gyártója ATAGO.

A savtartalom méréséhez a gyümölcslevet hígítani volt szükséges; 1g almalevet 50g-ra desztillált vízzel hígítottam. Az oldatot digitális refraktométerrel mértem a pontos adatok kinyerése céljából. (14. ábra) A leírt módszerrel pontos és megbízható adatokat gyűjtöttem az almák kémiai összetételéről.

14. ábra A savtartalom méréséhez szükséges (a) 1g almalé; (b) desztillált vízzel felhígított almalé
Forrás: Saját kép



a)



b)

2.4 A KÍSÉRLET SORÁN ALKALMAZOTT STATISZTIKAI MÓDSZEREK ÉS SZOFTVEREK

A kutatás során nyert adatok értékelése az R Studio programban, R programnyelv használatával, többféle statisztikai módszer segítségével történt annak érdekében, hogy a különböző hőmérsékleten tárolt almák közötti eltérések szignifikanciáját vizsgáljam. Az R Studio program alkalmazásával a statisztikai elemzések pontos és egyértelmű eredményei segítettek az értelmezést, valamint vizualizációs csomagjai hozzájárultak az egyszerű szemléltetéshez.

Az almák alaki vizsgálataihoz (tömeg, szín) címkézett almákkal dolgoztam a kísérlet időtartama alatt, így ezen esetekben a fenti módszereket ismétléses mérés (repeated

measure) formában alkalmaztam. Az almák beltartalmi paramétereinek (cukortartalom, savtartalom) elemzésére címkézetlen almákon alkalmaztam roncsolásos mérési módszereket. A módszerek alkalmazása során ellenőriztem a statisztikai feltételek teljesülését (mint például a normalitást, varianciák homogenitását, szfericitást stb.). Ahol szükséges és lehetséges volt, ott alkalmaztam az elfogadott korrekciós eljárásokat (például Greenhouse-Geisser korrekció a szfericitás sérülésénél). A kísérlet folyamán a mért adatok kivizsgálásához egy- és kéttényezős varianciaanalízist (ANOVA) használtam, amelynek alkalmazásával egyszerre lehetséges több tényező megvizsgálása, például a tárolási hőmérséklet és az idő hatása az almák különböző paramétereire. Előnye, hogy nem csak a különböző tárolási körülmények közötti eltéréseket teszi vizsgálhatóvá, hanem azt is, hogy ezek az eltérések hogyan változnak az idő függvényében. A módszer segítségével interakciós hatások is kimutathatók, ezáltal feltárható, hogy a tárolási hőmérséklet és az idő hogyan befolyásolja együtt az almák tulajdonságait. Az ANOVA különösen alkalmas statisztikai módszer az ismételt mérések esetében, amely az eltérések beazonosítását még hatékonyabbá teszi.

A varianciaanalízis (ANOVA) esetében számos tényező befolyásolja a tesztek erősségét, amit több alkalommal tapasztaltam magam is a vizsgálatok során. Ilyen például a minta elemszáma, amelyet a jövőbeli kísérletek tervezésekor igyekszem figyelembe venni, és az itt szerzett tapasztalataimat beépíteni - már csak a kutatás jellegét is figyelembe véve, mely szerint az eredmény értékelése fogyasztói perspektívából kell, hogy történjen. A kísérlet során a fogyasztói perspektíva vizsgálata magával vonja a heterogénebb almacsoportok vizsgálatát, így a jövőre tekintettel a kiugró értékek kezelése hatékonyabbá válhat.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

3.1 AZ ALMA TÖMEGVÁLTOZÁSA A TÁROLÁSI IDŐ FÜGGVÉNYÉBEN, KÜLÖNBÖZŐ HŐMÉRSÉKLETEKEN

A tárolási idő előrehaladtával az alma súlyvesztesége a minőség romlásának meghatározó mutatója. A kísérlet során rögzített adatokról varianciaanalízis (ANOVA) statisztikai elemzést használtam a két különböző hőmérsékleten ($T_1=5^\circ\text{C}$ és $T_2=10^\circ\text{C}$) történő almatárolás közötti szignifikáns különbségek feltárása érdekében.

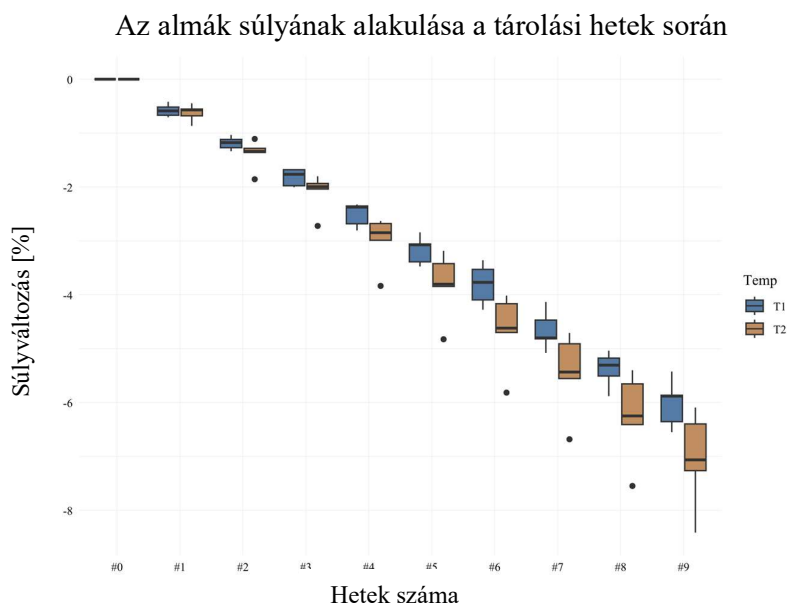
Az elemzés elsődleges célja kimutatni a fellépő szignifikáns különbségeket a két eltérő tárolási hőmérséklet között, továbbá hogyan változik a súly az idő függvényében az egyes hőmérsékleti körülmények között.

Míg az egyes hőmérsékleti csoportokon belül szignifikáns változások történtek az idő múlásával, a két hőmérséklet között a vizsgált paraméterek változásának különbözősége az esetek többségében nem kimutatható.

Az alábbi 15. ábra megjeleníti a tárolás során bekövetkezett súlyveszteséget

15. ábra Az almák súlyának alakulása a tárolási hetek során

Forrás: Saját készítésű diagram



A súlyvesztés szempontjából a hőmérséklet hatása nem bizonyult szignifikánsnak ($F(1;8)=4,401$; $p=0,069$), bár közel állt a 0,05-ös szignifikancia szinthez. Ez azt jelenti, hogy a két hőmérséklet között önmagában nem találtam egyértelmű különbséget a súlyvesztés mértékében. Azonban a hőmérséklet és a hét közötti interakció szignifikáns volt ($F(8;64)=6,008$; $p<0,01$), ami arra utal, hogy a tárolás során a hőmérséklet hatása idővel jelentős változásokhoz vezetett. A súlyvesztés dinamikája eltérően alakult a két hőmérsékleten a hetek során.

