

Szakdolgozat

Novák Andrea

2025



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Budai Campus

Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

Élelmiszertudományi Kar alapképzési szak

A logisztikai rendszer hatásainak vizsgálata az egyes friss élelmiszertermékek egyes tulajdonságaira

Belső konzulensek: Vargáné Dr. Tóth Adrienn
Tudományos munkatárs

Boros Anikó
PhD Hallgató

Belső konzulensek intézete/tanszéke:

Élelmiszertudományi és Technológiai
Intézet; Állattermék és
Élelmiszertartósítási Technológia
Tanszék

Készítette: Novák Andrea

Budai Campus

2025

Tartalom

1. Bevezetés.....	1
2. Célkitűzések.....	3
3. Irodalmi áttekintés.....	5
3.1. A hús összetétele, jellemzői.....	5
3.1.1. A baromfi hús.....	6
3.1.2. Friss csirkemellfilé jellemzése, minőségellenőrzése.....	6
3.2. Az élelmiszeripari logisztikai rendszerek hőmérsékletváltozásai.....	8
3.2.1. A logisztikai rendszer meghatározása és felépítése.....	8
3.2.2. Hőmérsékletingadozások okai és hatása az élelmiszer ellátási láncban.....	9
3.2.3. A hőmérséklet nyomon követés jelentősége, eszközei és alkalmazása.....	10
3.2.4. A hőmérséklet változás következtében bekövetkező minőségváltozások, a hús (csirkemellfilé) romlása.....	10
3.3. Elsődleges és másodlagos csomagolások szerepe az élelmiszerben logisztikai rendszerben.....	12
3.3.1. Elsődleges csomagolás funkciói a hús forgalmazása során.....	12
3.3.2. Másodlagos csomagolás szerepe a házhozszállítás során.....	12
4. Anyagok és módszertan.....	13
4.1. Felhasznált anyagok.....	13
4.1.1. Friss csirkemellfilé.....	13
4.1.2. Másodlagos csomagolások.....	14
4.2. Módszerek.....	14
4.2.1. Tárolási próba.....	14
4.2.2. Hőmérsékletmérő eszközök.....	16
4.2.3. Csepegési veszteség.....	17
4.2.4. Színmérés.....	18
4.2.5. pH.....	19
4.2.6. Szárazanyagtartalom.....	20
4.2.7. Főzési veszteség.....	21
4.2.8. Állományváltozás mérése TPA módszerrel.....	21
4.2.9. Másodlagos csomagolások szigetelő hatásának vizsgálata.....	22
4.2.10. Fogyasztói felmérés (kvalitatív vizsgálat).....	24
5. Eredmények és kiértékelésük.....	25
5.1. Csepegési veszteség.....	25
5.2. Színmérés.....	26
5.2.1. L* értékek.....	26

5.2.2. a^* értékek.....	27
5.2.3. b^* értékek.....	28
5.2.4. ΔE^* értékek.....	29
5.3. pH mérés.....	30
5.4. Szárazanyagtartalom.....	31
5.5. Főzési veszteség.....	32
5.6. Állománymérés.....	33
5.7. Másodlagos csomagolások.....	34
5.8. Fogyasztói felmérés (kvalitatív vizsgálat).....	35
6. Következtetések és javaslatok.....	39
7. Összefoglalás.....	42
8. Irodalomjegyzék.....	43
9. Táblázatok és ábrák jegyzéke.....	46

1. Bevezetés

A hús, mint élelmiszer, az emberi táplálkozás egyik legfontosabb alapanyaga, amely elsősorban a magas biológiai értékű fehérje- és esszenciális aminosav-tartalmának köszönhetően nélkülözhetetlen étrendi elem. Az elmúlt évtizedekben a húsfogyasztási szokások folyamatosan átalakultak, és globálisan is megfigyelhető, hogy a vöröshúsok helyett egyre inkább a fehérhúsok, közülük is a baromfihús kerül előtérbe. Ennek oka többek között az egészségtudatos táplálkozás térnyerése, hiszen a baromfihús – és azon belül is különösen a csirkemell – kedvező élettani hatásokkal bír. A csirkemell a legnépszerűbb húsrészek közé tartozik, amelyet alacsony zsírtartalma, magas fehérjetartalma, könnyű feldolgozhatósága és semleges ízvilága miatt egyaránt előnyben részesítenek a fogyasztók és az élelmiszeripari vállalkozások.

A baromfihúsok népszerűsége mellett azonban kiemelt figyelmet kell fordítani romlékonyságukra is. A friss csirkemell kifejezetten érzékeny termék, amely magas víztartalma és kedvező tápanyag-összetétele miatt kitűnő táptalajt biztosít a mikroorganizmusok szaporodásához. Az állati eredetű élelmiszerek – és közülük a baromfihúsok különösen – a hűtés, a higiénikus feldolgozás és a megfelelő csomagolás hiányában rövid idő alatt fogyasztásra alkalmatlanná válhatnak. A hús romlásáért felelős folyamatok közé tartozik a mikrobiológiai növekedés, vagy az érzékszervi változások, mint például a színváltozás, a kellemetlen szagok kialakulása vagy az állomány romlása. Ezek a tényezők nemcsak a fogyasztói élményt rontják, hanem komoly élelmiszerbiztonsági kockázatokat is magukban hordoznak.

A minőségmegőrzés egyik legfontosabb eleme a megfelelő hőmérséklet biztosítása a szállítás és tárolás teljes folyamatában. A hőmérséklet a mikroorganizmusok szaporodásának egyik legmeghatározóbb tényezője: míg $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt a legtöbb baktérium növekedése jelentősen lelassul, addig $+5\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$ között már gyors romlási jelenségek figyelhetők meg. A hideglánc fenntartása az élelmiszeripar egyik legszigorúbban szabályozott előírása, hiszen bármilyen hőmérsékleti ingadozás a termék gyors minőségromlásához, a fogyaszthatósági idő jelentős csökkenéséhez, vagy akár élelmiszer-eredetű megbetegedésekhez vezethet.

A technológiai fejlődésnek köszönhetően számos csomagolási módszer segíti a friss élelmiszerek biztonságosabb és hosszabb ideig történő tárolását. Ezek közül az egyik legelterjedtebb a vákuumcsomagolás, amely során a levegőt eltávolítják a csomagolásból, így minimálisra csökken az oxigén jelenléte. A vákuumcsomagolás előnye, hogy meghosszabbítja a termék eltarthatósági idejét és fenntartja érzékszervi tulajdonságait, ugyanakkor hátránya, hogy a fakultatív anaerob baktériumok – mint például a *Listeria monocytogenes* vagy bizonyos *Clostridium* fajok – vákuumkörülmények között is képesek szaporodni. Ez rámutat arra, hogy a vákuumcsomagolás önmagában nem elegendő a biztonságos tároláshoz, hanem a megfelelő hőmérsékleti feltételek biztosításával együtt fejti ki hatását.

A vizsgálat fontossága egyértelmű: a friss hús tárolhatóságának és minőségi jellemzőinek ismerete alapvetően meghatározza az ipari feldolgozó, a kereskedelem szereplői és a fogyasztók számára is a biztonságot és a gazdasági hatékonyságot. A rövid eltarthatósági idő nagy mennyiségű élelmiszerpazarláshoz vezet, amely mind gazdasági, mind környezeti szempontból komoly problémát jelenthet ugyanis, a logisztikai folyamatok során bekövetkező néhány °C-os eltérések is hozzájárul a gyors minőségvesztéshez. A hőmérséklet és a csomagolás szerepének pontosabb megismerése hozzájárulhat a veszteségek csökkentéséhez, valamint a fogyasztóhoz kerülő termékek jobb minőségéhez. A hűtőláncnak a megszakadása különösen a házhoz szállításnál és a raktári átrakodás során jelent nagy kockázatot. A vizsgálat eredményei hozzájárulhatnak az élelmiszerpazarlás csökkentéséhez, a hűtőlánc hatékonyságának növeléséhez, valamint a kereskedelmi gyakorlat fejlesztéséhez.

