

DIPLOMADOLGOZAT

Farkas Anna
Műszaki Menedzser

Gödöllő

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Műszaki Menedzser Szak

**Élelmiszer alapanyagok tulajdonságainak változása a
technológia során**

Belső konzulens:	Dr. Korzenszky Péter habilitált egyetemi docens
Külső konzulens:	Dr. Veres Antal egyetemi docens
Készítette:	Farkas Anna AD2IC0 Műszaki menedzser (nappali)
Intézet/Tanszék:	Műszaki Intézet

Gödöllő

2024

MŰSZAKI INTÉZET
MŰSZAKI MENEDZSER MESTERSZAK
PROJEKTMENEDZSMENT SPECIALIZÁCIÓ

DIPLOMADOLGOZAT

feladatlap

Farkas Anna (AD21C0)

részére

A diploma dolgozat címe:

Élelmiszer alapanyagok tulajdonságainak változása a technológia során

Feladatkiírás:

Hazai és nemzetközi szakirodalmak felhasználásával mutassa be az alma eltarthatóságról szóló kutatásokat, valamint a fogyasztói követelményeket! Végezzen el, egy alma tárolási kísérletet! Mutassa be a kísérlet során használt mérőeszközöket! A kísérlet során kapott eredményeket ismertesse és vonja le a következtetéseket!

Közreműködő tanszék: Műszaki Intézet, Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépek Tanszék

Külső konzulens: Dr. Veres Antal, egyetemi docens, MATE, Matematika és Természettudományi Alapok Intézet, Matematika és Modellezés Tanszék

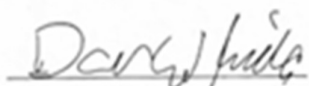
Belső konzulens: Dr. Korzenszky Péter Emőd, habilitált egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet, Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépek Tanszék

A dolgozat beadási határideje: 2024. 11. 05.

Gödöllő, 2024. 04. 15.

Jóváhagyom

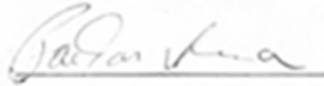
Átvettem



tanszékvezető



szakfelelős



hallgató

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2024. 10. 30.



külső konzulens

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés	3
1. Irodalmi áttekintés	5
1.1 Téma aktualitása.....	5
1.2 A különböző almafajták megjelenése Magyarországon.....	6
1.3 Az almatárolás műszaki feltételrendszere	8
1.4 Minőség fogyasztói szempontból.....	11
1.4.1. Az alma súlyának minőségi követelményei fogyasztói szemmel.....	12
1.4.2. Az alma gyümölcskeménységének minőségi követelményei fogyasztói szemmel	13
1.4.3. Az alma alakjának minőségi követelményei fogyasztói szemmel.....	13
1.4.4. Az alma színének követelményei fogyasztói szemmel	14
1.4.5. Az alma cukortartalmának követelményei fogyasztói szemmel.....	16
1.4.6. Az alma savtartalmának követelményei fogyasztói szemmel	16
1.5 Kísérleti anyag, a mérések tárgya	17
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: gyümölcskeménység.....	23
2.2.3 Fizikai paraméterek: színmérés.....	24
2.3 Beltartalmi paraméterek	25
2.3.1 Beltartalmi paraméterek: cukortartalom mérése	25
2.3.2 Beltartalmi paraméterek: savtartalom mérése.....	25
2.4 A kísérlet során alkalmazott statisztikai módszerek és szoftverek	27

3.	Eredmények és értékelésük	29
3.1	Az alma tömegváltozása a tárolási idő függvényében, különböző hőmérsékleteken	29
3.2	Az alma színváltozása a tárolási idő függvényében, különböző hőmérsékleteken....	30
3.3	Az alma keménységének változása a tárolási idő függvényében, különböző hőmérsékleteken.....	35
3.4	Az alma cukortartalmának változása a tárolási idő függvényében, különböző hőmérsékleteken.....	38
3.5	Az alma savtartalmának változása a tárolási idő függvényében, különböző hőmérsékleteken.....	39
3.6	A különböző tárolási hőmérsékleten mért adatok elemzése és összehasonlítása	40
4.	Következtetések és javaslatok	43
4.1	A kutatási eredmények gyakorlati alkalmazása a fogyasztók számára.....	43
5.	Gazdaságossági számítás	45
6.	Összefoglalás.....	46
7.	Summary	48
	Irodalomjegyzék.....	49
	Ábrajegyzék	56
	Táblázatjegyzék.....	57
	Köszönetnyilvánítás	58
	Nyilatkozatok	59

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 üzletekből, kereskedésekből 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.

Diplomadolgozatom 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 vizsgálat idején, hetente egyszeri mintavételezéssel (5 db mintaelemmel) történtek a mérések. A vizsgálat során a következő paramétereket mértem:

- fizikai tulajdonságok: tömeg, méret, szín, keménység;
- 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, 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, valamint újabb összefüggések megadása.

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

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., 2019) 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 kidobásra ítélt, azonban még használható élelmiszer, 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 a csomagolási folyamatokban a friss állapot fenntartása érdekében. (Khorshidi, 2010)

A 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, 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:

1. táblázat: Almafajták változása Magyarországon

(Forrás: Saját szerkesztés Surányi (2023) könyve alapján)

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 mutatják irodalmi adatok alapján. (1. és 2. ábra)

1. ábra: Nyári almafajták

(Forrás: Surányi, 2023)



2. ábra: Téli almafajták

(Forrás: Surányi, 2023)



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

A Magyarországon döntő többségében előforduló almafajták:

- Asztraháni piros,
- Barátalma (Jász vadóka),
- Budai Domokos,
- Ceglédi piros,
- Daru alma (Beregi, Beregi Sóvári, Nemes sóvári stb.),
- Húsvéti rozmarin (Citromalma, Toklyó alma),
- Kecskeméti vajalma (Szentiván/y/i piros),
- Kormos alma (Francia kormos renet),
- London pepin (Magyar kálvil),
- Masánczki alma,
- Nemes Sóvári,
- Nyári csíkos fűszeres,
- Nyári fontos (Rétesalma, Tüköralma),
- Orbai alma (Fűzalma),
- Parker pepin (Bőralma),
- 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, 2023)

A téli alma napjainkban is a legfőbb gyümölcsfajtánk, az ország összes gyümölcstermésének több mint az 50%-át fedi le. A főbb termesztőtájak 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 padozat 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 előregedését, 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., 2019) 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 védőgázak légkörnek a termés élettanára, illetve minőségére gyakorolt hatásáról számos tanulmány készült, amelynek köszönhetően a termések 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 kivesszük 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., 2021)

A betakarított alma minőségromlásának minimalizálása érdekében az esetek többségében az optimális hőmérséklet $0-3^{\circ}\text{C}$ 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 vízvesztesség csökkentése, valamint a relatív magas páratartalom megtartása; ha a tárolás során a nedvességtartalom nem megfelelő, a hűtés a termék vízvesztéséhez vezethet, ami a termék mennyiségének csökkenését, illetve belső romlását eredményezi. A súlyvesztesség fontos gazdasági tényező mind a tárolás, mind a szállítás során. A vízvesztesség, 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 különböző minőségi veszteséget okoz a termékekben. (Akdemir és mtsai., 2020; Kassebi és mtsai., 2021)

A tároló hőmérsékletét a fajtáktól függően $0-4^{\circ}\text{C}$ -ra érdemes beállítani, a tárolási időszak alatt a lehető legkevesbé változtatva ezt a hőmérsékletet. A 85-90% relatív páratartalom megfelelő almakonzerválást eredményez, ebből kifolyólag a tárolási környezetben ennek kontrollálása kulcsfontosságú szempont. (Akdemir és mtsai., 2019; Kassebi és mtsai., 2021)

A magas tárolási páratartalom lassítja a gyümölcs friss tömegének csökkenését, az oldható szilárdanyagok felhalmozódását és a keménységvesztést, valamint késlelteti a gyümölcs érését. Az almakéreg szöveti merevségének csökkenése és a súlyvesztesség kisebb, mint a magas páratartalomban tárolt gyümölcsök esetében. A magasabb tárolási páratartalom kisebb gyümölcstömeg-vesztéssel és nagyobb gyümölcskeménységet eredményez. A relatív páratartalom növekedésével a mikrorepedések száma is emelkedik az almatermésű gyümölcsökben. 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 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 lélegzik, 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 a 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 tulajdonságok 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 kutatásról. (Corollaro és mtsai., 2014; Kassebi és mtsai., 2024)

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 függnak: 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 szárazanyag-tartalom. Ezen tulajdonságok becslésére több

módszert alkalmaznak széles körben, azonban rendkívül időigényesek, illetve laboratóriumi vizsgálatokat igényelnek, ennek okán napjainkban a roncsolásmentes módszerek egyre nagyobb népszerűsége tesznek szert. (Ahmad és mtsai., 2021; Kassebi 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 országszerte csupán 25,5 kg-ot. (Takácsné és mtsai., 2003)

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

Az alma minőségét számos biológiailag 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; Kassebi és mtsai., 2022)

A súlyveszteség kiszámítása a kezdeti súly (m_{ij}) és az adott héten mért súly (m_{i0}) különbsége. Az eredményt arányokban fejeztem ki az összehasonlítás megkönnyítése érdekében. A súlyveszteséget (Δm) a következő egyenletekkel számoltam ki:

$$\Delta m_{ij} = \frac{m_{i0} - m_{ij}}{m_{i0}} \cdot 100, [\%]; \quad \Delta m_j = \frac{\sum_{i=1}^5 \Delta m_{ij}}{5}, [\%] \quad (1)$$

ahol,

- Δm_{ij} – az i-edik alma súlycsökkenése a j-edik héten a nulladik héthez képest [%];
- m_{ij} – az i-edik alma súlya a j-edik héten [g];
- Δm_j – az átlagos súlycsökkenés minden héten [%]; (Farkas és mtsai., 2024)

1.4.2. AZ ALMA GYÜMÖLCSKEMÉNYSÉGÉNEK MINŐSÉGI KÖVETELMÉNYEI FOGYASZTÓI SZEMMEL

A fogyasztói elfogadást a gyümölcs textúrája nagymértékben befolyásolja. A gyümölcsök textúráját általában először a tapintással, majd a gyümölcs elfogyasztása során tapasztalt érzéssel érzékeljük. A legtöbb fogyasztó a ropogós almákat részesíti előnyben. A gyümölcsök textúrája, különösen a gyümölcskeménység fontos érettségi mutató, más minőségi paraméterekkel együtt.