A két hőmérséklet közötti általános összehasonlítás nem mutatott szignifikáns különbségeket, az adatok részletesebb vizsgálata azonban azt mutatja, hogy az egyes hőmérsékleteken tárolt almák adatait külön-külön elemezve a súlyvesztés dinamikája szignifikáns különbségeket mutatott az egyes csoportokon belül a tárolási idő múlásával.

A súlyvesztés időbeli változása jelentős különbségeket mutatott a hetek során az alacsonyabb ($T_1=5^{\circ}\text{C}$) tárolási hőmérsékleten ($F(8;32)=823,368$; $p<0,01$), ami arra utal, hogy az alma súlyvesztése az idő előrehaladtával szignifikánsan változott.

A magasabb hőmérsékleti körülményen ($T_2=10^{\circ}\text{C}$) a 10 hetes tárolási időszak alatt az elemzés szignifikáns különbséget mutatott ($F(8;32)=320,579$; $p<0,01$) az alma súlyvesztése, valamint a tárolási idő előrehaladása között.

A kapott eredmények alapján a különböző tárolási hőmérséklet, illetve a tárolási idő között nincs szignifikáns különbség a súlyvesztésre vonatkozóan, azonban mindkét hőmérsékleti környezeten belül jelentős változások történtek a tárolási idő előrehaladtával.

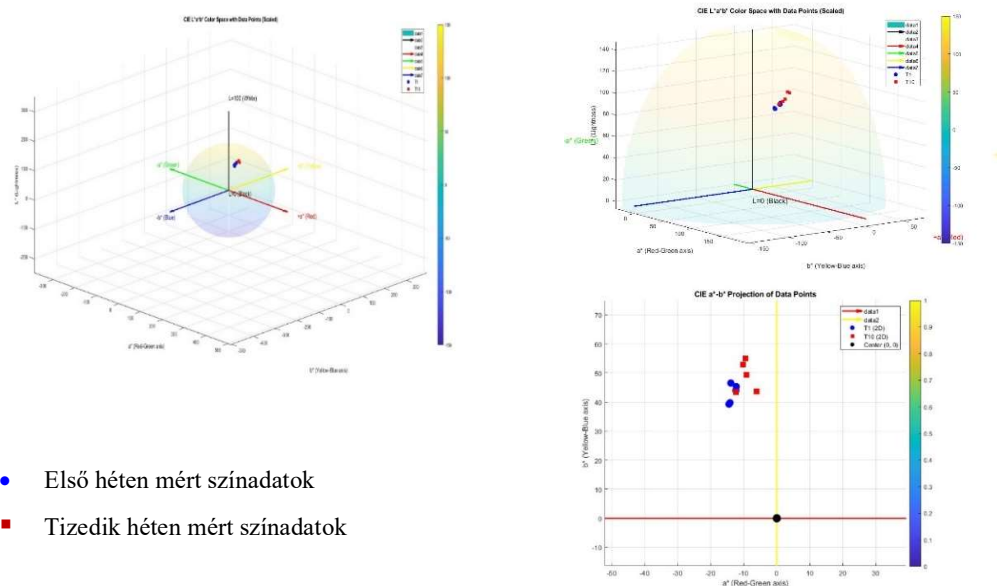
3.2 AZ ALMA SZÍNVÁLTOZÁSA A TÁROLÁSI IDŐ FÜGGVÉNYÉBEN, KÜLÖNBÖZŐ HŐMÉRSÉKLETEKEN

A tárolás során az egyik alapvető mutató a színváltozás. A két eltérő hőmérsékleten tárolt almák közötti különbségek felmérésére a színváltozás mértékében ANOVA tesztekkel végeztem. Az elemzés eredményeit a következőkben tárgyalom, megmutatva, hogy a hőmérséklet hogyan befolyásolja az almák vizuális megjelenését valamint eladhatóságát az idő múlásával.

Az alábbi 16. ábra szemlélteti a tárolás idő múlásával bekövetkezett színváltozást (ΔE) az alacsonyabb hőmérsékleten tárolt almák esetében:

16. ábra Az alacsonyabb hőmérsékleten ($T_1=5^\circ\text{C}$) mért színváltozás CIELab rendszerben

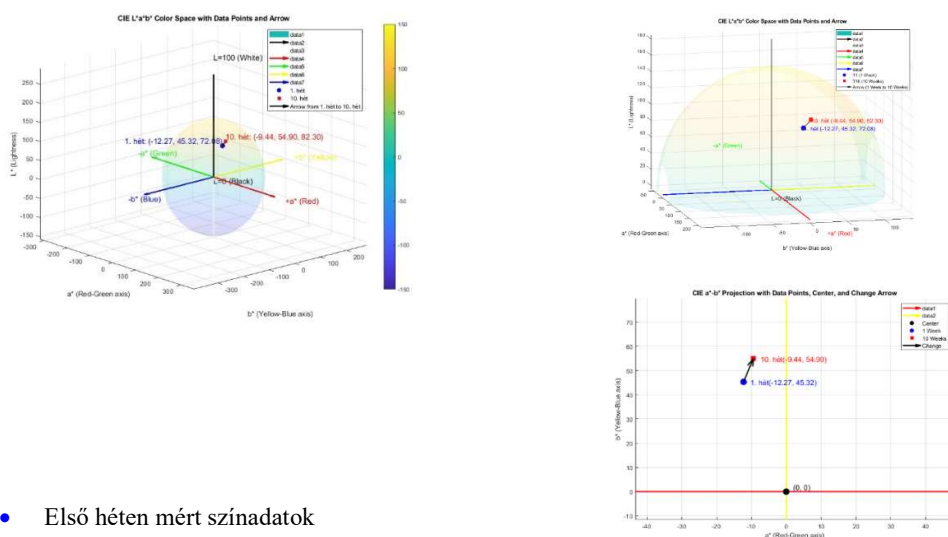
Forrás: Saját szerkesztés



A kísérlet során az első, illetve az utolsó héten mért adatokat - III. számmal megcímkézett, alacsonyabb hőmérsékleten tárolt alma esetében - CIEALab rendszerben a következő ábra szemlélteti (17. ábra):

17. ábra Az alacsonyabb hőmérsékleten ($T_1=5^\circ\text{C}$) mért III. számú alma színváltozása CIELab rendszerben

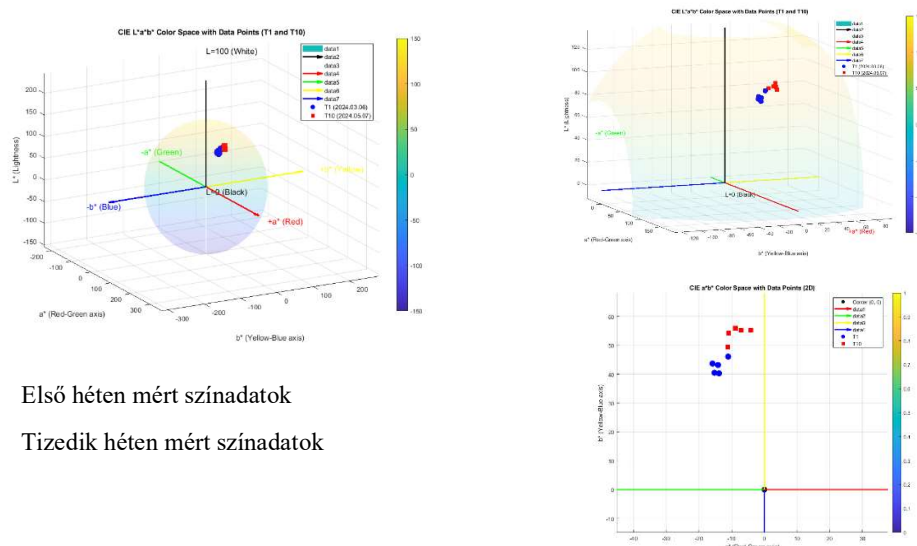
Forrás: Saját szerkesztés



A színváltozást a tárolási idő során a magasabb hőmérsékleti körülmények között tárolt almák esetében következő ábra mutatja (18. ábra).