Tudományos szempontból a téma jelentősége abban rejlik, hogy a csirkemell minőségének változását vákuumcsomagolt körülmények között, különböző tárolási hőmérsékleteken szisztematikusan vizsgálni lehet, és az eredményekből következtetéseket vonhatunk le a romlási folyamatok dinamikájára. Egy ilyen vizsgálat során nyomon követhetők a mikrobiológiai változások, az érzékszervi paraméterek (szín, szag, állomány), illetve a fizikokémiai mutatók (például pH-érték, csepegési veszteség). Az így nyert adatok értékes alapot adhatnak a feldolgozóipar számára a legkedvezőbb tárolási körülmények meghatározásához. Vajon mely paraméterek lesznek a legérzékenyebb romlási indikátorok? A fluktuáló hűtési körülmények súlyosabb minőségromlást okoznak-e, mint az állandó hőmérsékletek? A vizsgált másodlagos csomagolások képesek-e stabil hőmérsékleti környezetet biztosítani? Ezekre a kérdésekre keresem a választ a dolgozatomban.

2. Célkitűzések

A szakdolgozatom célja a vákuumcsomagolt csirkemellfilé minőségének vizsgálata, különböző hűtési hőmérsékleteken a tárolás teljes időtartalma alatt. A kísérlet tíznapos megfigyelési periódusa lehetővé teszi, hogy lefedje a friss csirkehús jellemző, 6–8 napos eltarthatósági idejét, valamint a túltárolás szakaszát is. Ennek révén átfogóan értékelhető, hogy a különböző hűtési hőmérsékletek miként befolyásolják a hús fiziko-kémiai tulajdonságait.

A vákuumcsomagolás elsődleges szerepe a csirkemellfilé közvetlen védelme és minőségmegőrzése, azonban a teljes ellátási lánc során a másodlagos csomagolás nélkülözhetetlen kiegészítő funkciót tölt be. A másodlagos csomagolás több elsődleges csomagolási egységet egyesít, védve azokat a mechanikai sérülésektől, külső szennyeződésektől és a szállítás során fellépő környezeti hatásoktól. A baromfihús esetében a külső csomagolás kritikus szerepet játszik a hűtláncban, mivel biztosítja a hőmérséklet-stabilitást a raktározás és a szállítás teljes időtartama alatt. A korábbi kutatások már kimutatták, hogy a másodlagos csomagolás anyagának és kialakításának jelentős hatása van a hűtési és fagyasztási folyamatok hatékonyságára.

A dolgozatom ezért nem csupán a vákuumcsomagolt csirkemellfilé belső minőségi változásait dokumentálja különböző hűtési hőmérsékleteken, hanem közvetve hozzájárul a teljes csomagolási rendszer optimalizálásához is. Az eredmények segítségével meghatározható, hogy mely hőmérsékleti tartományok a legkritikusabbak a minőségmegőrzés szempontjából, ami alapján a gyűjtőcsomagolás hőszigetelő tulajdonságai és a hűtőberendezések paraméterei finomhangolhatók. Továbbá, a tíznapos megfigyelési periódus lehetővé teszi a gyakorlati forgalmazási feltételek szimulálását, beleértve a raktárból a kiskereskedelmi egységekbe történő szállítás időtartamát is, amelynek során a csomagolás integritása és védelmi funkciója meghatározó jelentőségű.

A szakdolgozatom vizsgálati eredményei közvetlenül alkalmazhatók a csirkemellfilé logisztikai láncának több pontján is. A különböző hűtési hőmérsékleteken mért fiziko-kémiai változások ismerete lehetővé teszi a logisztikai szakemberek számára, hogy pontosan meghatározzák az optimális szállítási és tárolási hőmérsékleteket, amelyek minimalizálják a minőségromlást anélkül, hogy indokolatlanul magas energiaköltségeket generálnának. A friss csirkehús esetében a szakirodalom 0–4°C közötti hűtési hőmérsékletet javasol, azonban a

pontos hőmérsékleti küszöbértékek és azok hatása az eltarthatóságra továbbra is kutatási területet képvisel, amelyhez ez a vizsgálat konkrét adatokat szolgáltathat.

A logisztikai rendszerekben a csomagolt termékek számos kihívással szembesülnek: hőmérséklet-ingadozások a be- és kirakodás során, szállítási késések, raktárkapacitás-korlátok és a különböző szállítási módok közötti mozgások. A tíznapos vizsgálati periódus lefedi ezeket a gyakorlati forgatókönyveket, beleértve a várható szállítási időt a feldolgozóüzemtől a nagykereskedelmi központokig, majd onnan a kiskereskedelmi egységekig. A hidegláncú logisztika hatékonysága nem csupán a hűtőberendezéseken múlik, hanem a teljes rendszer összehangolásán is, beleértve a csomagolást, a rakományrögzítést, a hőmérséklet-monitorozást és a dokumentációt. A fókusz elsődlegesen a 'last-mile' szakaszon van, ahol a házhoz szállított élelmiszer a kiszállítás utolsó szakaszába érkezik, ugyanis ez a legkritikusabb hideglánc szakasz.

A vizsgálatok sorrendjét úgy állítottam fel, hogy először a szélső értékek és a nagyobb ingadozások (1, 12, 4–12 és 7–12 °C) hatását értékeltük, mivel ezek várhatóan markáns minőségváltozásokat okoznak, és ezért a szín- és állományparaméterek meghatározását tartottuk célszerűnek. Ezek jól mutatják a hús vizuális és texturális tulajdonságainak alakulását a drasztikusabb tárolási körülmények között. Ezt követően a mérsékelt hőmérsékleti viszonyok (4, 7 és 4–7 °C) vizsgálata következett, amelyek a valós hűtőlánc körülményeit reprezentálják. Itt a hangsúlyt a vízvesztéssel és alapvető fizikai-kémiai változásokkal összefüggő mutatókra (csepegési veszteség, főzési veszteség, pH, szárazanyag-tartalom) helyeztük, mivel ezek a mérsékelt körülmények között finomabban érzékeltek a minőségváltozásokat. Így a két vizsgálati blokk eltérő szempontból nyújt információt a húsminőség alakulásáról, és együttesen átfogóbb képet adnak a különböző hőmérsékleti feltételek hatásáról.

A következő hipotéziseket szeretném vizsgálni a dolgozatomban: 4°C felett a minőségromlás üteme szignifikánsan nő; a nagyobb hőmérséklet-ingadozás súlyosabb károsodást okoz, mint az állandó magas hőmérséklet; és hogy a vizsgált másodlagos csomagolások mérsékelni képesek a hőmérséklet kilengéseket.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. A hús összetétele, jellemzői

A hús alapvető élelmiszerünk volt már a kezdetektől kezdve. Definíciója, hogy az emlősállatok és madárfajok emberi fogyasztásra alkalmasnak minősített, természetes alkotórészüket képező, vagy hozzájuk kötődő vázizomzata (Zsom, 2024). Az egyik legfontosabb fehérje és esszenciális aminosav-forrásunk. Ezeknél a hústermékeknél nagyon fontos a hűtőkezelés, ugyanis élelmiszerbiztonsági előírás, hogy a feldolgozás során alapfeltétel legyen a folyamatos hűtve tárolás. A hűtlánc alapfeltétele a különböző húsok forgalmazásának. A fő célunk a hűtés során, hogy a romlási folyamatokat gátoljuk, többek között a mikrobiológiai és az enzimes lebontási folyamatoknak a lelassítása és gátlása; a különböző íz, állomány és aromajellemzők megőrzésének érdekében. A gyors és intenzív minőségváltozás csökkentése is fontos szempontja a hűtőkezelésnek, ugyanis az oxidációs folyamatokat és a fizikai változásokat is szeretnénk elkerülni a tárolás és szállítás során; ilyen például a tömegveszteség vagy a mioglobins és a zsírok oxidációja. A hússzint befolyásolja a mioglobins koncentrációja, oxidációs állapota; a fényintenzitás; tárolási hőmérséklet és a pH (Zsom, 2024).