A gyümölcsök optimális textúrájának elérése olyan kihívás, amellyel minden termelőnek szembe kell néznie a fogyasztói elfogadottság maximalizálása érdekében. Döntő fontosságú, hogy megértsük, melyek azok a tényezők, amelyek befolyásolják a gyümölcsök texturális jellemzőit, a betakarítás előtti gyakorlatoktól kezdve a környezeti tényezőkön át a betakarítás utáni tárolásig. Ha ezeket a tényezőket szabályozzuk, a kívánt gyümölcsszerkezet javítható, ami növeli a fogyasztók elégedettségét. (http1)

A gyümölcskeménység (FF) változását a következő összefüggés segítségével számítottam ki:

$$FF_j = \frac{\sum_{i=1}^5 FF_{ij}}{5} [g], \Delta FF_j = \frac{FF_j}{FF_0}, [\%] \quad (2)$$

ahol,

- FF_j – a húskeménység átlagos változása a j. héten a 0. hét adataihoz képest; [-]
- ΔFF_j – az átlagos húskeménység a j. héten; [-]
- FF_j – az i-edik alma húskeménysége a j. héten; [g] (Farkas és mtsai., 2024)

1.4.3. 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 (A_i), amely a magasság (M_a) és átmérő (d_a) aránya.

$$A_i = \frac{M_a}{d_a} [-] \quad (3)$$

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)

1.4.4. 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 színeket. Mindkettő az opponens színek elméletén alapul, amely szerint az emberi szem a vörös, a zöld és a kék színt érzékeli, amelyek az emberi szemben található csapok és pálcikák válasza a látóidegen; felfelé haladva az agyba fekete-fehér, vörös-zöld és sárga-kék, opponens kódolókká keverednek újra.

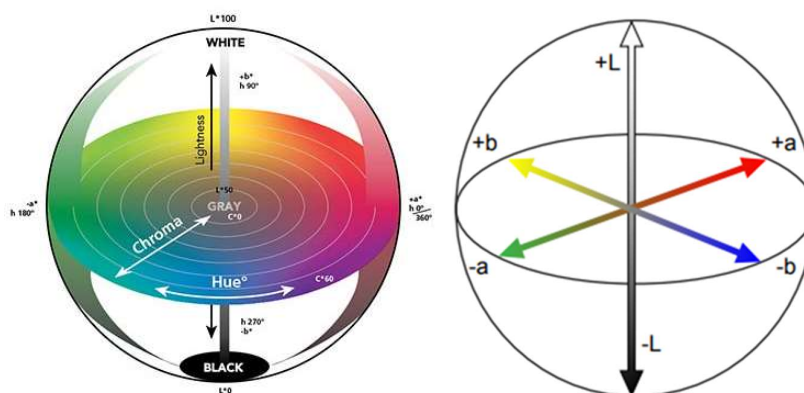
Az L, a, b típusú skálák ezt a következőképpen mutatják be:

- 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 kék, a 0 pedig semleges.

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

3. ábra: A CIELab színtér 3D modellje

(Forrás: (http2), (Bisulca, és mtsai., 2012))



Minden vizuálisan érzékelhető szín mérhető az L^* , a^* , b^* skálán, miközben a skála a minta és a standard közötti színekülönbséget 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 (L) világosabb, mint a standard (L_0). Ha negatív, akkor sötétebb, mint a standard.
- Ha a $\Delta a = a_0 - a$ pozitív, akkor a minta (a) pirosabb (vagy kevésbé zöld), mint a standard (a_0). Ha negatív, akkor zöldebb (vagy kevésbé vörös), mint a standard.
- Ha a $\Delta b = b_0 - b$ pozitív, akkor a minta (b) sárgább (vagy kevésbé kék), mint a standard (b_0). Ha negatív, akkor többnyire kék (vagy kevésbé sárga).

A színekülönbség, azaz a ΔE értéke koordináta geometria használatával számítható ki az alábbi egyenlet szerint: (Weatherall és mtsai., 1992; Kassebi és mtsai., 2023)

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (4)$$

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. (3. ábra) 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. (http3)

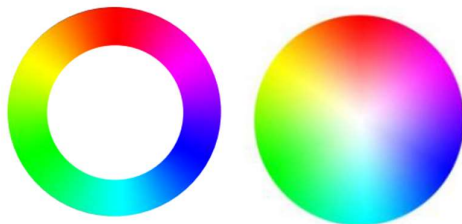
A színárnyalatot szögben, szögindexként (h^*) jellemezzük (Hwang és mtsai., 2018):

$$h^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (5)$$

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

4. ábra: Színárnyalatok sorrendje

(Forrás: *(http3)*)



1.4.5. AZ ALMA CUKORTARTALMÁNAK KÖVETELMÉNYEI FOGYASZTÓI SZEMMEL

A Brix a nyerscukoroldatban lévő szacharóztartalom mennyisége. A Brix-fok ($^{\circ}\text{Bx}$) az oldatban lévő oldott szilárdanyagok koncentrációját méri. Az egy fokos Brix 1 gramm szacharóz 100 gramm oldatban, és az oldat erősségét a tömegszázalékban fejezi ki. $^{\circ}\text{Bx}$ -et hagyományosan a bor, a cukor, a szénsavas ital, a gyümölcslé, a juharszirup és méz szacharóztartalmának mérésére használják. (Elewa és mtsai., 2015)

1.4.6. 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, termesztése többségében mérsékelt éghajlaton történik, ahol a tél pihenési időszakot jelent. Nemzetközi kereskedelemben 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; Ghabour és mtsai., 2021)

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 almafajták (5. ábra) csoportja dominál a piacon. (Mangaraj és mtsai., 2008)

5. ábra: Golden Delicious alma

(Forrás: (<http4>))



A Golden Delicious alma 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 minőségét 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 megítélésekor fogyasztói szemponttól. 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: magában 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 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 kereskedelembe 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 (E.D. = 8 cm),
- nagy (E.D. = 7,5 cm),
- közepes (E.D. = 7 cm),
- kicsi (E.D. = 6,5 cm),
- extra kicsi (E.D. = 6 cm) és
- pitto (E.D. = 5,5 cm).

1.6 ALKALMAZOTT STATISZTIKAI MÓDSZEREK

A varianciaanalízis (ANOVA - Analysis of Variance) 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 nőtt. 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 hibákhoz és a változók közötti kölcsönhatásokhoz kapcsolódóan az adatokat összetevőkre osztja fel. Ez a módszer fontos szerepet játszik annak meghatározásában, hogy a csoportátlagokban megfigyelt különbségek statisztikailag szignifikánsak-e, vagy 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, 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 a véletlen műve.

Az ANOVA teszt feltételezései megegyeznek bármely parametrikus teszt általános feltételezéseivel:

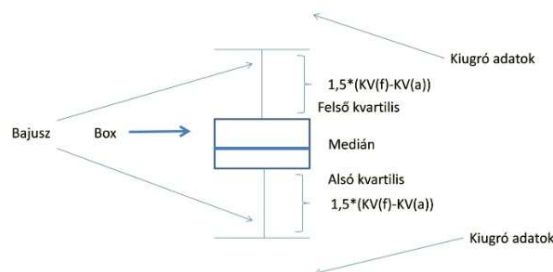
- A megfigyelések függetlensége: az adatokat statisztikailag érvényes mintavételi módszerekkel gyűjtötték, és nincsenek rejtett kapcsolatok a megfigyelések között.
- Normál eloszlású válaszváltozó: a függő változó értékei normális eloszlást követnek.
- A variancia homogenitása: az egyes összehasonlított 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, használatával könnyen összehasonlíthatjuk a különböző adatkészleteket.

A boxplot megjelenítés esetén a bemeneti adathalmazt kvartilisekre osztjuk: megkülönböztetünk minimális értéket, ez az alsó kvartilis, mediánt, valamint felső kvartilist azaz maximális értéket. A boxplot egy dobozt tartalmaz, amely az alsó kvartilisből a felső kvartilisbe megy. A felső és az alsó kvartilis közötti különbség a doboz hossza. A boxplot dobozán belül egy vízszintes vonal húzódik, ez az adathalmaz mediánja. (6. ábra) 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) nevezzük. (Divagar és mtsai., 2017)

6. ábra: Dobozdiagramm

(Forrás:(<http5>))



2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1 GOLDEN DELICIOUS ALMA HŰTVE TÁROLÁSÁNAK KÖRÜLMÉNYEI

A Golden Delicious almákat egy tételben vásároltam meg egy üzletben, 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 Gyümölcsstermesztési 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 ($\text{rH}=85\%$).

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 súlyában, színében, keménységében, 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

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 előrehaladtával, úgy csökken a súlya, amely hatással lehet a gyümölcs állagára, szilárdságára, illetve az általános fogyasztói elfogadhatóságra.

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

9. ábra: KZP-típusú digitális mérleg

(Forrás: Saját kép)



2.2.2 FIZIKAI PARAMÉTEREK: GYÜMÖLCSKEMÉNYSÉG

A textúramérő rendszer célja szimulálni a fogyasztói interakciót, ezáltal mérhetővé tenni a gyümölcs által nyújtott állag élményét. A műszer a fogyasztás során kifejtett erők szimulálásával reprezentálja az almák érzékelhető textúráját, valamint az általános étkezési élményt, mindennek következtében érzékelhető és elemezhető az adott termék minősége.

A műszer feladata az élelmiszer objektív és reprodukálható módon történő értékelése, a fizikai tulajdonságainak (keménység, rugalmasság stb.) szempontjából. Ezek a paraméterek nélkülözhetetlenek annak megfigyeléséhez, hogy a tárolási körülmények milyen módon hatnak az alma érzékszervi tulajdonságaira.