18. ábra A magasabb hőmérsékleten ($T_2=10^\circ\text{C}$) mért színváltozás CIELab rendszerben

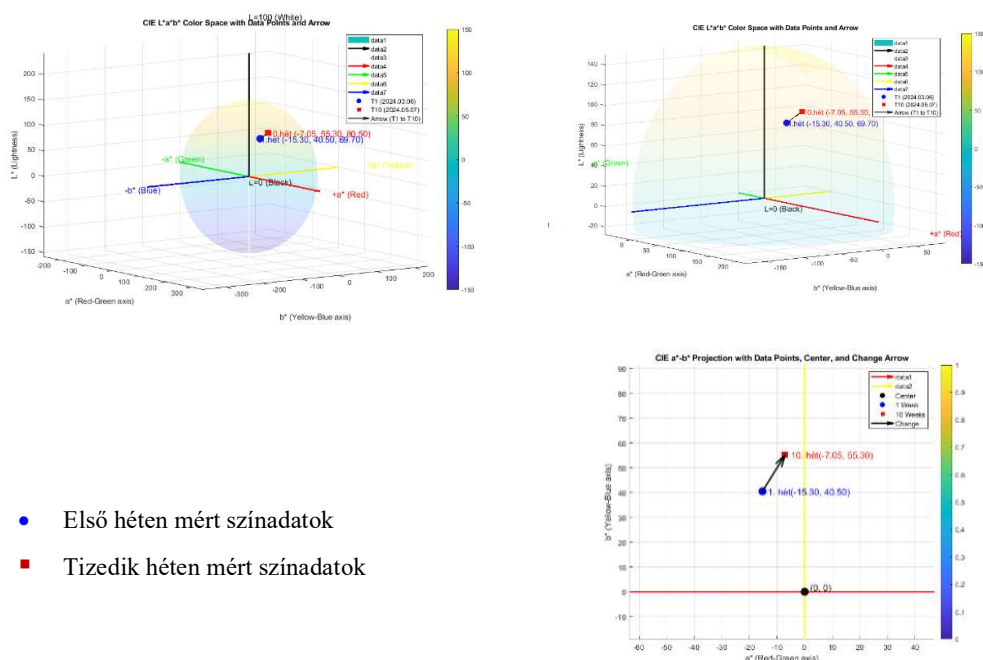
Forrás: Saját szerkesztés



A kísérlet során az első, illetve az utolsó héten mért adatokat - III. számmal megcímkézett, magasabb hőmérsékleten tárolt alma esetében - CIEALab rendszerben a következő ábra szemlélteti (19. ábra):

19. ábra A magasabb hőmérsékleten ($T_1=10^\circ\text{C}$) mért III. számú alma színváltozása CIEALab rendszerben

Forrás: Saját szerkesztés



A két hőmérsékleten tárolt almák mért adatainak színváltozását a következő táblázat foglalja össze. (1. táblázat)

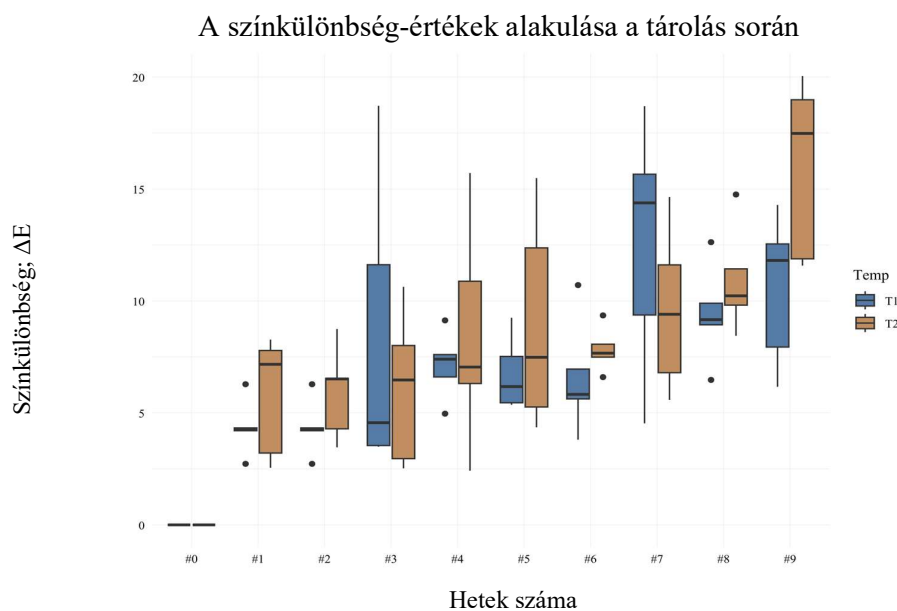
1. táblázat A két hőmérsékleten tárolt almák mért L^* , a^* , b^* adatai

$T_1 = 5^\circ\text{C}$					
Időpont	Hét	L^*	a^*	b^*	Mérőműszerről leolvasott adatok
2024.03.06	1. hét	72,08	-12,27	45,32	
2024.05.07	10. hét	82,30	-9,44	54,90	
$T_1 = 10^\circ\text{C}$					
Időpont	Hét	L^*	a^*	b^*	Mérőműszerről leolvasott adatok
2024.03.06	1. hét	69,7	-15,3	40,5	
2024.05.07	10. hét	80,5	-7,05	55,3	

Az adatelemzés során rögzített adatok a színváltozás tekintetében az alábbi ábrán láthatók. (20. ábra)

20. ábra A színkülönbség-értékek alakulása a tárolás során

Forrás: Saját készítésű diagram



A színkülönbség (ΔE) szempontjából a hőmérséklet hatása nem bizonyult szignifikánsnak ($F(1;8)=0,582$; $p=0,468$). A varianciaanalízis (ANOVA) alapján a két eltérő tárolási hőmérséklet között önmagában nem tapasztaltam egyértelmű különbséget a színkülönbség

mértékében. A hőmérséklet valamint az idő (hét) közötti interakciót megvizsgálva az szintén nem mutatott szignifikáns különbséget ($F(8;64)=1,900$; $p=0,075$), ennek következtében a tárolás 10 hete során a hőmérséklet hatása nem mutatható ki színekülönbség-változásában.