A húsnak vágást követően a magas redoxipotenciál nyújt védelmet a romlás ellen, ami 1,5; maximum 2 óráig tart, majd a testmeleg húsban elkezdődik az érési folyamat és a mikrobiológiai romlás, amit úgy tudunk elkerülni, hogy 3 órán belül 10°C alá hűtjük, majd 24 órán belül 4°C alá, hogy megelőzzük a patogének elszaporodását. A testmeleg húsnál fennáll a rothadást kiváltó *Clostridium sporogenes* megjelenése és a *Clostridium botulinum* veszély (Zsom, 2024). Amint lecsökkentjük a 20°C alá, akkor számolnunk kell a fakultatív anaerobok túlsúlyával és az a veszély is eltörbe kerül, hogy a toxintermelő mikróbák szaporodni kezdenek. 4°C alatt a toxintermelők szaporodása lassul, viszont a felületen megjelenhetnek az aerob, felület alatt pedig az anaerob mikróbák (M.W. Peck, K.E. Goodburn, R.P. Betts, S.C. Stringer, 2006).

3.1.1. A baromfi hús

A baromfi hús, különösen a csirkehús, az élelmiszerbiztonsági szempontból fokozott figyelmet igénylő húsfajták közé tartozik. A nyers baromfi húson gyakran találhatóak baktériumok, melyek között megbetegedést okozó kórokozók, például *Salmonella* is előfordulhat. A nyershúson és a kicsurgó húslében is lehetnek baktériumok, amelyek az előkészítés és tárolás során átkerülhetnek más élelmiszerekbe. A baromfi hús megfelelő tárolása kritikus fontosságú az élelmiszerbiztonság szempontjából. A friss baromfi húst 0°C-tól +4°C hőmérsékleten kell tárolni úgy, hogy a relatív páratartalom ne emelkedjen 90% fölé (Boros, Cs., 2010). A jogszabályi előírások szerint a vágás utáni hűtést követően a friss baromfihúst olyan hőmérsékleten kell tartani, amely nem haladja meg a +4°C-ot. A csirkehús eltarthatósága függ a feldolgozás, a tárolás módjától, illetve a hűtőn beállított hőmérséklettől. A feldarabolt nyers csirke körülbelül 1-2 napig tárolható hűtőben, míg a főtt csirke eltarthatósági ideje nagyjából 3-4 napot jelent. A baktériumok 4°C alatti hőmérsékleten lassabban szaporodnak, így ez az érték a legideálisabb nyers húsok hűtéséhez.

A vágott baromfihúst az egész baromfi vagy a darabolt részek megjelenése alapján „A” és „B” osztályba kell sorolni. Az „A” osztály az izmok fejlettsége, a zsír mennyisége és a sérülések alapján „A1” és „A2” osztályra különíthető el. A termékek frissen, fagyasztva vagy gyorsfagyasztva kerülnek forgalomba (Dr. Varga, Cs., 2008).

3.1.2. Friss csirkemellfilé jellemzése, minőségellenőrzése

A hús az emberi táplálkozás egyik legértékesebb fehérjeforrása, amely gazdag esszenciális aminosavakban, vitaminokban és ásványi anyagokban (Barbut, S., 2015). A friss hús olyan hús a 853/2004/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet I. mellékletének 1.10. pontja szerint, amelyen nem végeztek más tartósítási folyamatot, mint hűtés, fagyasztás vagy gyorsfagyasztás, beleértve a vákuumsomagolt vagy a szabályozott nyomás alatt csomagolt húst.

A különböző húsfajták közül a baromfihús, különösen a csirkehús fogyasztása világszerte növekvő tendenciát mutat, köszönhetően a kedvező beltartalmi értékeinek és relatív gazdaságosságának (Kovács, L., 2020). A csirkemellfilé a csirke egyik legértékesebb része, amely kiemelkedően magas fehérjetartalommal (20-23%) és alacsony zsírtartalommal (1-5%)

rendelkezik (Petracci, M., Cavani, C., 2012). Ez a termék az ultra friss kategóriába sorolható, ami azt jelenti, hogy a vágástól számított rendkívül rövid időn belül (általában 24-48 órán belül) kerül értékesítésre, és jellemzően további 2-3 napon belül javasolt a fogyasztása (Jayasena, D.D., et al., 2013). Az ultra friss csirkemellfilé különleges kezelést igényel az ellátási lánc során: a vágást követően gyors hűtésen esik át, melynek során a hőmérsékletét 0-4°C közé csökkentik, megakadályozva ezzel a baktériumok gyors szaporodását (Gill, C.O., 2006). A csomagolás során védőgázos vagy vákuumcsomagolást alkalmaznak, amely tovább növeli az eltarthatóságot és védi a terméket a külső szennyeződésektől (Jayasena, D.D., et al., 2013). Az ultra friss csirkemellfilé nem csak a fogyasztók számára jelent előnyt a kiváló minőség miatt, hanem az élelmiszeripar számára is, mivel magasabb árfekvésű termékként pozícionálható a piacon (Kovács, L., 2020).

A csirkemellfilé minőségének meghatározása komplex folyamat, amely számos fizikai, kémiai, mikrobiológiai és érzékszervi paraméter együttes vizsgálatát igényli (Barbut, S., 2015). A minőség elsődleges mutatói közé tartozik a szín, amely ideális esetben halványrózsaszín, egyenletes tónusú, fehéres foltok vagy elszíneződések nélkül (Qiao, M., et al., 2001). A pH-érték szintén kulcsfontosságú paraméter, mivel befolyásolja a hús víztartó képességét, mikrobiológiai stabilitását és érzékszervi tulajdonságait (Magyarné, 2009). A friss csirkemellfilé optimális pH-értéke 5,8-6,2 között mozog; az ettől való eltérések minőségromlásra utalhatnak (Mancini, R.A., Hunt, M.C., 2005). A víztartó képesség különösen fontos tulajdonság, mivel befolyásolja a hús lédúságát, puhaságát és a feldolgozás során bekövetkező súlyvesztést (Faustman, C., Cassens, R.G., 1990). A csirkemellfilé esetében a magas fehérjetartalom (21-23%) és az alacsony intramuszkuláris zsírtartalom (1-2,5%) is minőségi indikátor (Petracci, M., Cavani, C., 2012). A mikrobiológiai minőség szempontjából a teljes aerob mezofil csíraszám, a patogén mikroorganizmusok (különösen a *Salmonella* és *Campylobacter*) jelenléte vagy hiánya, valamint a specifikus romlást okozó baktériumok koncentrációja meghatározó (EFSA, 2020). A minőségvizsgálat korszerű módszerei közé tartoznak a műszeres színmérés (L^* , a^* , b^* értékek meghatározása), a textura vizsgálat (TPA - Texture Profile Analysis), valamint a kémiai összetételt vizsgáló technológiák (NIR - közeli infravörös spektroszkópia) (Barbut, S., 2015). Az érzékszervi tulajdonságok értékelése képzett bírálói panel segítségével történik, akik a megjelenést, illatot, ízt, textúrát és az általános elfogadhatóságot pontozzák (Fletcher, D.L., 2002).