Az almák textúrájának mérésére Brookfield CT3 típusú textúramérő eszközt használtam, továbbá TA 9 típusú tűs mérőtestet alkalmaztam. (10. ábra)

10. ábra: Texture Analyzer

(Forrás: Saját kép)



Az almák textúrájának mérése során használt Texture Analyzer CT3 típusú textúramérő eszköz mérési tartománya: 0-4500g, gyártója a Brookfield.

2.2.3 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 (11. ábra) a CIELab színrendszert alkalmazza. A műszer gyártója: Nix Sensor Ltd.

11. ábra: A színméréshez 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 (12. ábra) segítségével kipréseltem annak érdekében, hogy a kinyert almalé cukortartalmát megmérhessem, amelyhez egy digitális refraktométert használtam. (13. ábra)

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

12. ábra: Speciális gyümölcscentrifuga
(Forrás: Saját kép)



13. ábra: Digitális refraktométer
(Forrás: Saját kép)



2.3.2 BELTARTALMI PARAMÉTEREK: SAVTARTALOM MÉRÉSE

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 méréséhez ATAGO™ 7100 műszert használtam. (14. ábra)

14. ábra: Digitális savtartalom mérő

(Forrás: [http6](http://6))



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. (15. ábra) A leírt módszerrel pontos és megbízható adatokat gyűjtöttem az almák kémiai összetételéről.

15. 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 eltéréseket vizsgáljam. Az R-Studio program alkalmazásával a statisztikai elemzések pontos és egyértelmű eredményei segítették az értelmezést, valamint vizualizációs csomagjai hozzájárultak az egyszerű szemléltetéshez.

A vizsgálat során az almák paramétereinek elemzéséhez különböző egy- és kétféle variáns variánsanalízist (ANOVA) használtam. Az almák alaki vizsgálataihoz (tömeg, szín) címkézett (egyedi azonosítóval ellátott) almákkal dolgoztam a kísérlet időtartama alatt, így ezen esetekben a fenti módszereket ismétléses mérés (repeated measure) formában alkalmaztam. Az almák beltartalmi paramétereinek (keménység, cukortartalom, savtartalom) elemzésére roncsolásos mérési módszereket alkalmaztam.

A módszerek alkalmazása során ellenőriztem a statisztikai feltételek teljesülését (mint például a normalitást, variánsok homogenitását, szfericitást stb.). Ahol szükséges és lehetséges volt, ott alkalmaztam az elfogadott korrekciós eljárásokat (például Greenhouse-Geisser korrekció a szfericitás sérülésénél).

Az adatok kivizsgálásához használt egy- és kétféle variánsanalízis (ANOVA) alkalmazása lehetővé tette egyszerre több tényező megvizsgálását: például a tárolási hőmérséklet és az idő hatását 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 variánsanalízis (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.

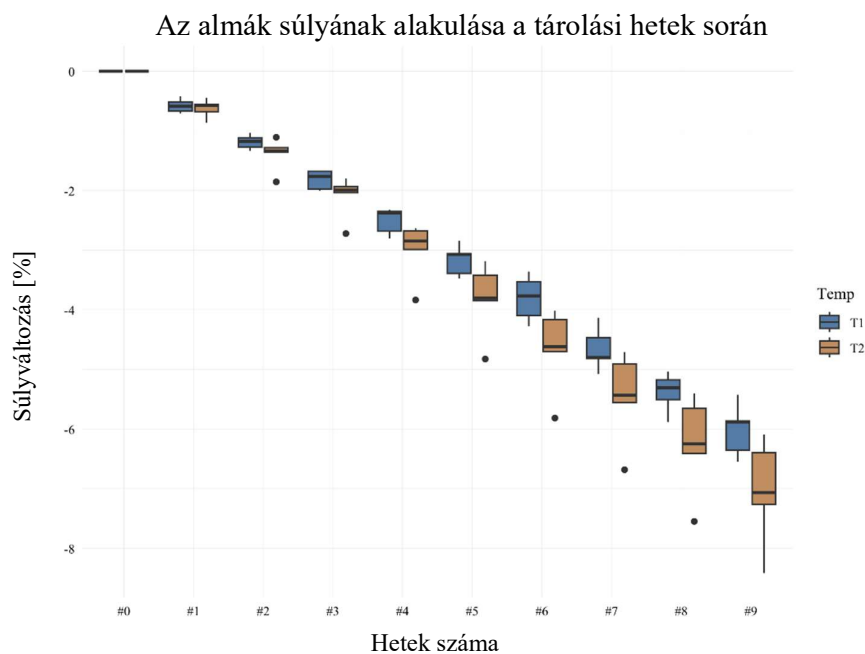
Az elemzés elsődleges célja kimutatni a fellépő szignifikáns különbségeket a két eltérő tárolási hőmérséklet között, továbbá, hogy hogyan változik a súly az idő függvényében az egyes hőmérsékleti körülmények között.

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 16. ábra megjeleníti a tárolás során bekövetkezett súlyváltozást.

16. ábra: Az almák súlyának alakulása a tárolási hetek során

(Forrás: Saját diagram)



A súlyvesztés szempontjából a hőmérséklet hatása nem mutatott szignifikánsnak ($F(1;8)=4,401$; $p=0,069$), bár közel állt a 0,05-os szignifikanciaszinthez. Ez azt jelenti, hogy a két hőmérséklet között önmagában nem találtam egyértelmű különbséget a súlyvesztés mértékében. Azonban a hőmérséklet és a hetek közötti interakció szignifikáns volt ($F(8;64)=6,008$; $p<0,01$), ami arra utal, hogy a tárolás során a hőmérséklet hatása időben 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 tárolási módok összehasonlítását követően, az egyes hőmérsékleteken külön-külön megvizsgáltam az almák súlyvesztésének alakulását a hetek folyamán.

A súlyvesztés időbeli változása jelentős különbségeket mutatott 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.

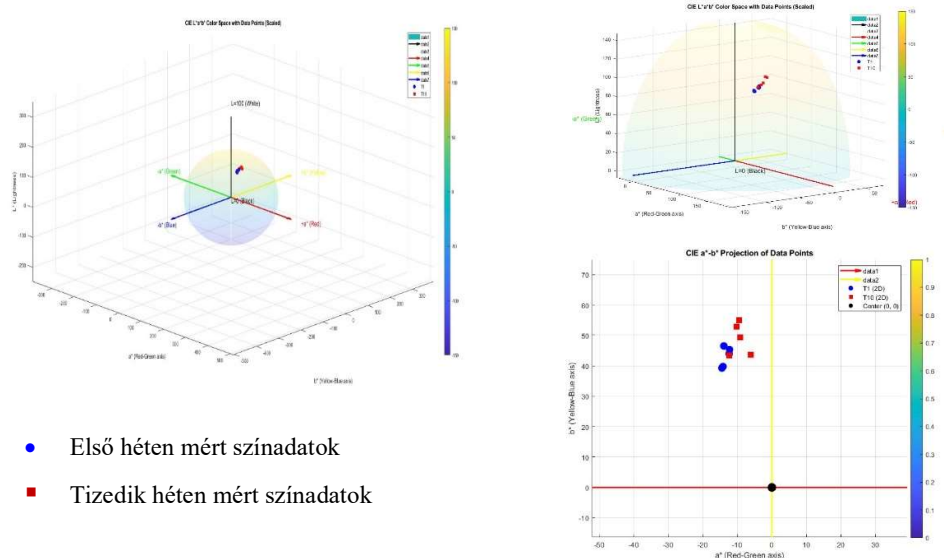
A kapott eredmények alapján a különböző tárolási hőmérséklet, illetve a tárolási idő között nincs szignifikáns különbség a súlyvesztésre vonatkozóan, azonban mindkét hőmérsékleti környezetben belül jelentős változások történtek a tárolási idő előrehaladtával.

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.

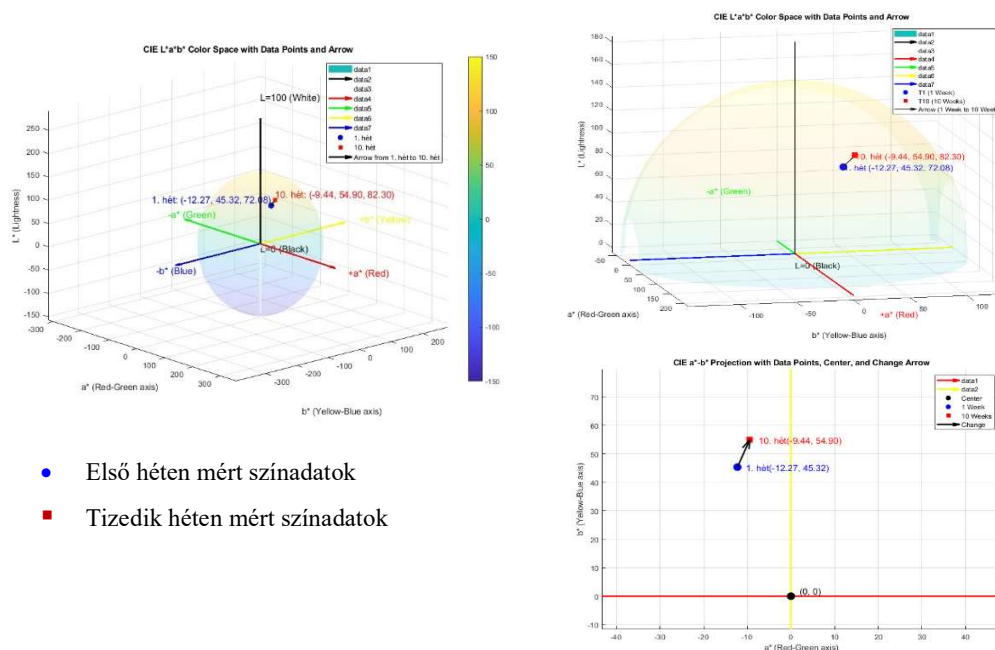
Az alábbi 17. ábra szemlélteti a tárolási idő múlásával bekövetkezett színváltozást (ΔE) az alacsonyabb hőmérsékleten ($T_1=5^\circ\text{C}$) tárolt almák esetében:

17. ábra: Az alacsonyabb hőmérsékleten ($T_1=5^\circ\text{C}$) mért színváltozás CIELab rendszerben
(Forrás: Saját szerkesztés)



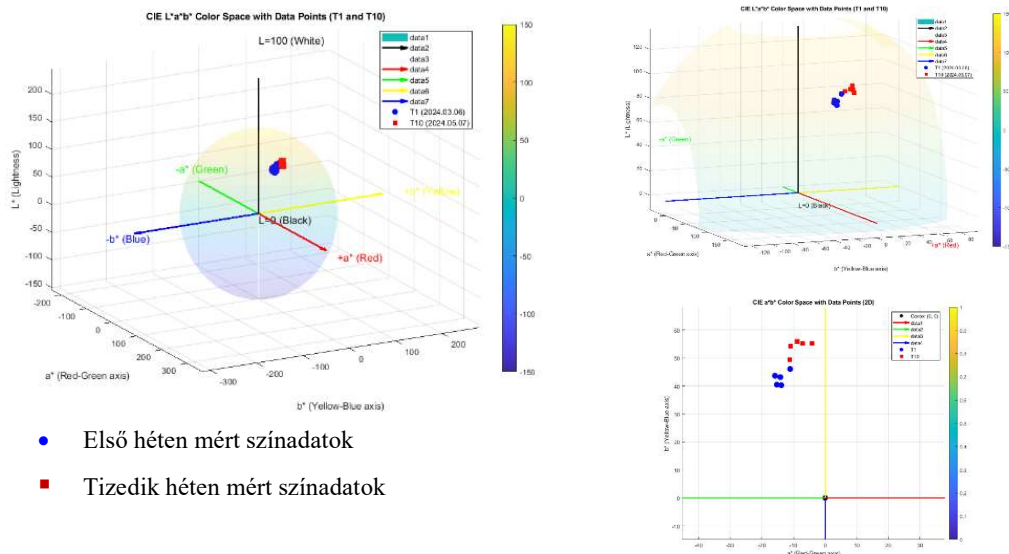
A kísérlet során az első, illetve az utolsó héten mért adatokat – III. számmal megcímkézett, alacsonyabb hőmérsékleten ($T_1=5^\circ\text{C}$) tárolt alma esetében – CIEALab rendszerben a következő ábra szemlélteti (18. ábra):

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



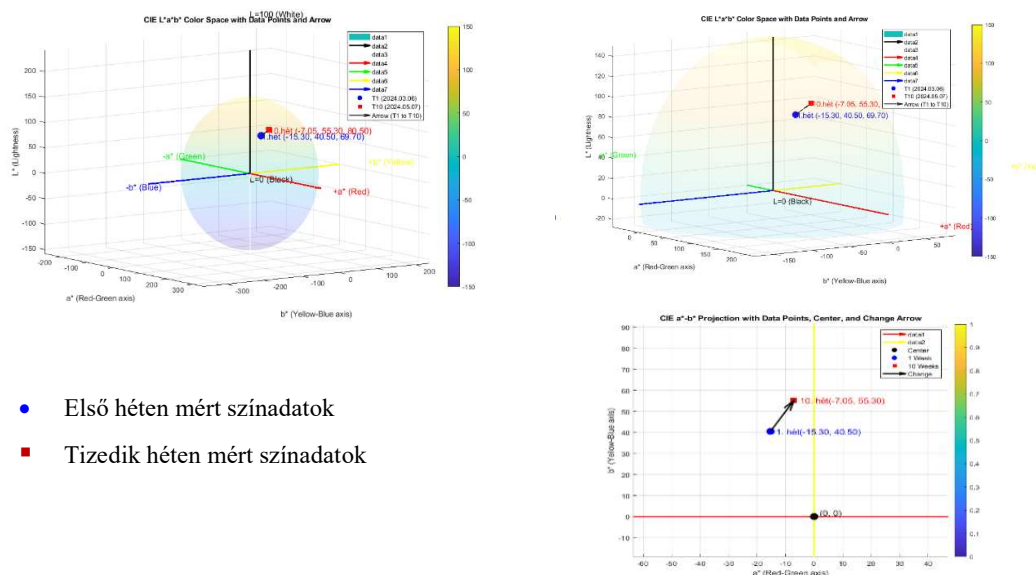
A színváltozást a tárolási idő során a magasabb hőmérsékleti körülmények ($T_2=10^\circ\text{C}$) között tárolt almák esetében a következő ábra mutatja. (19. ábra)

19. 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 ($T_2=10^\circ\text{C}$) tárolt alma esetében – CIEALab rendszerben a következő ábra szemlélteti (20. ábra):

20. ábra: A magasabb hőmérsékleten ($T_1=10^\circ\text{C}$) mért III. számú alma színváltozása CIELab rendszerben
(Forrás: Saját szerkesztés)



A két hőmérsékleten tárolt almák mért adatainak színváltozását a következő táblázat foglalja össze. (2. táblázat)

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

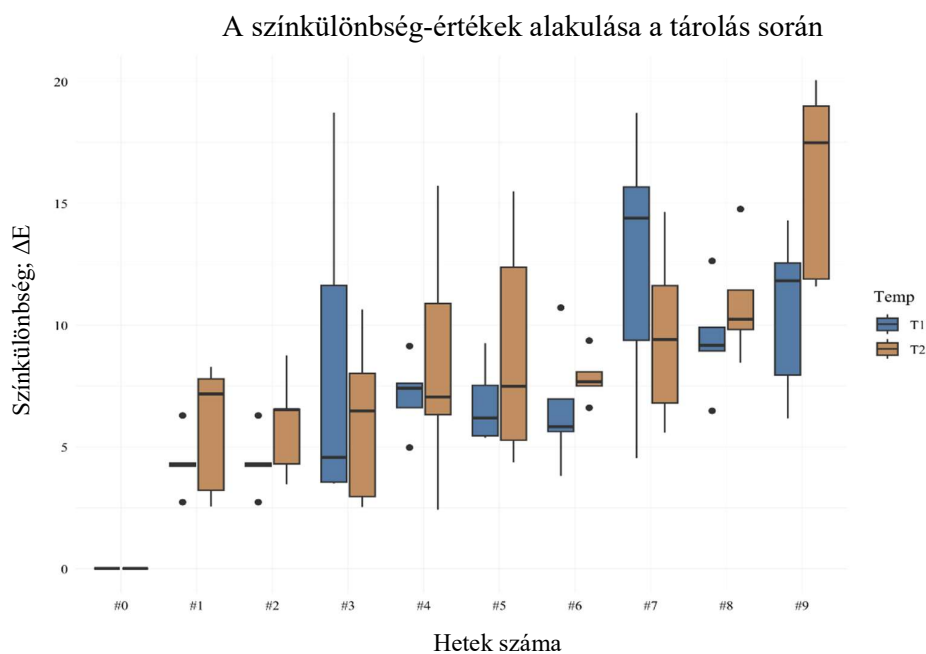
(Forrás: Saját munka)

$T_1 = 5^\circ\text{C}$					
Időpont	Hét	L^*	a^*	b^*	Mérőműszerről generált szín
2024.03.06.	1. hét	72,08	-12,27	45,32	
2024.05.07.	10. hét	82,30	-9,44	54,90	
$T_2 = 10^\circ\text{C}$					
Időpont	Hét	L^*	a^*	b^*	Mérőműszerről generált szín
2024.03.06.	1. hét	69,7	-15,3	40,5	
2024.05.07.	10. hét	80,5	-7,05	55,3	

A színekülönbséget mindig a „0.” héthez hasonlítottam a korábban ismertetett összefüggés alapján. Az adatelemzés során rögzített adatok a színváltozás tekintetében az alábbi ábrán láthatók. (21. ábra)

21. ábra: A színekülönbség-értékek alakulása a tárolás során

(Forrás: Saját diagram)



A hőmérséklet hatása a színkülönbség (ΔE) szempontjából nem mutatott szignifikáns eltérést. ($F(1;8)=0,582$; $p=0,468$). A varianciaanalízis (ANOVA) alapján a két eltérő tárolási hőmérséklet között önmagában nem tapasztaltam egyértelmű különbséget a színkülönbség mértékében. A hőmérséklet valamint az idő (hetek) 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 színkülönbség-változásban.

A tárolási módok összehasonlítását követően, az eltérő hőmérsékleteken külön-külön megvizsgáltam a színkülönbség-értékek alakulását a tárolás folyamán.

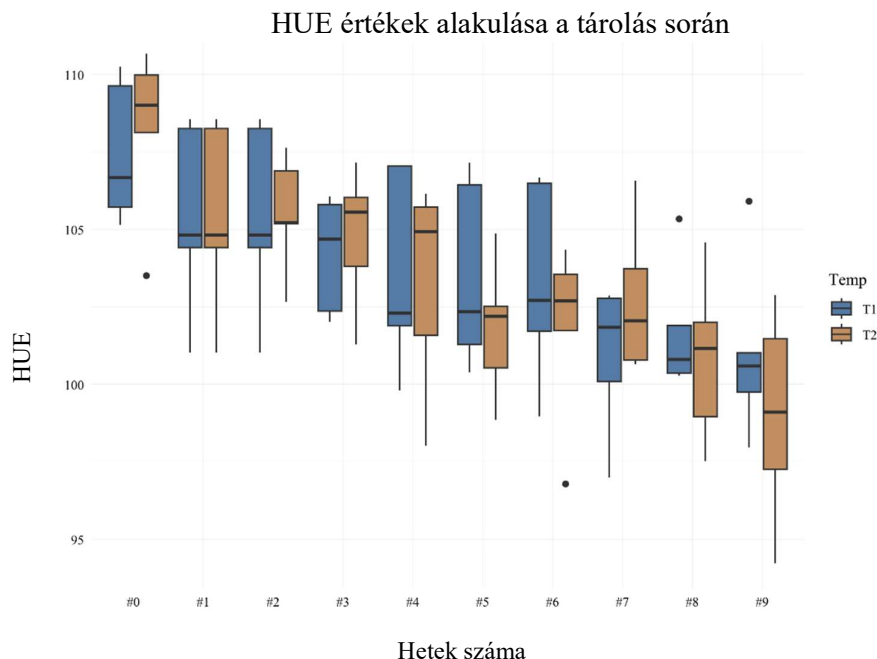
Az alacsonyabb hőmérsékleti körülményen ($T_1=5^\circ\text{C}$) az elemzés szignifikáns különbséget mutat ($F(8;36)=4,312$; $p<0,01$) az alma színváltozásában a 10 hetes tárolási idő alatt.