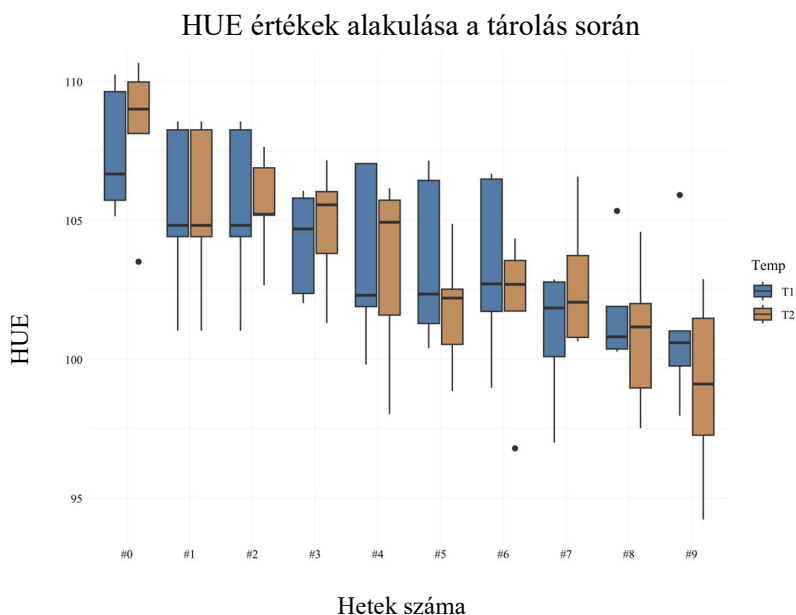
Az elemzés szignifikáns különbséget mutat ($F(8;36)=4,312$; $p<0,01$) az alma színváltozásában a 10 hetes tárolási idő előrehaladtával az alacsonyabb hőmérsékleti körülmény ($T_1=5^{\circ}\text{C}$) között.

Az elemzés szintén szignifikáns különbséget mutat ($F(8;36)=3,129$; $p<0,01$) az alma színváltozásában a tárolási idő elteltével a magasabb hőmérsékleti körülmény ($T_2=10^{\circ}\text{C}$) között.

Az alábbi ábra (21. ábra) szemlélteti a tárolás során bekövetkezett színárnyalatok változását.

21. ábra HUE értékek alakulása a tárolás során

Forrás: Saját készítésű diagram



A HUE (színárnyalatok) szempontjából a vizsgálat során a hőmérséklet hatása nem mutatkozott szignifikánsnak ($F(1;8)=0,937$; $p=0,811$). Ebből következtethető, hogy önmagában a két hőmérséklet között egyértelmű különbséget a HUE mértékében nem találtam. A hőmérséklet és a hét közötti kölcsönhatás között nem mutatható ki szignifikáns különbség ($F(9;72)=0,937$; $p=0,499$).

Az adatok további elemzése során a HUE az alacsonyabb hőmérsékleti körülmény között ($T_1 = 5^\circ\text{C}$) nem mutat szignifikáns különbséget ($F(8;32)=1,774$; $p=0,115$); ennek ellenére a magasabb hőmérsékleten ($T_2=10^\circ\text{C}$) tárolt almák esetében az alma színváltozásában a 10 hetes tárolási időszak alatt kimutatható szignifikáns különbség ($F(8;36)=3,117$; $p<0,01$).

A statisztikai elemzések nem mutatottak szignifikáns különbséget ($p>0,05$) a két hőmérsékleti körülmény között a színváltozás tekintetében. Viszont a ΔE és HUE értékek szignifikáns különbséget mutatható ki.

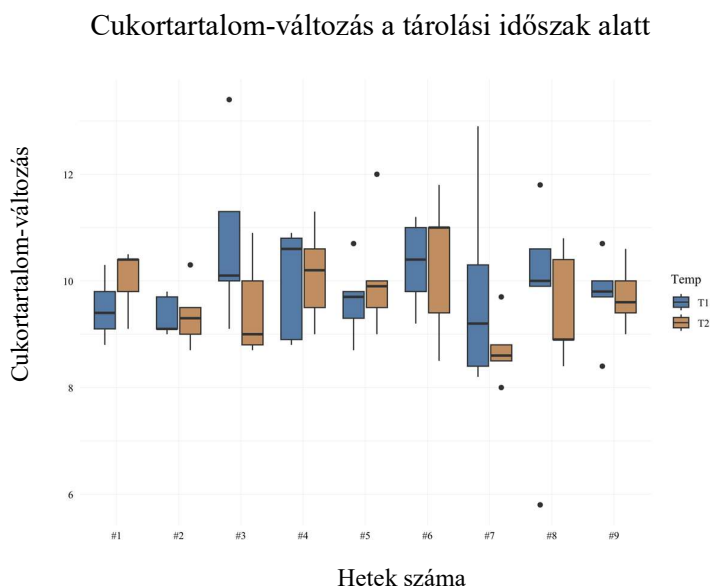
3.3 AZ ALMA CUKORTARTALMÁNAK VÁLTOZÁSA A TÁROLÁSI IDŐ FÜGGVÉNYÉBEN, KÜLÖNBÖZŐ HŐMÉRSÉKLETEKEN

Az alma cukortartalmának mennyisége meghatározza az alma édességét, döntő fontosságú az eltarthatóság, valamint a fogyasztói preferencia meghatározásában. Ennek következtében fontos megérteni a tényezők milyen kölcsönhatásban befolyásolják az alma cukortartalmát, ezáltal a fogyasztók által megítélt minőségét. Az elemzés célja, hogy a hőmérséklet és a tárolási idő (hét), illetve az említett két tényező kölcsönhatása milyen mértékben befolyásolja az alma cukortartalmát.

Az alábbi ábra (22. ábra.) szemlélteti a tárolás során bekövetkezett cukortartalom-változást.

22. ábra Cukortartalom-változás

Forrás: Saját készítésű diagram



Az elemzés 10 hetes tárolási időszaka alatt a két eltérő hőmérsékleti körülmény nem mutatott ki jelentős különbséget az alma cukortartalmának változásában ($F(1;88)=0,417$; $p=0,52$), annak ellenére, hogy ez 0,5-os szignifikancia szinthez nagyon közel állt.

A cukortartalom időbeli változása különbségeket nem mutatott ($F(8;36)=0,604$; $p=0,768$) a hetek során az alacsonyabb tárolási hőmérsékleten ($T_1=5^{\circ}\text{C}$), ami arra utal, hogy az alma cukortartalma a tárolási idő előrehaladtával szignifikánsan nem változott.

Az elemzés szignifikáns különbséget nem mutatott ($F(8;36)=1,529$; $p=0,182$) az alma cukortartalma, valamint a tárolási idő előre haladtával a magasabb hőmérsékleti körülmény ($T_2=10^{\circ}\text{C}$) között a 10 hetes időszak alatt.

Az elemzés során az eltérő tárolási hőmérséklet valamint az idő (hét) közötti kölcsönhatás nem volt statisztikailag szignifikáns. Az eredmények alapján a cukortartalomra gyakorolt hatás az idő függvényében nem változott jelentős mértékben.