3.2. Az élelmiszeripari logisztikai rendszerek hőmérsékletváltozásai

Az élelmiszer-kereskedelem globalizációja miatt megnöttek a távolságok, amit a különböző élelmiszerek megtesznek a termelőtől a fogyasztóig. A friss mezőgazdasági termékek minőségi és mennyiségi vesztesége általában a termelési helyszíntől a felhasználóig vagy a logisztikai központokig történő szállítás során következik be. Köztudott, hogy a hideglánc alkalmazása mérsékeli ezeket a veszteségeket (Cai, X., et al., 2010). Ha a hideglánc hiányzik a szállítás során, akkor jelentős veszteségekkel kell számolni. A logisztika fejlődésével manapság rengeteg cég nem saját maga végzi a szállítását, hanem megbíz egy külső céget, aki rendelkezik különféle hűtőautókkal vagy külső raktárrésszel, ahol a cég termékeit tárolja az átfutási idő alatt. A hideglánc nemcsak a veszteségek megelőzése érdekében fontos szempont, hanem élelmiszerbiztonsági szempontból is kiemelkedő kihívást jelent.

3.2.1. A logisztikai rendszer meghatározása és felépítése

A mai felgyorsult világban elengedhetetlen elem a logisztika. A logisztika az a folyamat, amely során különböző termékek vagy szolgáltatások, valamint az ezekhez kötődő információk származási és rendeltetési hely közötti áramlásának, illetve készletezésének megalkotásának, megvalósítását és ellenőrzését foglalja magába, a vevői követelmények teljesítése érdekében (Christopher, M., 2011). Ilyen például az élelmiszerrel foglalkozó logisztika, hisz hozzánk vevőkhöz is a logisztika révén jut el az étel. Az élelmiszeripari logisztikai rendszer egy komplex, többlépcsős folyamat, amely magában foglalja az alapanyagok beszerzését, a termelést, a tárolást, az elosztást és végül a fogyasztóhoz történő eljuttatást. A logisztikai rendszer fő elemei közé tartoznak a logisztikai eszközök (gépek, berendezések), a logisztikai létesítmények (épületek, raktárak, szállítópályák), valamint az anyag- és információáramlás megszervezése és irányítása (Novák, N., 2010). Az élelmiszer-ellátási láncban különösen fontos az ellátási logisztika (alapanyagok beszerzése, szállítása), a termelési logisztika (alapanyagok feldolgozása, tárolása), az elosztási logisztika (késztermékek eljuttatása a fogyasztókhoz) és a hulladékkezelési logisztika (keletkező hulladék kezelése) (Csonka, A., Pintér, Zs., 2022). A logisztikai rendszer hatékonysága alapvető az élelmiszerbiztonság, a minőségmegőrzés és a gazdasági eredményesség szempontjából (Hajnal, É., 2007)

3.2.2. Hőmérsékletingadozások okai és hatása az élelmiszer ellátási láncban

A hőmérsékletingadozás az élelmiszer ellátási és logisztikai lánc minden szakaszában – feldolgozás, tárolás, szállítás, értékesítés vagy átrakódás során – különböző tényezőkre vezethető vissza, amelyek jelentős mértékben befolyásolják az élelmiszerek minőségét és biztonságát (Nychas, G.J.E., et al., 2008). Leggyakoribb okai közé tartozik a nem megfelelő hűtőberendezések használata, a hűtőlánc megszakadása szállítás közben, technikai hibák, rossz szigetelés, külső környezeti hatások, valamint az emberi mulasztás a hőmérséklet folyamatos ellenőrzésében (Farkas, J., 2022). A modern élelmiszerellátási rendszerek komplexitása tovább növeli a kockázatokat, mivel a termékek gyakran jelentős távolságokat tesznek meg, és több kezelési ponton haladnak át, mielőtt a fogyasztókhoz jutnának (James, S.J., James, C., 2010).

A hőmérsékletváltozások hatására felgyorsulnak a mikrobiológiai folyamatok, ami előidézheti a termékek idő előtti romlását (Nychas, G.J.E., et al., 2008). Hirtelen felmelegedés esetén exponenciálisan nő a baktériumok szaporodása, míg a túlhűtés fagyási károkat okozhat a sejtszerkezetben, ezáltal minőségromlást eredményez (Leygonie, C., Britz, T.J., Hoffman, L.C., 2012). Különösen hőmérséklet-érzékeny termékeknél, mint a friss hús, hal, tejtermékek, gyümölcsök és zöldségek, már néhány fok eltérés is gyors romláshoz, mikrobiológiai szennyeződéshez, textúra- és ízvesztéshez vezethet (Ercolini, D., et al., 2009). Ennek következtében nő a selejtek aránya, csökken az eltarthatósági idő, és jelentősen emelkedik az élelmiszerhulladék mennyisége, ami gazdasági veszteségeket is okoz. Az élelmiszeriparban kiemelten ügyelnek a hőmérséklet-szabályozás kritikus ellenőrzési pontjára (Szigeti, J., 2021). A megfelelő hőmérsékleti paraméterek betartása nem csupán minőségbiztosítási, hanem élelmiszerbiztonsági kérdés is, hiszen egyes kórokozók – mint a *Salmonella* vagy a *Campylobacter* –, amelyek gyakran előfordulnak a nyers baromfihúsban, megfelelő hőmérsékleten gyorsan elszaporodhatnak, egészségügyi kockázatot jelentve (EFSA, 2020).

A házhozszállítási szolgáltatások esetében a csirkehús minőségének biztosítása kritikus fontosságú, mivel a fogyasztók nem tudják előzetesen fizikailag megvizsgálni a terméket. A frissesség értékelésének alapját az érzékszervi tulajdonságok alkotják: a szín, illat, tapintás és általános megjelenés, amelyek együttesen határozzák meg a fogyasztói elégedettséget. A hatékony hidegláncmenedzsment és a folyamatos 0 - 4°C hőmérséklet fenntartása elengedhetetlen a hús minőségének megőrzéséhez a szállítás során (Augustyńska-Prejsnar A., et al., 2024). Az intelligens csomagolási technológiák, mint a pH-érzékeny indikátorok, valós

időben jelzik a hús frissességi állapotát, ami különösen fontos a házhoz szállított termékek esetében. A fogyasztók számára a legfontosabb minőségi kritériumok közé tartozik a tisztaság, frissesség és a megbízható szállítási szolgáltatás, amely garantálja, hogy a legkedvezőbb érzékszervi tulajdonságokkal rendelkező csirkehúst kapják meg (Rahmayanti, A., et al., 2024).

3.2.3. A hőmérséklet nyomon követés jelentősége, eszközei és alkalmazása

A hőmérséklet nyomon követés az élelmiszerlogisztikában kulcsfontosságú a termékek minőségének és biztonságának megőrzése érdekében. A folyamatos hőmérséklet-monitoring lehetővé teszi a kritikus pontok (CCP) ellenőrzését, a szabványoknak való megfelelést (pl. HACCP), valamint az esetleges eltérések gyors felismerését és beavatkozást (Südi, G., 2014). A modern rendszerek már online, valós idejű adatgyűjtést, riasztást és dokumentációt biztosítanak, így az eltérések azonnal detektálhatók és visszakereshetők. Az alkalmazott eszközök közé tartoznak a kalibrált hőmérséklet-adatrögzítők (pl. Ebro EBI 300), szondák (pl. Ebro TLC 730), valamint szoftveres megoldások, amelyek automatikusan rögzítik és elemzik az adatokat (Südi, G., 2014). A valós idejű hőmérsékletkövetés lehetővé teszi, hogy a logisztikai lánc minden szereplője (szállító, raktározó, vevő) pontos információval rendelkezzen a termékek hőmérsékleti viszonyairól, így megelőzhető a minőségromlás és az élelmiszerbiztonsági incidensek kialakulása.