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

Az alábbi ábra (22. ábra) szemlélteti a tárolás során bekövetkezett színárnyalatok (HUE) változását.

22. ábra: HUE értékek alakulása a tárolás során

(Forrás: Saját diagram)



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 hetek száma közötti kölcsönhatásban nem mutatható ki szignifikáns különbség ($F(9;72)=0,937$; $p=0,499$).

A statisztikai elemzés alapján 0,05-os szignifikanciaszinten nem találtunk különbséget a két tárolási hőmérséklet között a HUE (színárnyalatok) szempontjából ($F(1;8)=0,937$; $p=0,811$), ebből következik, hogy a HUE (színárnyalatok) értékeinek átlaga hasonlóan tekinthető mindkét hőmérsékleten. A hőmérséklet és a hetek száma közötti kölcsönhatásban nem mutatható ki szignifikáns különbség ($F(9;72)=0,937$; $p=0,499$).

Ezt követően külön-külön vizsgáltam az 5 °C-on és 10 °C-on tárolt HUE (színárnyalatok) értékeinek alakulását a 10 hetes tárolás során.

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 mutattak szignifikáns különbséget ($p>0,05$) a két hőmérsékleti körülmény között a színváltozás tekintetében, azonban a ΔE és HUE értékekben szignifikáns különbség mutatható ki.

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

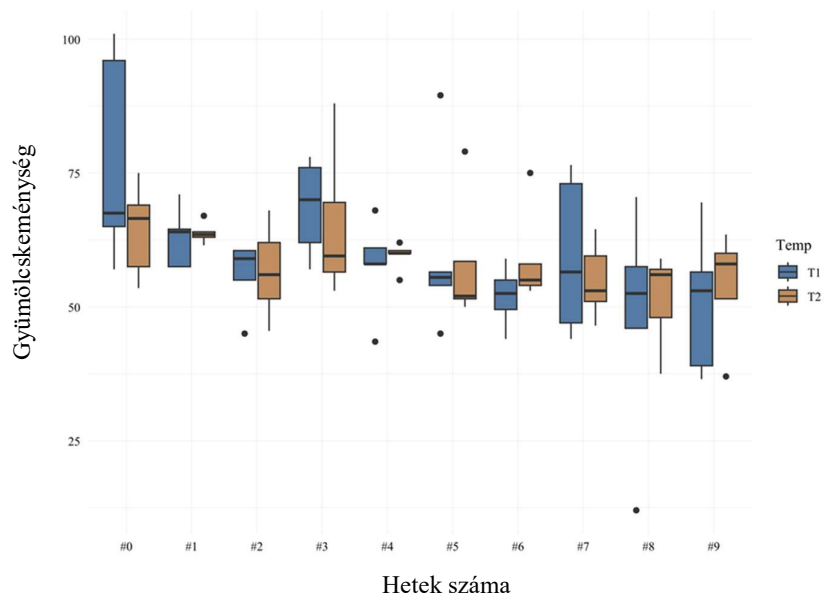
Az alma húsának minősége – amelyet többnyire a gyümölcskeménységgel mérnek – döntő fontosságú az eltarthatóság, valamint a fogyasztói preferencia meghatározásában, ennek következtében fontos megérteni, hogy a tényezők milyen kölcsönhatásban befolyásolják az alma minőségét. Az elemzés célja meghatározni, hogy a hőmérséklet és a tárolási idő (hét), illetve e két tényező kölcsönhatása milyen mértékben befolyásolja a gyümölcskeménységet.

Az alábbi ábra (23. ábra.) szemlélteti a tárolás során bekövetkezett gyümölcskeménység változását (első szűrés esetében):

23. ábra: Gyümölcskeménység változása (az első szűrés során)

(Forrás: Saját diagram)

Gyümölcskeménység változása (az első szűrés során) a tárolási időszak alatt



A gyümölcskeménység változásának szemszögéből a két különböző tárolási hőmérséklet hatása az elemzés során nem mutatott szignifikáns különbséget ($F(1;98)=0,049$; $p=0,825$) a 10 hetes tárolási idő során. Ebből következően a két eltérő tárolási körülmény önmagában egyértelmű különbséget nem mutat a gyümölcskeménység mértékében.

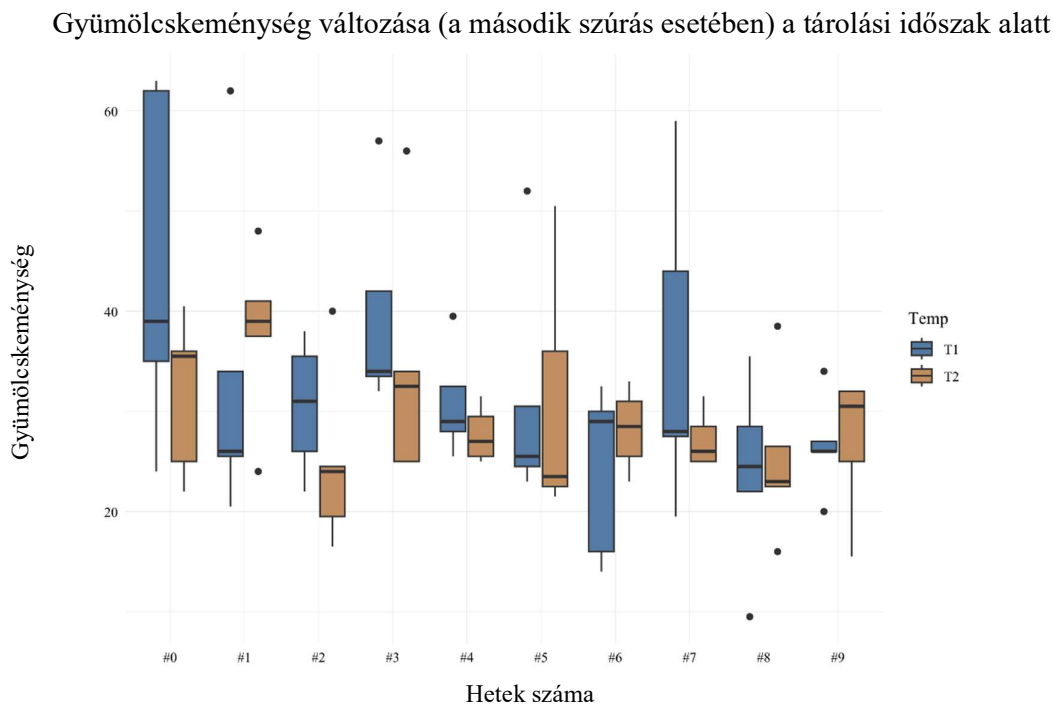
A 10 hetes tárolási idő során az alacsonyabb tárolási hőmérsékleten ($T_1=5^{\circ}\text{C}$) a gyümölcskeménység időbeli változásában egyértelmű szignifikáns különbségek nem voltak kimutathatóak ($F(9;40)=2,11$; $p=0,051$), ugyan közel állt a 0,05-os szignifikanciaszinthez. Az eredmény arra enged következtetni, hogy a gyümölcskeménység a tárolási idő előrehaladtával nem mutatott különbséget.

A magasabb hőmérsékleten ($T_2=10^{\circ}\text{C}$) tárolt almák esetén a gyümölcskeménység időbeli változásában szignifikáns különbség szintén nem mutatható ki ($F(9;40)=1,301$; $p=0,267$), ez kifejezi, hogy a tárolási idő előrehaladtával szignifikánsan nem változott a gyümölcskeménység.

Az alábbi ábra (24. ábra.) szemlélteti a tárolás során bekövetkezett gyümölcskeménység változását (második szűrés esetében):

24. ábra: Gyümölcskeménység változása (a második szűrés során)

(Forrás: Saját diagram)



A statisztikai elemzés alapján 0,05-os szignifikanciaszinten nem találtam különbséget a két tárolási hőmérséklet között a gyümölcskeménység tekintetében ($F(1;98)=1,479$; $p=0,227$), tehát a húskeménységek átlaga hasonlóknak tekinthető mindkét hőmérsékleten.

Ezt követően külön-külön vizsgáltam az egyes hőmérsékleteken ($T_1=5^\circ\text{C}$ és $T_2=10^\circ\text{C}$) tárolt almák gyümölcskeménységét a 10 hét során.

Az almák gyümölcskeménységének időbeli változása nem mutatott különbségeket ($F(9;40)=1,618$; $p=0,143$) a hetek során az alacsonyabb tárolási hőmérsékleten ($T_1=5^\circ\text{C}$).

A magasabb hőmérsékleten ($T_2=10^\circ\text{C}$) tárolt almák elemzése szignifikáns különbséget szintén nem mutatott ($F(9;40)=1,279$; $p=0,282$) a 10 hetes időszak alatt.

Az eredmények alapján egyik hőmérsékleten sem volt kimutatható szignifikáns változás a gyümölcskeménységben az idő előrehaladtával; ebből következtethető, hogy a gyümölcskeménységre gyakorolt hatás az idő függvényében nem változott jelentős mértékben.

A 10 hetes megfigyelt időszak alatt a keménységsökkenés mindkét hőmérsékleti csoportban hasonló ütemben következett be.