3.4 AZ ALMA SAVTARTALMÁNAK VÁLTOZÁSA A TÁROLÁSI IDŐ

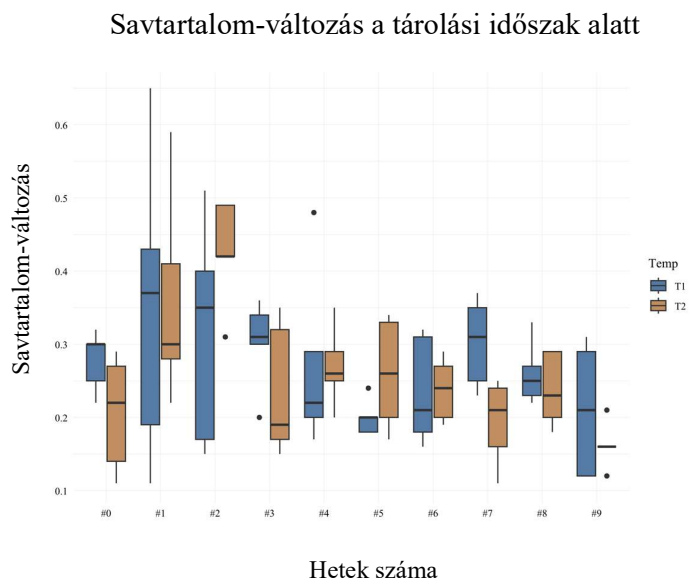
FÜGGVÉNYÉBEN, KÜLÖNBÖZŐ HŐMÉRSÉKLETEKEN

A gyümölcsök ízét az adott termés savassága nagymértékben befolyásolja. A kísérlet során a két különböző tárolási hőmérsékleten tárolt almák savtartalmának változását követtem nyomon, annak érdekében, hogy megállapítsam a tárolási hőmérsékletek hatását a gyümölcsök savtartalmára a 10 hetes tárolási időszak alatt.

Az alábbi ábra (23. ábra.) szemlélteti a 10 hetes tárolási időszak során bekövetkezett savtartalom-változást.

23. ábra Savtartalom változása a tárolási időszak alatt

Forrás: Saját készítésű diagram



A savtartalom szempontjából a hőmérséklet hatása nem bizonyult szignifikánsnak ($F(1;88)=0,099$; $p=0,754$), a két hőmérséklet között önmagában nem mutatható ki egyértelmű különbség a savtartalom változásában.

A savtartalom elemzése az alacsonyabb hőmérsékleti körülmény között ($T_1=5^{\circ}\text{C}$) szignifikáns különbséget nem mutatott ($F(8;36)=1,058$; $p=0,413$) a savtartalom-változás mértékében a 10 hetes időszak alatt.

Az adatok részletesebb vizsgálata azonban azt mutatja, hogy a savtartalom, valamint a magasabb hőmérsékleti körülmény ($T_2=10^{\circ}\text{C}$) között szignifikáns különbség mutatható ki ($F(8;36)=5,635$; $p<0,01$) a savtartalom-változás szintjében a 10 hetes időszak alatt.

A számított eredmények alapján a különböző tárolási hőmérséklet és a tárolási idő között nincs szignifikáns különbség a savtartalomra vonatkozóan. A magasabb hőmérsékleti feltételeken belül azonban jelentős változások történtek a tárolási idő előrehaladásával a savtartalom-változás mértékében.

3.5 A KÜLÖNBÖZŐ TÁROLÁSI HŐMÉRSÉKLETEN MÉRT ADATOK ELEMZÉSE ÉS ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A kutatás során a hűtőházban két különböző hőmérsékleten (5°C és 10°C) 10 héten keresztül tárolt almák mért paramétereinek ANOVA elemzési eredményit a következő 23. táblázat foglalja össze:

2. táblázat $p < 0,01$ szignifikancia esetére

	Ismétléses (címkézett) vizsgálat			Roncsolásos vizsgálat	
	Súlyvesztesség	ΔE	HUE	Cukor	Sav
T₁ = 5°C hőmérséklet	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p = 0,115$	$p = 0,768$	$p = 0,413$
T₂ = 10°C hőmérséklet	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p = 0,182$	$p < 0,01$
A két tárolási hőmérséklet közötti különbség	$p = 0,069$	$p = 0,468$	$p = 0,811$	$p = 0,52$	$p = 0,754$
Hőmérséklet : Hét	$p < 0,01$	$p = 0,075$	$p = 0,499$	—	—

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

4.1 A KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI ALKALMAZÁSA A FOGYASZTÓK SZÁMÁRA

Dolgozatom célja a vevők perspektívájából az otthoni almatárolás módszereinek, valamint lehetőségeinek feltárása, továbbá azok hatása az eltarthatóságra. Fogyasztói szemszögből az almának minőségének megőrzése a tárolás során kulcsfontosságú szempont.

Fogyasztói szemszögből a tanulmány eredményei értékes és meglepő betekintést nyújtanak az alma otthoni tárolásának tekintetében. A fogyasztók a gyümölcsök frissességének megőrzése céljából többnyire hűtőben tárolják a kereskedelemről megvásárolt almákat a minőség megőrzése végett. Az alacsony hőmérséklet hatékonyan lassítja le az érési folyamatokat, azonban olyan járulékos költségekkel jár, mint az áramfogyasztás növekedése, továbbá speciális berendezések szükségessége. Ebből fakadóan a kérdés, hogy a némileg magasabb tárolási hőmérséklet milyen mértékben képes megőrizni az almák minőségét hosszabb tárolási idő esetében.

A kutatás során hűtőházban tárolt, kereskedelmi forgalomban kapható Golden Delicious fajtájú almák vizsgálata során, amelyeket – a fogyasztói magatartást szimulálva – két hőmérsékleten (5°C és 10°C) tároltam. A vizsgálatok ideje alatt a paraméterek többségében nem mutatható ki szignifikáns különbség. Az eredmények alapján az alma magasabb hőmérsékleten (10°C) való tárolása megőrzi az alma frissességét. A fogyasztó szempontjából az almák a minőségére gyakorolt észrevehető hatások nélkül tárolhatók kissé melegebb tárolási körülmények között is. A fogyasztók számára az eredmény nagyobb rugalmasságot enged meg tárolás terén; az elemzésből következtethető, hogy a gyümölcsök közel ugyanannyira megőrzik a minőségüket például pincében, vagy kamrában, mint hűtőszekrényben.

Az élelmiszerpazarlás szempontjából is fontos következményeket hoz magával az almák magasabb hőmérsékleten történő tárolása jelentős minőségromlás nélkül, hiszen a tárolás rugalmas megközelítése potenciálisan csökkentheti a hűtés szigorú feltételeit, amely csökkenti a hűtőrendszerekhez kapcsolódó energiaköltségeket, továbbá a teljes energiafogyasztás mérséklésével a rendszerek környezeti hatását is csökkenti.

A gyümölcsök gyors romlása nagymértékben hozzájárul a globális élelmiszer-pazarláshoz, ugyanis a fogyasztók szintjén a termékek jelentős mennyiségét dobják ki a túlérés, a látható esztétikai hibák vagy romlás következtében.

Mind környezetvédelmi, mind gazdasági okokból a fogyasztók számára egyre jelentősebb az élelmiszer-pazarlás minimalizálása. A kutatás eredményei alapján a magasabb hőmérsékletű tárolás hozzájárul a fogyasztók számára megvásárolt termékeik hatékonyabb tárolásához, mindemelett a fogyasztók a megvásárolt gyümölcsöket a számukra rendelkezésre álló tárolási erőforrásokhoz jobban igazodó módon tárolhatják: pincében vagy kamrában, ami végső soron a fenntarthatóbb fogyasztási szokásokat támogatja.