3.2.4. A hőmérséklet változás következtében bekövetkező minőségváltozások, a hús (csirkemellfilé) romlása

A hőmérséklet ingadozása a csirkemellfilé esetében számos minőségváltozást indukál, amelyek meghatározzák a termék eltarthatóságát és fogyaszthatóságát (Nychas, G.J.E., et al., 2008). A legkritikusabb következmény a mikrobiológiai romlás felgyorsulása, amely során a hidegkedvelő (pszikrofil) és a hidegkedvelő hidegtűrő (pszikrotróf) baktériumok, mint a *Pseudomonas spp.*, *Acinetobacter spp.* és *Brochothrix thermosphacta* felszaporodnak a termék felületén (Ercolini, D., et al., 2009). Ezek a mikroorganizmusok proteolitikus és lipolitikus enzimeket termelnek, amelyek lebontják a fehérjéket és zsírokat, kellemetlen szagú és ízű vegyületeket (ammónia, hidrogén-szulfid, biogén aminok) eredményezve (Nychas, G.J.E., et

al., 2008). A hőmérséklet emelkedése 4°C fölé exponenciálisan növeli a baktériumok szaporodási sebességét; minden 5°C-os emelkedés megközelítőleg megduplázza a mikrobiális aktivitást (Leygonie, C., Britz, T.J., Hoffman, L.C., 2012). Biokémiai szinten a hőmérséklet emelkedése felgyorsítja az autolitikus folyamatokat, amelyek során a hús saját enzimeit (katepszinek, kalpainok) bontják a szöveti struktúrát, puha, laza állományt (Abril B., Bou R., García-Pérez JV., Benedito J., 2023). Az oxidációs folyamatok szintén fokozódnak magasabb hőmérsékleten, ami a miooglobin metmioglobinná alakulását okozza, barnás-szürkés elszíneződést eredményezve a hús felületén (Mancini, R.A., Hunt, M.C., 2005). A lipidek oxidációja során keletkező aldehidek és ketonok avasodást idéznek elő, ami szintén rontja az érzékszervi tulajdonságokat (Faustman, C., Cassens, R.G., 1990). 1 °C-on a csirkemellfilé színe világos rózsaszín marad, állománya feszes, csepegési vesztesége minimális (<1%), pH-ja pedig 6,0 körül stabilizálódik mikrobás növekedés nélkül (Riahi, M.; et al., 2019). 4 °C-on enyhe színelmélyülés figyelhető meg világos szürkés-rózsaszín árnyalattal, az állomány kissé lágyul, csepegési vesztesége megközelíti a 3%-ot, pH-ja 6,2-re emelkedik, miközben a pszichotróf baktériumok 4–5 log CFU/g-ig szaporodnak 5 nap alatt (Augustyńska-Prejsnar A., et al., 2024). A barnás-szürkés elszíneződés 10°C-on válik drámaivá, a textúra puha, laza, a csepegési veszteség meghaladja az 5%-ot, pH-ja 6,4 fölé kúszik, és a mikrobiális terhelés gyorsan 7 log CFU/g fölé növekszik (Grzybowska-Brzezińska, Mariola et al., 2023).

A nem megfelelő hőmérséklet-szabályozás közegészségügyi kockázatot is jelent, mivel a patogén baktériumok, mint a *Salmonella enteritidis* és a *Campylobacter jejuni*, a hőmérséklet emelkedésével gyorsan szaporodnak, míg a *Listeria monocytogenes* akár hűtött körülmények között is képes lassú növekedésre (EFSA, 2020). Az emelkedő hőmérséklet nemcsak a mikrobiológiai romlást, hanem a katepszinek és kalpainok által okozott szövetbontást és a miooglobin metmioglobinná alakulását is felgyorsítja, ami további barna elszíneződést és avas ízjegyeket eredményez. A hőmérséklet-szabályozás ezért a csirkemellfilé biztonságossága és minőségmegőrzése szempontjából alapvető fontosságú az élelmiszer ellátási lánc minden pontján, a feldolgozástól a fogyasztóig. (Baranyi et al., 2023).

3.3. Elsődleges és másodlagos csomagolások szerepe az élelmiszerben logisztikai rendszerben

3.3.1. Elsődleges csomagolás funkciói a hús forgalmazása során

Az elsődleges csomagolás közvetlenül érintkezik a csirkehússal, és alapvető feladata a mikrobiológiai szennyeződések gátlása és a fizikai védelem biztosítása. A vákuumfólia vagy módosított atmoszférás csomagolás (MAP) meghosszabbítja a hús eltarthatóságát azáltal, hogy csökkenti az oxigénszintet és gátolja a pszikrotróf baktériumok növekedését. Emellett a pH-érzékeny indikátorcsíkok színváltozással jelzik a termék frissességét a fogyasztó számára (Khodaei, S. M., et al., 2023). Az elsődleges csomagolásnak biztosítania kell a nedvességtartalom megtartását, minimalizálva a csepegési veszteséget és a tápanyagok oxidációját. A légzáró csomagolási technológiák hozzájárulnak a mechanikai sérülések elkerüléséhez szállítás és tárolás közben.

3.3.2. Másodlagos csomagolás szerepe a házhozszállítás során

A másodlagos csomagolás feladata a termékek tömegének és egységeknek összefogása, valamint a hideglánc stabilitásának támogatása a szállítás teljes során. Szigetelődobozokban, hűtőakkumulátorokkal ellátott csomagolásokban biztosítható a 0 – 4 °C közötti hőmérséklet fenntartása, ezzel csökkentve a mikrobiális aktivitás felgyorsulását (Arriaga-Lorenzo P.; et al., 2023). A külső rétegnek ütésállónak kell lennie a fizikai behatások elleni védelem érdekében, miközben biztosítja a termék könnyű kezelhetőségét és azonosíthatóságát. Többrétegű karton és habszivacs kombinációja megakadályozza a hőmérséklet-ingadozást és minimalizálja a kondenzvíz képződést, amely kedvezőtlenül befolyásolná a hús színét és állományát. A másodlagos csomagolásnak elősegítenie kell a környezetbarát újrahasznosítást és a logisztikai folyamatok hatékonyságát is.

4. Anyagok és módszertan

4.1. Felhasznált anyagok

4.1.1. Friss csirkemellfilé

A vizsgálathoz szükséges friss, vákuumsomagolt csirkemellfilét magyarországi e-kereskedelmi forgalomból szereztem be. A minták a vágást és feldolgozást követő egy napon belül érkeztek be a laboratóriumba, kiszerelésük jellemzően körülbelül 1 kg volt, amely felezett csirkemellfilét tartalmazott. A mintasorok előkészítése során a vákuumsomagolt csirkehúsokból véletlenszerűen választottam ki és vágtam ki vágódeszkán 0,5 kg tömegű részmintákat, amiket hegesztőgép segítségével vákuumsomagoltam PA/PE 80 mikron vastagságú, 150x250 mm méretű Sous-Vide tasakokba; és vákuumsomagolt formában tároltunk. Összesen $36+120 = 156$ darab mintát készítettem elő a két kísérletsorozatra. Az első sorozatban 36 darab mintát használtam 3 különböző hőmérsékleten 9 napon keresztül; a második körben 120 darab mintát 4 hőmérsékleten 10 napon keresztül. A módszertan résznél részletezem a továbbiakat.