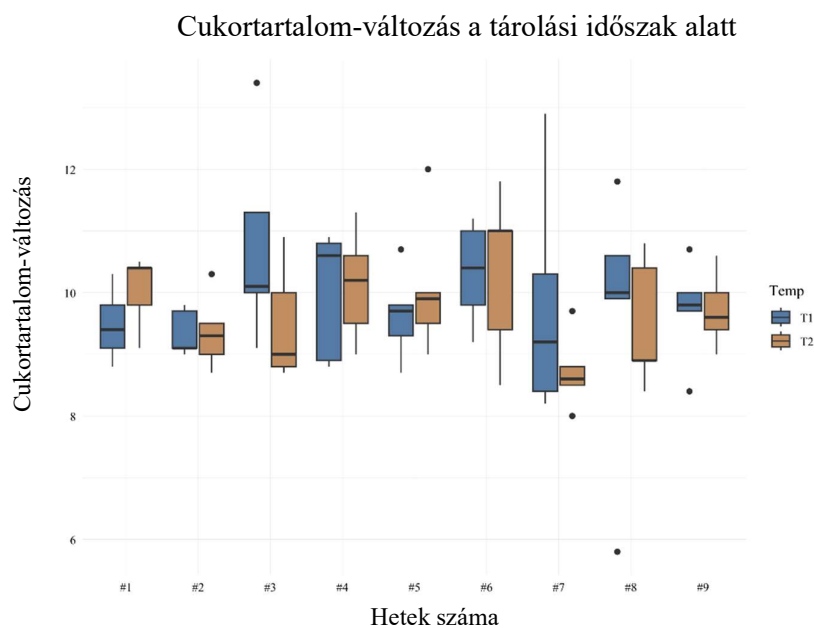
3.4 AZ ALMA CUKORTARTALMÁNAK VÁLTOZÁSA A TÁROLÁSI IDŐ FÜGGVÉNYÉBEN, KÜLÖNBÖZŐ HŐMÉRSÉKLETEKEN

Az alma cukortartalmának mennyisége meghatározza az alma édességét, döntő fontosságú az eltarthatóság, valamint a fogyasztói preferencia meghatározásában. Ennek következtében fontos megérteni, hogy a tényezők miként befolyásolják az alma cukortartalmát, ezek alapján 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 (25. ábra.) szemlélteti a tárolás során bekövetkezett cukortartalom-változást.

25. ábra: Cukortartalom-változás a 10 hetes tárolási időszak alatt

(Forrás: Saját diagram)



Az elemzés 10 hetes tárolási időszaka alatt a két eltérő hőmérsékleti körülmény nem mutatott ki jelentős különbséget az alma cukortartalmának változásában ($F(1;88)=0,417$; $p=0,52$).

A tárolási módok összehasonlítása után, az egyes hőmérsékleteken külön-külön megvizsgáltam a cukortartalom-változás alakulását a hetek folyamán.

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

A magasabb hőmérsékleti körülményen ($T_2=10^\circ\text{C}$) az elemzés szignifikáns különbséget nem mutatott ($F(8;36)=1,529$; $p=0,182$) az alma cukortartalmában a tárolási idő előrehaladtával 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.

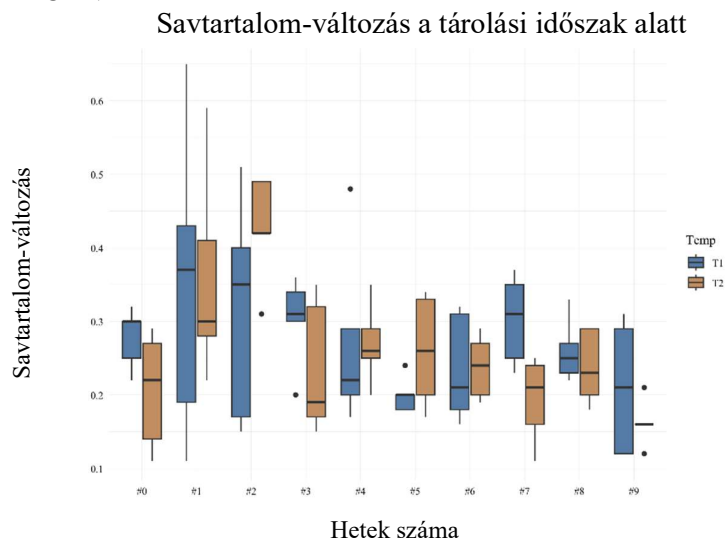
3.5 AZ ALMA SAVTARTALMÁNAK VÁLTOZÁSA A TÁROLÁSI IDŐ FÜGGVÉNYÉBEN, KÜLÖNBÖZŐ HŐMÉRSÉKLETEKEN

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 (26. ábra.) szemlélteti a 10 hetes tárolási időszak során bekövetkezett savtartalom-változást.

26. ábra: Savtartalom változása a tárolási időszak alatt

(Forrás: Saját 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.

Az adatok részletesebb vizsgálata végett a két eltérő hőmérsékletet külön-külön elemeztem.

Az alacsonyabb hőmérsékleti körülményen ($T_1=5^{\circ}\text{C}$) szignifikáns különbség nem kimutatható ($F(8;36)=1,058$; $p=0,413$) a savtartalom-változás mértékében a 10 hetes időszak alatt.

A magasabb hőmérsékleti körülményen ($T_2=10^{\circ}\text{C}$) 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.

3.6 A KÜLÖNBÖZŐ TÁROLÁSI HŐMÉRSÉKLETEN MÉRT ADATOK ELEMZÉSE ÉS ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A hőmérséklet és a tárolási idő hatásának értékelésére egy- és kétirányú ANOVA-t végeztem. Az elemzések során az esetek többségében nem mutatható ki statisztikailag szignifikáns különbség a két hőmérsékleti körülmény között.

Az ANOVA-teszt lefuttatásakor nem tapasztaltam statisztikailag szignifikáns különbséget a két hőmérséklet közötti súlyvesztésben ($p>0,05$), amely alapján mindkét tárolási hőmérséklet hasonló súlyvesztéseget eredményezett az idő múlásával. Az adatok elemzése, valamint grafikus ábrázolása alapján a két tárolási körülmény közötti tendenciák közel párhuzamosak voltak, ami megerősítette, hogy a hőmérséklet ebben a konkrét tartományban nem befolyásolta jelentősen a tárolás során bekövetkező súlyvesztéseget.

Szintén ANOVA tesztet alkalmaztam annak megállapítására, hogy a két hőmérséklet szignifikáns különbségeket eredményez-e a színváltozásban a tárolási idő múlásával, azonban hasonlóképpen a statisztikai elemzés nem mutatott szignifikáns különbséget ($p>0,05$) a két hőmérsékleti körülmény között a színváltozás tekintetében. Az adatok részletesebb értékelése során a ΔE és HUE értékek szignifikáns különbséget mutattak.

A hőmérséklet és az idő (hét) közötti kölcsönhatás nem volt statisztikailag szignifikáns. Az eredmények szerint a hőmérsékletnek a gyümölcskeménységre gyakorolt hatása nem változott

jelentősen az idő függvényében. Ez arra utal, hogy a 10 hetes időszak alatt megfigyelt keménységcsökkenés mindkét hőmérsékleti csoportban hasonló ütemben következett be, és a hőmérséklet önmagában nem volt meghatározó tényező.

A vizsgálatban az eredmények alapján a tárolási időszak alatt – sem 5°C-on, sem 10°C-on – nem volt statisztikailag szignifikáns különbség a Brix-értékekben ($p > 0,05$), tehát a cukortartalom a hőmérsékleti körülményektől függetlenül állandó maradt. Az alma édessége hasonlóan változott az idő múlásával.

A savtartalom ANOVA tesztelésekor statisztikailag szignifikáns különbséget a két hőmérséklet között nem tapasztaltam, azonban a magasabb hőmérsékleten tárolt almák esetében szignifikáns különbség mutatható ki.

Az eredmények arra utalnak, hogy a hőmérséklet a vizsgált tartományon belül nem volt jelentős hatással a vizsgált fizikai (tömeg, méret, szín, keménység) és beltartalmi (cukortartalom, savtartalom) tulajdonságokra. Több esetben megfigyelhető volt némi eltérés az egyes hetek során, azonban ez nem volt elégséges ahhoz, hogy a hőmérsékletet meghatározó tényezőként lehessen kezelni. A kapott eredmények alapján az alma kissé magasabb hőmérsékleten történő tárolása nem rontja az alma minőségét, amelynek köszönhetően az alacsonyabb hőmérsékletű hűtés szigorú szabályainak enyhítése potenciális energiamegtakarítást kínál.

A szignifikancia hiánya azt is jelezheti, hogy további, nagyobb mintaszámú vagy más kísérleti körülmények között végzett vizsgálatokra van szükség a finomabb hatások kimutatásához.

A kutatás során a hűtőházban két különböző hőmérsékleten (5°C és 10°C) 10 héten keresztül tárolt almák mért paramétereinek ANOVA elemzési eredményeit a következő 3. táblázat foglalja össze:

3. táblázat: A két különböző hőmérsékleten (5°C és 10°C) 10 héten keresztül tárolt almák mért paramétereinek ANOVA elemzés eredményei ($p < 0,01$ szignifikancia esetén)
(Forrás: Saját munka)

	Ismétléses (címkézett) vizsgálat			Roncsolásos vizsgálat			
	Súlyvesztés	ΔE	HUE	Gyümölcs-keménység (első szűrés esetén)	Gyümölcs-keménység (második szűrés esetén)	Cukor	Sav
T₁ = 5°C hőmérséklet	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p = 0,115$	$p = 0,051$	$p = 0,143$	$p = 0,768$	$p = 0,413$
T₂ = 10°C hőmérséklet	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p = 0,267$	$p = 0,282$	$p = 0,182$	$p < 0,01$
A két tárolási hőmérséklet közötti különbség	$p = 0,48$	$p = 0,468$	$p = 0,811$	$p = 0,825$	$p = 0,227$	$p = 0,52$	$p = 0,754$
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

Diplomadolgozatom célja a vevők perspektívájából az otthoni almatárolás módszereinek, lehetőségeinek feltárása, továbbá azok hatásának vizsgálata az eltarthatóságra. Fogyasztói szemszögből az alma 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 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 10 hetes tárolási idő esetében.