A jövőre tekintve az egyik kulcsfontosságú terület a kutatás kiterjesztése, a minták méretének bővítése, különösképpen az almák nagyobb mennyiségének különböző körülmények közötti mérésével. A jelenlegi kutatás eredményein túl szilárdabb, valamint általánosíthatóbb eredmények érdekében a jövőbeni kísérletek során növelem az értékelt almák számát. A mintanagyság növelésével csökkeni fog a hibahatár, valamint lehetővé válik a hőmérséklet-kezelések közötti finomabb különbségek kimutatása.

A jövőbeni kutatás során a hőmérsékletkülönbségek növelésével átfogóbb megértést kaphatunk. A szélesebb hőmérsékleti spektrumok világosabb képet adnának a hatékony tárolás felső és alsó hőmérsékleti határértékeiről is.

A hőmérsékleten kívül további tárolási feltételek, például a páratartalom is lényeges tényező a gyümölcs minőségének megőrzésében a tárolás során. A jövőbeni tanulmányok során az alma eltarthatóságára vonatkozó hőmérséklet és páratartalom hatása is elemezhetővé válik. A hőmérséklet, valamint a páratartalom elemzése még finomabb tárolási ajánlásokat tenne lehetővé.

A hosszútávú cél az alma otthoni optimális tárolási körülményeinek feltárása, biztosítva a frissességet és a tápanyagtartalom megőrzését. Az értékelt almák számának bővítésével, szélesebb hőmérsékleti spektrum használatával, valamint további paraméterek vizsgálatával a jövőbeni kutatások részletesebb modellt eredményezhetnek az alma fogyasztói tárolásáról. A kutatás a fogyasztók javát kívánja szolgálni, annak érdekében, hogy egyértelmű és hatékony iránymutatást adjon a háztartásbeli tárolási módszerekről, lehetővé téve a frissesség és költséghatékonyság egyensúlyba hozatalát.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatomban a kutatás során az almatárolás módszereit, valamint lehetőségeit, illetve azok hatását vizsgáltam meg az eltarthatóságra a vevők perspektívájából.

A kutatás során hűtőházban tárolt, kereskedelmi forgalomban kapható Golden Delicious fajtájú almákat - fogyasztói magatartást szimulálva - két hőmérsékleten (5°C és 10°C) tároltam, majd a rögzített adatokat statisztikai módszerekkel elemeztem. A vizsgálatok ideje 10 hét, hetente egyszeri mintavételezéssel (5 db mintaelemmel).

Az eredmények alapján az alma a háztartásban magasabb hőmérsékleten tárolható anélkül, hogy a frissesség, a megjelenés vagy az íz minőségileg veszítene az értékéből. Az eredmény rendkívül jelentőségteljes, különösen a költségek szempontjából, az energiafogyasztás nézőpontjából. A fogyasztók többsége a gyümölcsök minőségének megőrzése érdekében szigorú hűtési előírásokhoz van szokva. A tárolás rugalmassága lehetővé teszi a háztartások számára az alma különböző környezetben való tárolását - akár kevésbé szabályozott hőmérsékletű kamrában, akár picében - anélkül, hogy a gyors romlás miatt kellene aggódniuk. Végeredményben ez költségmegtakarítást eredményez, mivel kevesebb energiaigényes hűtésre vagy speciális tárolórendszerre van szükség.

Összefoglalva ezen tanulmány alapján az alma jelentős minőségromlás nélkül tárolható az alacsonyabb hőmérséklethez (5°C) képest némileg magasabb hőmérsékleten (10°C) is. A gyümölcstárolás rugalmasabb megközelítése költséghatékonyabb megoldást kínál a fogyasztók számára, amelynek köszönhetően a háztartásokban az energiafogyasztás csökkentése mellett a frissesség és az íz feláldozására sem kerül sor.

Hosszútávú cél a kutatás kiterjesztése annak érdekében, hogy az alma otthoni optimális tárolási körülményeit feltárjuk, amely a fogyasztók javát kívánja szolgálni annak érdekében, hogy egyértelmű hatékony iránymutatást adjon a háztartásbeli tárolási módszerekről. A jövőre tekintve az egyik kulcsfontosságú terület a kutatás kiterjesztése, a minták méretének bővítése, különösképpen az almák nagyobb mennyiségének különböző körülmények közötti mérésével, és a hőmérsékletkülönbségek növelésével átfogóbb megértést kaphatunk. A hőmérsékelt mellett a páratartalom vizsgálata is lényeges. A szélesebb hőmérsékleti spektrumok világosabb képet adnának a hatékony tárolás felső és alsó hőmérsékleti határértékeiről is.

6. SUMMARY

I researched the methods and options of apple storage and the impact of these on shelf life from the perspective of the customer.

During the research, commercially available Golden Delicious apples stored in cold storage were kept at two temperatures (5°C and 10°C) to simulate consumer behaviour, and the recorded data were analysed using statistical methods. The duration of the studies was 10 weeks, with once weekly sampling (5 samples).

The results show that apples can be stored at higher temperatures in the household without any loss in freshness, appearance or taste. The result is extremely significant, especially in terms of cost, from the point of view of energy consumption. Most consumers are used to strict refrigeration standards to preserve the quality of the fruit. The flexibility of storage options allows households to store apples in different environments - either in a less temperature-controlled chamber or in a cellar - without having to worry about rapid deterioration. Ultimately, this results in cost savings as less energy-intensive refrigeration or special storage systems are needed.

In summary, this study shows that apples can be stored at slightly higher temperatures (10°C) compared to lower temperatures (5°C) without significant deterioration. A more flexible approach to fruit storage offers consumers a more cost-effective solution, which does not sacrifice freshness and flavour while reducing energy consumption in households.