1. ábra: A 0. napon vizsgált minták feliratozva (Forrás: saját kép)

4.1.2. Másodlagos csomagolások

A másik párhuzamosan futó vizsgálatához 3 különböző másodlagos csomagolást teszteltem, hogy a házhoz szállítást modellezve ezek a csomagolások hogyan befolyásolják a csirkemellfilék állapotát, leginkább a hőmérséklet stabilitás szempontjából. Ez a méréssorozat 8 napos folyamatos monitoringot jelentett, ahol a 3 különböző csomagolóanyagot vizsgáltam: a nejlon, a papírt (35x31cm) és az újrahasznosított műanyagot (35x29cm). Ez a vizsgálat ideálisan támasztja alá a logisztikai rendszer hatásainak vizsgálatát, hiszen konkrét és mérhető eredményeket biztosít a házhoz szállítási folyamatok optimalizálásához.



2. ábra: A papírzacskó, amit használtunk a kísérlet során (Forrás: saját kép)



3. ábra: Az újrahasznosított PET palackokból készült öko-táska (Forrás: saját kép)

4.2. Módszerek

4.2.1. Tárolási próba

A mintaelőkészítést követően a vizsgálati mintákat egy előre meghatározott tárolási terv szerint helyeztem el. A tárolás 1, 4, 7 és 12 °C hőmérsékleten történt. Két tárolási módot különböztettem meg: állandó hőmérsékleten történő tárolást, valamint váltakozó (fluktuáló) hőmérsékletű tárolást. A fluktuáló kezelés esetében három hőmérséklet-kombinációt alkalmaztam: 4–7, 4–12 és 7–12 °C. A minták áthelyezése a 0. napi mérést követően történt, minden esetben az alacsonyabb hőmérsékleten indítva a tárolást. A kísérletsorozatban két állandó hőmérsékleten (4°C; 7°C), valamint egy dinamikus tárolási környezetben kerültek

vizsgálatra, ahol a hőmérsékletet 72 óránként váltakoztattam (4-7°C). Az értékek mindig az alacsonyabb hőmérsékletről indultak. A kiválasztott hőmérsékletértékeket a következők indokolták: a 4°C érték a friss baromfihústra vonatkozó maximális tárolási határértéknek felel meg, míg a 7°C a háztartási hűtők tipikus felső korlátját képviselte. A vizsgálatok sorrendjét úgy alakítottam ki, hogy elsőként a szélsőségesebb hőmérsékleti viszonyokat és a nagyobb ingadozásokat (1, 12, 4–12 és 7–12 °C) elemeztem. Ezek esetében ugyanis számottevőbb minőségváltozásokra lehet számítani, ezért ebben a szakaszban elsősorban a szín- és állományparaméterek vizsgálatára helyeztem a hangsúlyt. Ezek a tényezők jól jelzik a hús vizuális megjelenésének és textúrájának alakulását a drasztikusabb tárolási körülmények hatására. Itt a minták átmozgatására 48 óránként került sor. Ezt követően a mérsékelt hőmérsékletek (4, 7 és 4–7 °C) hatását értékelem, amelyek a valós hűtőlánc körülményeit tükrözik. Itt a vizsgálat középpontjába a vízvesztéssel és az alapvető fizikai-kémiai változásokkal kapcsolatos jellemzők (csepegési veszteség, főzési veszteség, pH, szárazanyag-tartalom) kerültek. Ezek a paraméterek érzékenyebben mutatják meg a minőség alakulását a kevésbé szélsőséges környezetben. A két vizsgálati blokk tehát eltérő nézőpontból közelíti meg a húsminőség változásait, így összességében átfogóbb képet ad a különböző hőmérsékleti feltételek hatásmechanizmusáról. Összesen 156 vákuumcsomagolt csirkemell-minta került vizsgálatra, hét különböző tárolási hőmérsékleten, tíz napon keresztül. Hat mérési paramétert vizsgáltam, köztük a csepegési veszteséget, a pH-t, a szárazanyag tartalmat; a főzési veszteséget; az állományt és a színadatokat. A vizsgálatok minden esetben szobahőmérsékleten, a környezethez kiegyenlített mintákon történtek.

hőmérséklet	mennyiség	vizsgálati napok	vizsgált paraméterek
4°C	3x0,5kg	0,3,6,9	csepegési veszteség; pH; szárazanyag; főzési veszteség
7°C	3x0,5kg	0,3,6,9	csepegési veszteség; pH; szárazanyag; főzési veszteség
4-7°C	3x0,5kg	0,3,6,9	csepegési veszteség; pH; szárazanyag; főzési veszteség
1°C	3x0,5kg	0,1,2,3,5,6,7,8,9,10,12	Szín; TPA állomány (a vastagított napokon)
4-12°C	3x0,5kg	0,1,2,3,5,6,7,8,9,10,12	Szín; TPA állomány (a vastagított napokon)
7-12°C	3x0,5kg	0,1,2,3,5,6,7,8,9,10,12	Szín; TPA állomány (a vastagított napokon)
12°C	3x0,5kg	0,1,2,3,5,6,7,8,9,10,12	Szín; TPA állomány (a vastagított napokon)

1. Táblázat: A tárolási próbának a terve a mérési napokkal jelölve (Forrás: saját szerkesztés)

4.2.2. Hőmérsékletmérő eszközök

A hűtők hőmérsékletének ellenőrzése

A zacskóban lévő hőmérsékletet egy Lascar EL-USB-2 USB Temperature & Humidity Data Logger segítségével mértem, ami egy önálló adatgyűjtő, amely relatív páratartalmat és hőmérséklet mérésre szolgál $-35 - +80^{\circ}\text{C}$ tartományban. Erre azért volt szükség, hogy láthassam, hogy a hűtőkben valójában milyen hőmérséklet volt a kísérlet során.



*4. ábra: Lascar EL-USB-2 USB Temperature & Humidity Data Logger
(Forrás: saját kép)*

Felületi hőmérséklet mérése

A csomagolás felületén mért hőmérsékletet egy Efento Wireless Temperature Logger with External Probe (NB-IoT) volt szolgálatomra. Ez egy vezeték nélküli hőmérséklet adatgyűjtő, amely Narrowband IoT hálózaton keresztül továbbítja az adatokat. Külső, vízálló érzékelővel rendelkezik és mérési tartománya $-55 - +125^{\circ}\text{C}$ közötti.



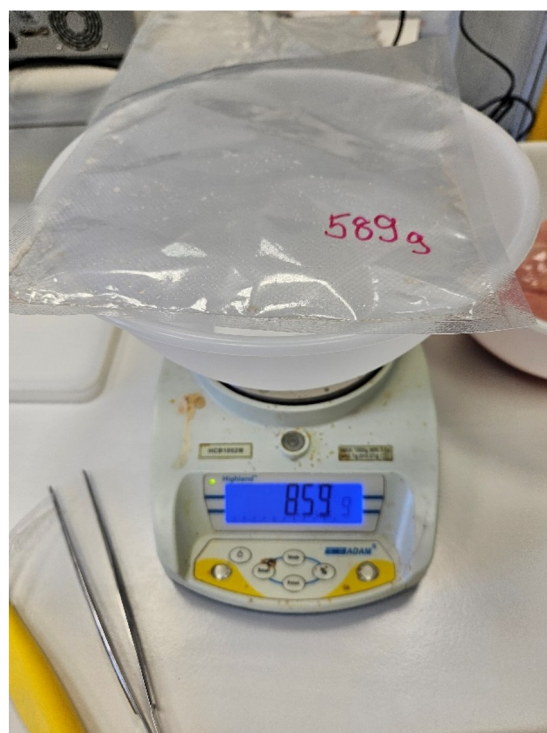
5. ábra: Efento Wireless Temperature Logger with External Probe (Forrás: saját kép)