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) azonos páratartalom mellett 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 fogyasztók az almákat – a minőségére gyakorolt észrevehető hatások nélkül – tárolhatják kissé melegebb tárolási körülmények között is. A fogyasztók számára az eredmény nagyobb rugalmasságot enged meg a 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. A tárolás rugalmas megközelítése potenciálisan csökkentheti a hűtés szigorú feltételeit, amely csökkenti a hűtőrendszerekhez kapcsolódó energiaköltségeket. A teljes energiafogyasztás mérséklésével a rendszerek környezeti hatását is csökkenthetjük.

A gyümölcsök gyors romlása nagymértékben hozzájárul a globális élelmiszer-pazarláshoz, ugyanis a fogyasztók a gyümölcsök jelentős mennyiségét dobják ki a túlérés, a látható esztétikai hibák vagy a 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 a megvásárolt termékek 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 mintaszám bővítése, különösképpen az almák nagyobb mennyiségének különböző körülmények közötti mérésével. A jelenlegi kutatás eredményein túl az általánosíthatóbb eredmények érdekében a jövőbeni kísérletek során növelem az értékelt almák számát. A mintanagyság növelésével csökkenni 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 hőmérséklet, valamint a páratartalom elemzése még pontosabb 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. GAZDASÁGOSSÁGI SZÁMÍTÁS

A háztartásokban kulcsfontosságú tényező az élelmiszerek hatékony, biztonságos, valamint költségtakarékos tárolása. A különböző fogyasztói tárolási módszereknek, mint például a hűtőszekrényben, vagy az éléskamrában történő tárolásnak eltérő az energiafogyasztása, különböző élelmiszerromlási aránnyal, illetve más közvetett költségekkel rendelkeznek.

Ennek a fejezetnek a célja az élelmiszerek hűtőszekrényben, illetve éléskamrában történő tárolása közötti gazdasági különbségek feltárása. A két eltérő tárolási módszer összehasonlítása adatvezérelt betekintést nyújthat a háztartásoknak az élelmiszer-tárolási stratégiák optimalizálásához, a pazarlás csökkentéséhez és az általános költségek mérsékléséhez.

Egy átlagos hűtőszekrény teljesítménye 300-700 Watt, ennek vegyük a mediánját és tételezzük fel, hogy átlagosan a hűtőszekrény energiafogyasztása: 500Wh. Ezen esetben egy átlagos hűtőszekrény napi (24 órás) energiafelhasználása a következő:

$$500\text{Wh} * 24 = 12\text{kWh} \quad (6)$$

A kísérlet alapján 10 hetes (70 nap) tárolási időszak villamosenergia-fogyasztása a következő:

$$\text{Fogyasztás} = 12\text{kWh} * 70 = 840\text{kWh} \quad (7)$$

Jelenleg ma Magyarországon 1 kWh villamosenergia ára 36,9 Ft. Ezek alapján feltételezve a kísérlet idején a felhasznált villamosenergia ára a következő:

$$\text{Felhasznált villamosenergia ára} = 840\text{kWh} * 36,9\text{Ft} = 30\,996\text{ Ft} \quad (8)$$

Ezzel szemben a kutatás eredményei alapján a rugalmas szabályokat megengedő háztartási tárolási módszer szerint az almákat elegendő kamrában, esetleg pincében tárolni, miközben jelentős minőségi romlás nem következik be.

A felesleges fogyasztói hulladéktermelés környezetvédelmi szempontból nagymértékben hozzájárul az élelmiszer-pazarláshoz, amely súlyos környezeti következményeket hoz magával. Az üvegházhatású gázok létrejöttében fontos szerepet játszanak az élelmiszer-hulladékok, köztük a kidobott gyümölcsök is. A lebomlástól a termesztés és szállítás közben felhasznált erőforrások (víz, energia, föld) pazarlását is jelentik. A megfelelő otthoni tárolási módszerek tanulmányozása nem csak az alma minőségét őrzi meg, hanem hozzájárul az élelmiszer-pazarlás és az energiafogyasztás csökkentéséhez is, igazodva a fenntartható élelmiszertermelés globális céljaihoz.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Diplomadolgozatomban a kutatás során az almatárolás módszereit, valamint lehetőségeit, illetve azok hatását vizsgáltam az eltarthatóságra vonatkozóan 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), azonos páratartalom mellett tároltam, majd a rögzített adatokat statisztikai módszerekkel elemeztem. A vizsgálatok 10 hétig tartottak, hetente egyszeri 5 db minta vételezéssel.

Az eredmények alapján az alma a háztartásban magasabb hőmérsékleten (10°C-on), tárolható 10 héten keresztül anélkül, hogy a frissesség, a megjelenés vagy az íz minőségileg veszítene az értékéből. Az eredmény rendkívül jelentős, különösen a költségek szempontjából, az energiafogyasztás nézőpontjából. A fogyasztók többsége a gyümölcsök minőségének megőrzése érdekében szigorú hűtési előírásokhoz van szokva, azonban az eredmények alapján az alma vizuálisan vonzó marad és megőrzi édességét akkor is, ha magasabb hőmérsékleti körülmények között tárolják. A tárolás rugalmassága lehetővé teszi a háztartások számára az alma különböző környezetben való tárolását - akár kevésbé szabályozott hőmérsékletű kamrában, akár pincében - anélkül, hogy a gyors romlás miatt kellene aggódniuk. Végeredményben ez költségmegtakarítást eredményez, mivel kevesebb energiaigényes hűtésre, vagy speciális tárolórendszerre van szükség, miközben az alma hosszabb ideig friss marad, amely a mindennapi életben növeli a gyümölcstárolás lehetőségeit. Az alma tárolása során érdemes ügyelni arra, hogy az egy légtérbe ne kerüljön más zöldségekkel vagy gyümölcsökkel, hiszen etilén termelése befolyásolja a többi zöldség és gyümölcs érését és eltarthatóságát. A tárolás rugalmasabb megközelítése alapján, ha az almát kivesszük a hűtőből több helyünk lesz más termékeket hűtve tárolni, az almákat pedig érdemes lehet a 10°C-os pincében tárolni.

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 és hatékony iránymutatást adjon a háztartásbeli tárolási módszerekről.

A jövőbe tekintve az egyik kulcsfontosságú terület a kutatás kiterjesztése, a vizsgált minták darabszámának növelése. Az almák nagyobb mennyiségének különböző körülmények között történő mérésével és a hőmérsékletkülönbségek növelésével átfogóbb eredmények születhetnek. A hőmérséklet mellett a páratartalom vizsgálata is lényeges. A szélesebb hőmérsékleti spektrumok világosabb képet adnának a hatékony tárolás felső és alsó hőmérsékleti határértékeiről is.

7. 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. When storing apples, we should ensure that they are not placed in the same airspace as other vegetables or fruits, as the production of ethylene affects the ripening and shelf life of other vegetables and fruits. Taking a more flexible approach to storage, taking apples out of the fridge will give you more space to store other produce under refrigeration, and apples may be worth storing in a cellar at 10°C.

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.

IRODALOMJEGYZÉK

- Ahmad, F., Zaidi, S., & Arshad, M. (2021): Postharvest quality assessment of apple during storage at ambient temperature. *Heliyon*, 7(8), e07714. ISSN: 2405-8440 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07714>
- Akdemir, S., & Bal, E. (2020): Quality Changes in Apple in Evaporative Cooling Store. *Erwerbs-Obstb*, 62(4). ISSN: 0014-0309 DOI:10.1007/s10341-020-00530-w
- Antunglu, G., Nishiyama, Y., & Koide, S. (2004): Electrode Configuration and Polarity Effects on Physicochemical Properties of Electric Field Treated Apples Post Harvest. 89(1), 92-102. ISSN: 1537-5129 DOI: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*(3741), 1-19. ISSN: 0003-0082 DOI:10.1206/3734.2
- Bräutigam, K.-R., Jörisen, J., & Priefer, C. (2014): The extent of food waste generation across EU-27: Different calculation methods and the reliability of their results. *Waste Management & Research*, 32(8), 683-694. ISSN:1096-3669 DOI: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. ISSN:0304-4238 DOI: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*, 68, 147-157. ISSN: 1527-3741 DOI:10.21273/JASHS.68.3.141
- 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. ISBN: 978-1-5090-4257-9

- Djekic, I., Radivojevic, D., & Milivojevic, J. (2019): Quality perception throughout the apple fruit chain. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(3), 3106–3118. ISSN:2193-4134 DOI:10.1007/s11694-019-00233-1
- Dobrzański, B., & Rybczyński, R. (2002): Colour change of apple as a result of storage, shelf-life, and bruising. *International Agrophysics*, 16, 261-268. ISSN: 2300-8725
- East, A. R., Jobling, J. J., Maguire, K. M., & Mawson, J. (2021): The Influence of Breaks in Storage Temperature on ‘Cripps Pink’ (Pink Lady™) Apple Physiology and Quality. *American Society for Horticultural Science*, 43(4), 818-824. ISSN:0018-5345 DOI:10.21273/HORTSCI.43.3.818
- 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, A., Ficzek, G., & Veres, A. (2024): The Examination of Apple Shelf Life from Consumer Storage Perspective. *Analecta Technica Szegedinensia*, 18(3), 1-7. ISSN: 2064-7964 DOI: <https://doi.org/10.14232/analecta.2024.3.1-7>
- Farkas, C., Fenyvesi, L., & Petróczki, K. (2019): Identification and Frequency Dependence of Viscoelastic Parameters during Dynamic Creep Tests on Selected Pome Fruits. *AgriEngineering*, 1(3), 324-331. ISSN:2624-7402 DOI: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*, 10(3), 226-227. ISSN:2642-1747 DOI:10.34297/AJBSR.2020.10.001501
- Gelman, A. (2005): Analysis of variance—why it is more important than ever. *The Annals of Statistics*., 33(1), 1-53. ISSN: 2168-8966 DOI: <https://doi.org/10.1214/009053604000001048>