The long-term goal is to extend the research to explore the optimal storage conditions for apples at home, which should benefit consumers by providing clear and effective guidance on household storage methods. Looking to the future, one key area of research is to extend the research, increase sample sizes, particularly by measuring larger volumes of apples under different conditions, and by increasing temperature differences to gain a more comprehensive understanding. In addition to temperature, it is also important to look at humidity. Wider temperature spectra would also give a clearer picture of the upper and lower temperature limits of effective storage.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Ahmad, F., Zaidi, S., & Arshad, M. (2021): Postharvest quality assessment of apple during storage at ambient temperature. *Heliyon*. Forrás: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
- Akdemir, S., & Bal, E. (2020): *Quality Changes in Apple in Evaporative Cooling Store*. Forrás: Springer: <https://acikerisim.nku.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.11776/4528/4528.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Antunglu, G., Nishiyama, Y., & Koide, S. (2004): Electrode Configuration and Polarity Effects on Physicochemical Properties of Electric Field Treated Apples Post Harvest. Forrás: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2003.11.011>
- Bevans, R. (2024): *One-way ANOVA | When and How to Use It (With Examples)*. Forrás: Scribbr: <https://www.scribbr.com/statistics/one-way-anova/>
- Bisulca, C., Nascimbene, P. C., & Grimaldi, D. (2012): Variation in the Deterioration of Fossil Resins and Implications for the Conservation of Fossils in Amber. *American Museum Novitates*, 8. Forrás: <https://www.researchgate.net/publication/235005211>
- Bräutigam, K.-R., Jörissen, J., & Priefer, C. (2014): The extent of food waste generation across EU-27: Different calculation methods and the reliability of their results. Forrás: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0734242X14545374>
- Chang, Y., Sun, R., Sun, H., Zhao, Y., Han, Y., Chen, D., Han, Z. (2014): Mapping of quantitative trait loci corroborates independent genetic control of apple size and shape. *Scientia Horticulturae*, 154, 162-132. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.05.019>
- Corollaro, M. L., Gasper, F., & Grappadelli, L. C. (2014): An overview of sensory quality of apple fruit. *Journal of the American Pomological Society*.
- Divagar, K., Deepchandar, E., Kavin, K., & Kumaran, U. (2017): Data analysis using Box and Whisker plot for. *International Conference on Trends in Electronics and Informatics*, (old.: 1053-1056). India. doi:978-1-5090-4257-9/17/\$31.00
- Djekic, I., Radivojevic, D., & Milivojevic, J. (2019): Quality perception throughout the apple fruit chain. *Journal of Food Measurement and Characterization*.

- Dobrzański, B., & Rybczyński, R. (2002): Colour change of apple as a result of storage, shelf-life, and bruising. *International Agrophysics*.
- East, A. R., Jobling, J. J., Maguire, K. M., & Mawson, J. (dátum nélk.): he Influence of Breaks in Storage Temperature on ‘Cripps Pink’ (Pink Lady™) Apple Physiology and Quality. *American Society for Horticultural Science*.
- Elewa, M., El-Saady, G., Tawfek, M., & Elhossieny, H. (2015): A novel Method for Brix Measuring in raw Sugar Solution. *Egyptian Sugar Journal*. Forrás: https://esugj.journals.ekb.eg/article_209517_ed47ce0f0180c1754933998715c69516.pdf
- FAO. (2022): Agricultural production statistics 2000–2021ap. 9. Forrás: <https://www.fao.org/3/cc3751en/cc3751en.pdf>
- Farkas, Cs., Fenyvesi, L., & Petróczki, K. (2013): Identification and Frequency Dependence of Viscoelastic Parameters during Dynamic Creep Tests on Selected Pome Fruits. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*. Forrás: <https://doi.org/10.3390/agriengineering1030024>
- Fischer, C., & Fedrigotti, V. B. (2020): An Apple A Day’ ... Is Going Away. What Can We Do to Stop the Decline in Per Capita Apple Consumption? *American Journal of Biomedical Science & Research*. Forrás: DOI: 10.34297/AJBSR.2020.10.001501.
- Gelman, A. (2005): Analysis of variance—why it is more important than ever. *The Annals of Statistics*., 1-53. doi:<https://doi.org/10.1214/009053604000001048>
- Good, H. (2017): Color Measurement of Cereal and Cereal Products. *International Journal of Biological Macromolecules*, 47(1), 5-6.
- Graziano, J., & Faruch, M. (2021): Controlled Atmosphere Storage of Apples. *Vegetable and Fruit News*, 12(3). Forrás: <https://extension.umd.edu/resource/controlled-atmosphere-storage-apples/agnr.umd.edu/resource/controlled-atmosphere-storage-apples>
- Hooge, I. E., Oostindjer, M., Aschemann-Witzel, J., Norman, A., Loose, S. M., & Almlí, V. L. (2016): This apple is too ugly for me! Consumer preferences for suboptimal food products in the supermarket and at home. Forrás: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950329316302002>

- Johnstan, W. J., Hewett, W. E., & Hertog, M. (2002): Postharvest softening of apple (*Malus domestica*) fruit: a review. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*.
Forrás:
<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01140671.2002.9514210?needAccess=true>
- Johnston, J. W., Hewett, E. W., & Hertog, M. (2005): Apple (*Malus domestica*) softening in the postharvest coolchain: effects of delayed cooling and shelf-life temperatures. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*.
- Jolicoeur, C. (2011): Acidity and pH of apple juice. *Pomona Spring*. Forrás:
<http://cjoliprsf.awardspace.biz/>
- Juhnevica-Radenkova, K., Skudra, L., Skrivele, M., Radenkovs, V., & Seglina, D. (2015): IMPACT OF THE DEGREE OF MATURITY ON APPLE QUALITY DURING THE SHELF LIFE. *FOODBALT*. Forrás:
https://www.researchgate.net/publication/280738517_IMPACT_OF_THE_DEGREE_OF_MATURITY_ON_APPLE_QUALITY_DURING_THE_SHELF_LIFE
- Khan, B., Ali, S. Z., Shahzad, S., Basharat, M., Ali, J., Jabeen, Z., Fahmid, S. (2017): Postharvest quality of apple (*Malus domestica* Borkh) as influenced by storage conditions. *Research Article International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. doi:ISSN: 2348-8069 DOI: 10.22192/ijarbs
- Khorshidi, J. (2010): Storage Temperature Effects on the Postharvest Quality of Apple (*Malus domestica* Borkh. cv.Red Delicious). *New York Science Journal*. Forrás:
https://www.sciencepub.net/newyork/ny0303/11_2124_Apple_ny0303_67_70.pdf
- Kiss, L. (2001): *Almater mésűek és bogyósok*. Mezőgazda Kiadó.
- Kistechok, A., Wrona, D., & Krupa, T. (2023): Effect of Storage Conditions on the Storability and Nutritional Value of New Polish Apples Grown in Central Poland. *MDPI*. Forrás: <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/1/59>
- Kovač, A., Babojelić, S. M., Pavičić, N., Voća, S., Voća, N., Dobričević, N., & Jagatić, A. M. (2010): Influence of harvest time and storage duration on “Cripps Pink” apple cultivar (*Malus × domestica* Borkh) quality parameters. *CYTA - Journal of Food*. Forrás: <https://doi.org/10.1080/11358120902989632>