2.3. Csepegési veszteség

A lévesztés meghatározását az MSZ EN ISO 4833:2002 szabvány 2. fejezete alapján készítettem tömegméréssel. A tárolási próbaminták mérlegeléséhez Adam Equipment Highland HCB 1002M típusú precíziós digitális mérleget alkalmaztam, amely $\pm 0,03$ g pontossággal mér. Először a csomagolt minták tömegét rögzítettem, majd a csomagolást felbontottam. A csomagolóanyagban visszamaradt nedvességet TORK Premium Specialist Cloth Roll 9.04.94 típusú törölpapírral felitattam, ezt követően mértem a száraz csomagolóanyag súlyát. A csirkemellekről szintén ugyanilyen törölpapírral eltávolítottam a felületi nedvességet, majd a száraz minták tömegét is rögzítettem. 3 párhuzamos mérés készült a csepegési veszteség vizsgálatakor. A bruttó tömegből (csomagolással együtt) levontam a csomagolóanyag tömegét, így megkaptam az eredeti nettó mintatömeget. Ebből kivonva a méréskori, leszárított nettó értéket, megállapítottam a kivált folyadék mennyiségét. Végül a veszteség tömegét elosztottam a csomagoláskori nettó tömeggel, amely a lékiválás százalékos értékét adta meg.



6. ábra: Adam Equipment Highland HCB 1002M-el mérem a csirkemellek tömegét, a csepegtetést követően (Forrás: saját kép)



7. ábra: A megmért mintának a csomagolását is lemérem, így tudom majd kiszámolni a csepegési veszteség mértékét (Forrás: saját kép)

4.2.4. Színmérés

A színméréseket Minolta CR-400 Chroma Meter készülékkel (Konica Minolta Inc., Japán) végeztem, amely egy tristimulusos kézi műszer. A mérés elve azon alapul, hogy a berendezés mérőfejében található xenon ívlámpa biztosítja a megvilágítást, míg a vizsgált felületről visszaverődő fényt nagy érzékenységgű szilíciumcellák detektálják. A színt három jellemző paraméterrel írja le a CIELAB színrendszer (CIE, 1978) alapján: a világossági érték (L^*), a vörös–zöld tengely (a^*) és a sárga–kék tengely (b^*). E három koordináta kombinációja egyértelműen meghatározza a színt a színtérben. A készüléket minden mérési sorozat előtt kalibráltam a gyártó által mellékelte fehér kalibráló standard (CRA43) segítségével. A méréseket 8 mm átmérőjű apertúrával, „illuminant C” megvilágítási módban végeztem, amely 6774 K színhőmérsékletű, déli napfénynek megfelelő sugárzáseloszlást biztosít. A megfigyelési szög 2° volt. A vizsgálatokat minden esetben a minták frissen vágott belső felületén hajtottam végre; három párhuzamos méréssel.



8. ábra: A színmérés a Minolta CR-400 Chroma Meter készülékkel történt
(Forrás: saját kép)

A három alapszínparaméter meghatározása után kiszámítottam a színkülönbséget (ΔE^*) (CIE, 1976) is, az alábbi képlet alkalmazásával:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_a^* - L_b^*)^2 + (a_a^* - a_b^*)^2 + (b_a^* - b_b^*)^2}$$

ahol ΔE^* = a színkülönbség,

ΔL^* = a világossági értékek különbsége ($L^*_{\text{minta1}} - L^*_{\text{minta2}}$),

Δa^* = a vörös–zöld értékek különbsége ($a^*_{\text{minta1}} - a^*_{\text{minta2}}$),

Δb^* = a sárga–kék értékek különbsége ($b^*_{\text{minta1}} - b^*_{\text{minta2}}$).

Ezen számított távolság (ΔE^*) értékeket megfeleltettem az alábbi kategóriák szerint (Lukács, 1982), hogy az emberi szem mennyire képes érzékelni a műszerrel mért színeltéréseket:

$\Delta E^*_{ab} \leq 0,5$	Nem észrevehető
$0,5 < \Delta E^*_{ab} \leq 1,5$	Alig észrevehető
$1,5 < \Delta E^*_{ab} \leq 3,0$	Észrevehető
$3,0 < \Delta E^*_{ab} \leq 6,0$	Jól látható
$6,0 < \Delta E^*_{ab}$	Nagy

2. Táblázat: ΔE^* értékek besorolásához segítő táblázat (Forrás: Lukács; 1982)

4.2.5. pH

A pH-érték meghatározását Testo 206 típusú kézi pH-mérővel (Testo AG, Németország) végeztem. Mintánként három párhuzamos mérésre került sor. A készülék hőmérsékletmérésre is alkalmas, ami különösen fontos szempont, mivel a pH-érték nagymértékben függ a vizsgálati hőmérséklettől.



9. ábra: Testo 206 típusú kézi pH-mérő, ami hőmérsékletet is mér (Forrás: saját kép)

4.2.6. Szárazanyagtartalom

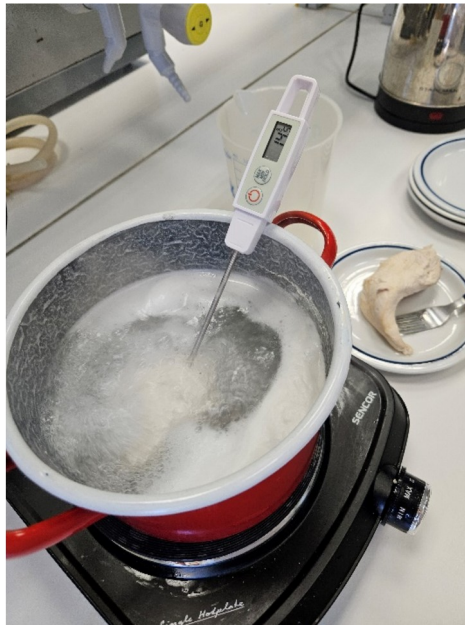
A szárazanyagtartalom megméréséhez a mintákat szárítószekrényben készítettem elő. A bemért mintamennyiség 1-2 g volt. Az MSZ ISO 1442:2000 szabványnak megfelelően 105°C-on tömegállandóságig szárítottam a mintákat. A mérések három ismétléssel történtek. A tömegállandóságig való szárítást követően visszamértem a tömegüket. Végül a visszamért tömeg értékét elosztottam az eredeti tömeg értékével és szoroztam százszal; így megkaptam a szárazanyagtartalmat százalékos értékben.



10. ábra: KERN PLJ 3500-2NM mérleg, amin a szárazanyagtartalmat mértem vissza (Forrás: saját kép)

4.2.7. Főzési veszteség

Az főzési veszteséget Ali és munkatársai (2007) által leírt módszer szerint határoztam meg. Ebben a módszerben 1 liter vizet forraltak egy 1,5 literes edényben, majd a kb. 200 grammos csirkemell filé mintákat forró vízbe helyezték nagyjából 15 perc alatt 90°C-os maghőmérséklet eléréséig főzték. A forralás és a főzés egy Sencor SCP 1504BK-EUE4 típusú elektromos főzőlap MAX fokozatán történt. A minták tömegét egy Adam Equipment Highland HCB 1002M típusú precíziós digitális mérlegen mértem, és a veszteséget az eredeti minta tömegének százalékában fejeztem ki. Egyszerre egy hőmérsékletet vizsgáltam; a 3 párhuzamos mérésből mindig egy csirkemellet; amik nagyjából egyforma tömegűek voltak.