- Ghabour, R., Kassebi, S., Korzenszky, P., (2021): Simulation and Experiment of Apple Fruits in Domestic Fridge. *Hungarian Agricultural Research: Environmental Management*, 30(2), 11-14. ISSN: 1216-4526
- 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/agmr.umd.edu/resource/controlled-atmosphere-storage-apples>
- Ko-Eun Hwang, Tae-Kyung Kim, Hyun-Wook Kim³, Dong-Ho Seo, Young-Boong Kim, Ki-Hong Jeon, Yun-Sang Choi (2018): Effect of natural pre-converted nitrite sources on color. *Asian-Australas J Anim Sci*. 31(8), 1358-1365, ISSN:1976-5517 DOI: 10.5713/ajas.17.0767
- Hooge, I. E., Oostindjer, M., Aschemann-Witzel, J., Norman, A., Loose, S. M., & Almlí, V. L. (2019): This apple is too ugly for me! Consumer preferences for suboptimal food products in the supermarket and at home. *Food Quality and Preference*, 56, 80-92. ISSN:1873-6345 DOI:10.1016/j.foodqual.2016.09.012.
- 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*, 30(3), 145-160. ISSN:0114-0671 DOI:10.1080/01140671.2002.9514210
- 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*, 33(3), 283-292. ISSN:0114-0671 DOI:10.1080/01140671.2005.9514423
- 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. (old.: 166-166). *Baltic Conference on Food Science and Technology (FOODBALT)*. Forrás: https://www.researchgate.net/publication/280738517_IMPACT_OF_THE_DEGREE_OF_MATURITY_ON_APPLE_QUALITY_DURING_THE_SHELF_LIFE

- Kassebi, S., Farkas, Cs., Székely, L., Géczy, A., Korzenszky, P. (2023): Late Shelf Life Saturation of Golden Delicious Apple Parameters: TSS, Weight, and Colorimetry. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 13(1), 159. ISSN: 2076-3417 DOI: <https://doi.org/10.3390/app13010159>
- Kassebi, S., Ghabour, R., Korzenszky, P. (2021): Monitoring the preservation of apples in a domestic fridge; Weight Loss Test for Golden Delicious Apples in Storage. *Mechanical Engineering Letters: R And D: Research And Development*, 21(7), 178-184. ISSN: 2060-3797
- Kassebi, S., Korzenszky, P. (2021): A Tömegcsökkenés Vizsgálata Golden Delicious Alma Tárolása Esetén; Weight Loss Test for Golden Delicious Apples in Storage. *Acta Agronomica Óváriensis*, 62(1), 128-139. ISSN: 2498-907X
- Kassebi, S., Korzenszky, P. (2021): The effect of post-harvest storage on the weight of Golden Delicious apples. *Science Technology and Innovation*, 13(2), 7-11. ISSN: 2544-9125 DOI: 10.5604/01.3001.0015.5265
- Kassebi, S., Korzenszky, P. (2022): The Influence Of Storage Temperature on the Weight Of Golden Delicious. *Hungarian Agricultural Engineering*, 41, 5-10. ISSN: 2415-9751 DOI: <https://doi.org/10.17676/HAE.2022.41.5>
- Kassebi, S., Korzenszky, P. (2024): Influence of Ambient Storage on Weight, Color, and TSS in Golden Delicious Apples: A Correlational Study. *Hungarian Agricultural Engineering*, 43(8), 18-25. ISSN: 2415-9751 DOI: 10.17676/HAE.2024.43.18
- 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*, 4(7), 154-163. 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*, 3, 67-70. ISSN:1554-0200
- Kiss, L. (2001): *Almatermsűek 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. *Agriculture*, 14(1), 59. ISSN:2077-0472 DOI:10.3390/agriculture14010059

- 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*, 1, 16-22. ISSN:1947-2936 DOI:10.1080/11358120902989632
- Kovács, A. G. (2018): Körtgyümölcs 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). ISSN:0018-5345 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://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44943843/FP_2272-80o-libre.pdf?1461225350=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRespiration_Rate_Modelling_of_Royal_Deli.pdf&Expires=1716311480&Signature=AEWUvigDypOQP9IIXRojiULkeUafSD4Sj9ObTQF0hGKUy7qNED
- Meneses, C., & Orellana, A. (2013): Using genomics to improve fruit quality. *Biological Research*, 46(4), 347-353. ISSN:0717-6287 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): The Influence of Color, Shape and amage on Consumer Sensory Perception and Liking of Different Apples. *Sustainable Fruit Consumption*., 11(17), 2071-1069. 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 legegészebb gyümölcsünk 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*, 13(4), 3106-3118. ISSN:2193-4120 DOI:10.1007/s11483-019-09669-3
- 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*, 13(2), 1-12. ISSN:2077-0472 DOI: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*, 8, 1-12. ISSN:1664-302X DOI:10.3389/fmicb.2017.01396
- Surányi, D. (2011): Ökológiai szemléletű gyümölcsstermesztés - változó termesztő környezetben. *Tájökológiai Lapok*, 9(2), 321–343.
- Surányi, D. (2026): *Gyümölcsöző sokféleség (Biodiverzitás a gyümölcsstermesztésben)*. Gödöllő: ISBN 978-615-01-7084-8.
- Takácsné, K. G., Vanczák, E., & Komáromi, N. (2003): Az alma fogyasztás változásai. *Gazdálkodás*, 51(5). ISSN:0046-5518
- Waldbauer, K., McKinnon, R., & Kopp, B. (2017): Apple Pomace as Potential Source of Natural Active Compounds. *Georg Thieme Verlag KG Stuttgart*, 75(1), 3-10. ISSN:0032-0943 DOI:10.1055/s-0043-111898
- 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. *Agriculture (MDPI)*, 11(1), 81. ISSN:2073-4395 DOI:10.3390/agriculture11010081

- 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. ISSN:0022-202X. DOI: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. *Ciência Rural*, 42(12), 2159-2165. ISSN:0103-8478 DOI:10.5555/20123416712
- 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 Foods*, 12(5). ISSN:2304-8158 DOI:10.3390/foods12051097
- 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*, 113, 355-365. ISSN:0924-2244 DOI:10.1016/j.tifs.2021.05.009

http1: Gyümölcskeményésg, Letöltés dátuma: 2024.10.30. forrás: <https://extension.umd.edu/resource/fruit-quality-importance-fruit-textural-characteristics/>

http2: CIELab színtér, Letöltés dátuma: 2024.10.30. forrás: <https://www.xrite.com/ko-kr/blog/tolerancing-part-3>

http3: Színárnyalatok sorrendje, Letöltés dátuma: 2024.10.30. forrás: <https://cdn-s3.sappi.com/s3fs-public/sappietc/The%20Color%20Measurement%20Standard%20for%20the%20Graphic%20Arts.pdf>

http4: Golden Delicious alma, Letöltés dátuma: 2024.10.30. forrás: https://hu.wikipedia.org/wiki/Golden_delicious

http5: Dobozdiagramm, Letöltés dátuma: 2024.10.30. forrás: http://www.jgypk.hu/tamop15e/tananyag_html/statisztika/minta_boxbajusz_brzolsa_box_and_whiskers_plots.html

http6: Digitális savtartalom mérő, Letöltés dátuma: 2024.10.30. forrás: <https://www.fishersci.pt/shop/products/pocket-brix-acidity-meter-master-kit/15963557>

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Nyári almafajták	6
2. ábra: Téli almafajták.....	6
3. ábra: A CIELab színtér 3D modellje.....	14
4. ábra: Színárnyalatok sorrendje.....	16
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: Texture Analyzer	23
11. ábra: A színméréshez használt Nix Pro Colour Sensor	24
12. ábra: Speciális gyümölcscentrifuga.....	25
13. ábra: Digitális refraktométer	25
14. ábra: Digitális savtartalom mérő	26
15. ábra: A savtartalom méréséhez szükséges (a) 1g almalé; (b) desztillált vízzel felhígított almalé.....	26
16. ábra: Az almák súlyának alakulása a tárolási hetek során.....	29
17. ábra: Az alacsonyabb hőmérsékleten ($T_1=5^{\circ}\text{C}$) mért színváltozás CIELab rendszerben..	31
18. ábra: Az alacsonyabb hőmérsékleten ($T_1=5^{\circ}\text{C}$) mért III. számú alma színváltozása CIELab rendszerben	31
19. ábra: A magasabb hőmérsékleten ($T_2=10^{\circ}\text{C}$) mért színváltozás CIELab rendszerben	32
20. ábra: A magasabb hőmérsékleten ($T_2=10^{\circ}\text{C}$) mért III. számú alma színváltozása CIELab rendszerben	32
21. ábra: A színkülönbség-értékek alakulása a tárolás során	33
22. ábra: HUE értékek alakulása a tárolás során	34
23. ábra: Gyümölcskeménység változása (az első szűrés során).....	36
24. ábra: Gyümölcskeménység változása (a második szűrés során).....	37
25. ábra: Cukortartalom-változás a 10 hetes tárolási időszak alatt.....	38
26. ábra: Savtartalom változása a tárolási időszak alatt	39

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: Almafajták változása Magyarországon	6
2. táblázat: A két hőmérsékleten tárolt almák mért L^* , a^* , b^* adatai	33
3. táblázat: A két különböző hőmérsékleten (5°C és 10°C) 10 héten keresztül tárolt almák mért paramétereinek ANOVA elemzés eredményi ($p < 0,01$ szignifikancia esetén)	42

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 készülhetett volna el.

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

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

NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

A diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Farkas Anna
A Hallgató Neptun kódja: AD21C0
A dolgozat címe: Élelmiszer alapanyagok tulajdonságainak változása a technológia során
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépek Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítotam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

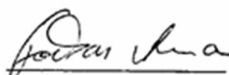
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Gödöllő, 2024. 10. 30.


Hallgató aláírása

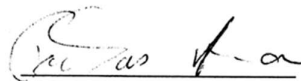
NYILATKOZAT

Alulírott Farkas Anna, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Műszaki menedzser szak nappali/levelező tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem.

Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Gödöllő, 2024. 10. 30.



Hallgató

NYILATKOZAT

Farkas Anna (hallgató Neptun azonosítója: AD2IC0) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Gödöllő, 2024. év október hó 30. nap



Dr. Korzenszky Péter
belső konzulens