- Kovács, A. G. (2018): *Körtegyümölcs alkoholos fermentációjának és párlatai aromaprofiljának tanulmányozása*. Szent István Egyetem doktori iskolája.
- Lee, J., Mattheis, J. P., & Rudell, D. R. (2019): High Storage Humidity Affects Fruit Quality Attributes and Incidence of Fruit Cracking in Cold-stored ‘Royal Gala’ Apples. *HortScience*, 54 (1). doi:<https://doi.org/10.21273/HORTSCI13406-18>
- Mangaraj, S., & Goswami, T. K. (2008): Respiration Rate Modelling of Royal Delicious Apple at Different Storage Temperatures. Global Science Books. Forrás: https://dlwqtxts1xzle7.cloudfront.net/44943843/FP_2272-80o-libre.pdf?1461225350=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRespiration_Rate_Modelling_of_Royal_Deli.i.pdf&Expires=1716311480&Signature=AEWUvigDypOQP9lIXRojiULkeUAfSD4Sj9ObTQF0hGKUy7qNED
- Meneses, C., & Orellana, A. (2013): Using genomics to improve fruit quality. *Biological Research*, 46(4), 347-353. doi:DOI:10.4067/S0716-97602013000400006
- Monier, V., Mudgal, S., Escalon, V., O’Connor, C., Gibon, T., Anderson, G., . . . Morton, G. (2010): *PREPARATORY STUDY ON FOOD WASTE ACROSS EU 27*. European Commission (DG ENV); BIO Intelligence Service.
- Neilsen, D., & Neilsen, G. (2009): Nutritional Effects on Fruit Quality for Apple Trees. *Cornell In-depth Fruit School on Mineral Nutrition*.
- Normann, A., Röding, M., & Wendin, K. (2019): Sustainable Fruit Consumption: The Influence of Color, Shape and amage on Consumer Sensory Perception and Liking of Different Apples. *MDPI*. doi:<https://doi.org/10.3390/su11174626>
- Pecze, D., Kiss, Z. O., & Székely, G. (2007): GYÜMÖLCSFOGYASZTÁS A JÖVEDELEM FÜGGVÉNYÉBEN. *AgEcon Search*, 34.
- Petesné, A. H. (2021): *A legegészegeebb gyümölcsseink az almatermelésűek, környezeti igényeik, termesztéstechnológiájuk, betakarításuk és tárolásuk*. Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet.
- S., A., & E., B. (2019): Quality Changes in Apple in Evaporative Cooling Store. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 3106-3118.
- Sappi Fine Paper North America. (2012): The Color Measurement Standard for the Graphic Arts. *Sappi Fine Paper North America*. Forrás: <https://cdn-s3.sappi.com/s3fs->

public/sappietc/The%20Color%20Measurement%20Standard%20for%20the%20Graphic%20Arts.pdf

- Sawicka, M., Latocha, P., & Łata, B. (2023): Peel to Flesh Bioactive Compounds Ratio Affect Apple Antioxidant Potential and Cultivar Functional Properties. *Research Progress of the Functional Properties of Fruit and Vegetables and Their Preserves*. doi:<https://doi.org/10.3390/agriculture13020478>
- Sheng, L., Edwards, K., Tsai, H.-C., Hanrahan, I., & Zhu, M.-J. (2017): Fate of *Listeria monocytogenes* on Fresh Apples under Different Storage Temperatures. *Frontiers in Microbiology*.
- Surányi, D. (2011): Ökológiai szemléletű gyümölcstermesztés - változó termesztő környezetben. *Tájökológiai Lapok*(9), 321–343.
- Surányi, D. (2026): *Gyümölcsöző sokféleség (Biodiverzitás a gyümölcstermesztésben)*. Gödöllő: ISBN 978-615-01-7084-8. doi:ISBN 978-615-01-7084-8
- Takácsné, K. G., Vanczák, E., & Komáromi, N. (2003): Az alma fogyasztás változásai.
- Waldbauer, K., McKinnon, R., & Kopp, B. (2017): Apple Pomace as Potential Source of Natural Active Compounds. *Georg Thieme Verlag KG Stuttgart*. doi:<https://doi.org/10.1055/s-0043-111898> ISSN 0032-0943
- Walkowiak-Tomczak, D., Idaszewska, N., P. Łysiak, G., & Bienczak, K. (2021): The Effect of Mechanical Vibration during Transport under Model Conditions on the Shelf-Life, Quality and Physico-Chemical Parameters of Four Apple Cultivars. *MDPI*. Forrás: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/1/81>
- Weatherall, L. I., & Coombs, D. B. (1992): Skin Color Measurements in Terms of CIELAB Color Space Values. *Journal of Investigative Dermatology*, 99(4), 468-473. doi:<https://doi.org/10.1111/1523-1747.ep12616156>
- Weber, A., Brackmann, A., Thewes, F. R., Both, V., Anese, R. d., & Schorr, M. R. (2012): Relative humidity and its interaction with the storage temperature of ‘Gala’ apples and. Forrás: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33124575001>
- Xiao, L., Jiang, X., Deng, Y., Xu, K., Duan, X., Wan, K., & Tang, X. (2023): Study on Characteristics and Lignification Mechanism of Postharvest Banana Fruit during Chilling Injury. *MDPI*. Forrás: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/5/1097>

Zhang, W., Jiang, H., Cao, J., & Jiang, W. (2021): Advances in biochemical mechanisms and control technologies to treat chilling injury in postharvest fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*. Forrás: DOI:10.1016/j.tifs.2021.05.009

8. TÁBLÁZAT ÉS ÁBRAJEGYZÉK

Ábrajegyzék

1. ábra: Nyári almafajták.....	7
2. ábra Téli almafajták.....	7
3. ábra A CIELab színtér 3-D modellje.....	14
4. ábra Színárnyalatok sorrendje.....	15
5. ábra Golden Delicious alma.....	17
6. ábra Dobozdiagramm	20
7. ábra Hűtőszekrényben tárolt alma ($T_1=5^{\circ}\text{C}$)	21
8. ábra Hűtőszekrényben tárolt alma ($T_2=10^{\circ}\text{C}$)	21
9. ábra KZP-típusú digitális mérleg.....	22
10. ábra A színméréshez használt Nix Pro Colour Sensor	23
11. ábra Speciális gyümölcscentrifuga.....	24
12. ábra Digitális refraktométer.....	24
13. ábra Digitális savtartalom mérő.....	24
14. ábra A savtartalom méréséhez szükséges (a) 1g almalé; (b) desztillált vízzel felhígított almalé	25
15. ábra Az almák súlyának alakulása a tárolási hetek során.....	27
16. ábra Az alacsonyabb hőmérsékleten ($T_1=5^{\circ}\text{C}$) mért színváltozás CIELab rendszerben	29
17. ábra Az alacsonyabb hőmérsékleten ($T_1=5^{\circ}\text{C}$) mért III. számú alma színváltozása CIELab rendszerben.....	29
18. ábra A magasabb hőmérsékleten ($T_2=10^{\circ}\text{C}$) mért színváltozás CIELab rendszerben	30
19. ábra A magasabb hőmérsékleten ($T_1=10^{\circ}\text{C}$) mért III. számú alma színváltozása CIELab rendszerben.....	30
20. ábra A színkülönbség-értékek alakulása a tárolás során	31
21. ábra HUE értékek alakulása a tárolás során	32
22. ábra Cukortartalom-változás.....	33
23. ábra Savtartalom változása a tárolási időszak alatt	35

Táblázatjegyzék

1. táblázat A két hőmérsékleten tárolt almák mért L^* , a^* , b^* adatai.....	31
2. táblázat $p<0,01$ szignifikancia esetére.....	36

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném kifejezni szívből jövő hálámat konzulenseimnek a kutatás során nyújtott felbecsülhetetlen értékű útmutatásért és támogatásért, valamint a konzultációk során biztosított elengedhetetlen tanácsokért, amelyek nélkül dolgozatom nem készült volna el.

Szeretném megköszönni továbbá Dr. Ficsek Gittának (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Budai Campus, Gyümölcstanszék) a kísérlet kivitelezésben nyújtott segítségét.

Köszönetet szeretnék nyilvánítani a bírálómnak, aki magas szintű szakmai hozzáértésével értékeli munkámat, illetve diplomadolgozatomat.