11. ábra: Maghőmérővel mértem a maghőmérsékletét a húsnak (Forrás: saját kép)

4.2.8. Állományváltozás mérése TPA módszerrel

Az állománymérést egy TA.XT Plus Texture Analyser (Stable Micro Systems, Godalming, UK) típusú készülékkel végeztem, mely számítógép-vezérlésű szondamozgást biztosít. A vizsgálatokhoz 35 mm átmérőjű hengeres mérőfejet alkalmaztam, amely képes nyíró-, nyomó- és csavaróerőt kifejezni különböző szögekből és időtartamokban, így átfogó értékelést tesz lehetővé a hús mechanikai tulajdonságairól. Az állományprofil-analízis (Texture Profile Analysis, TPA) módszert használtam, amely során a mintákat kétszer összenyomja a

berendezés – ez az eljárás az emberi harapást modellezi. A keménységet az első összenyomási ciklus során elért csúcserő (N) alapján határoztam meg, amely a minta deformációval szembeni ellenállását, tehát az “első harapás” fizikai jellemzőjét közvetlenül mutatja. A kohezivitás egy dimenzió nélküli arány, amit a második és az első nyomási görbe alatti területek hányadosaként számítunk, ezzel a belső kötéseket, szerkezeti stabilitást jellemezzük. A rugalmasság azt mutatta, hogy a próbatest képes-e visszanyerni eredeti magasságát deformáció után, melyet a második nyomási ciklusban visszanyert magasság és az első összenyomás mértékének aránya alapján számítunk. Az állag jellemzéséhez a rághatóságot is meghatároztam, amely a keménység, kohezivitás és rugalmasság együtteséből származtatható, és a minták lenyelhető textúrává rágásához szükséges energiát reprezentálja.

A mérés során a próbatalp elővizsgálati fázisban 3,0 mm/s sebességgel süllyedt, a teszt fázisban 1,0 mm/s sebességgel haladt, majd a mérés utáni fázisban visszatért az eredeti 3,0 mm/s-ra. A mintákat 70%-ban összenyomtam, majd a kezdőpozícióba visszatérve, 2 másodperc szünet után újra összenyomtam őket, ezzel modellezve a harapást és utórágást. Az erő (N) értékek rögzítése 0,01 másodperc időközönként történt, s az adatokat erő–idő görbeként ábrázoltam. (de Huidobro et al., 2005; Enkhbold et al., 2024).



12. ábra: A pontos átmérő kiszúráshoz használt eszköz (Forrás: saját kép)



13. ábra: A 15mm átmérőjű kiszúrt darabok (Forrás: saját kép)



14. ábra: Az SMS készülék működés közben (Forrás: saját kép)

4.2.9. Másodlagos csomagolások szigetelő hatásának vizsgálata

Papírtáskába csomagolás

Az első, talán legalternatívabb másodlagos csomagolás amit használtam, az az újrahasznosított papírtáska volt. A mintákat úgy helyeztem el a zacskókban, hogy beletettem a vákuumzacskós

mintát és belehelyeztem a hőmérőket. Így kerültek be a hűtőkbe. Először 4°C-on tároltam, majd 7°C-ra tettem át, ezt 48 óránként váltakoztattam. 3 párhuzamos mérés készült.



*15. ábra: A papírtáskába helyezett minta
(Forrás: saját kép)*



*16. ábra: A 3 párhuzamos méréshez készült
zacskók (Forrás: saját kép)*

Újrahasznosított táskába csomagolás

Egy most egyre jobban feltörekvő csomagolási anyag az újrahasznosított PET palackokból készült öko-táska. Ez egy hosszabb életű csomagolóanyag, mint a papír. Itt is a minták vákuumozva kerültek bele a hőmérőkkel együtt.



17. ábra: Az rPET táskák a 3 párhuzamos mérésre várva (Forrás: saját kép)

Nejlon zacskóba csomagolás

A nejlon zacskók kiváló mechanikai és hőszigetelő tulajdonságokkal rendelkeznek. A nejlon képes megőrizni integritását extrém hőmérsékleti körülmények között is, ami kritikus az élelmiszeripari szállítás során. A nejlon alacsony gáz- és páraáteresztő képessége hozzájárul a

hűtött termékek frissességének megőrzéséhez. A minták –mint a korábbiak esetén is– vákuumzacskóban és hőmérőkkel ellátva kerültek a hűtőbe, 4-7°C között 48 óránként váltakoztatva.



*18. ábra: Simán nejlon zacskókba helyezett minták és hőmérők
(Forrás: saját kép)*

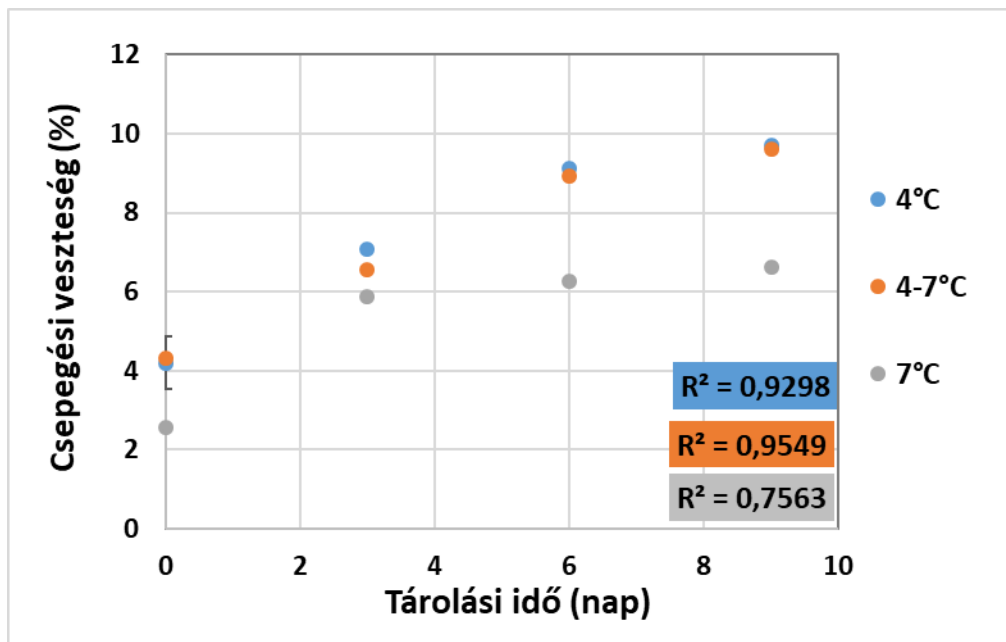
4.2.10. Fogyasztói felmérés (kvalitatív vizsgálat)

A szakdolgozatomhoz készítettem egy kérdőívet is, amiben a házhoz-szállítási szokásairól kérdeztem a kitöltőket; a friss élelmiszerekkel kapcsolatban. A logisztikai és tárolási körülmények fogyasztói megítélésének feltárása volt a célom vele. Szerettem volna a fogyasztói oldalról megközelíteni a témát, a csomagolást, a frissességet és a minőségérzetet feltérképezni a dolgozatomhoz.

5. Eredmények és kiértékelésük

A méréseim - bár nagy odafigyeléssel készültek- sajnos mérési hibákat tartalmazhatnak, aminek az okai lehetnek a mérés körülményei nem megfelelősége, a mérőeszközök bizonyos tulajdonságai; külső, zavaró tényezők vagy emberi tényezők is. A kísérletsort befolyásolhatta még a méréshez használt segédanyagok milyensége; a mérőeszközök állapota és pontossága; egyes komponensek hatása; vagy akár maga a mintavétel milyensége is. Az alkalmazott mérési módszer elfordulhat, hogy máshogyan valósul meg; vagy az alkalmazott matematikai modellek nem megfelelőek.

5.1. Csepegési veszteség



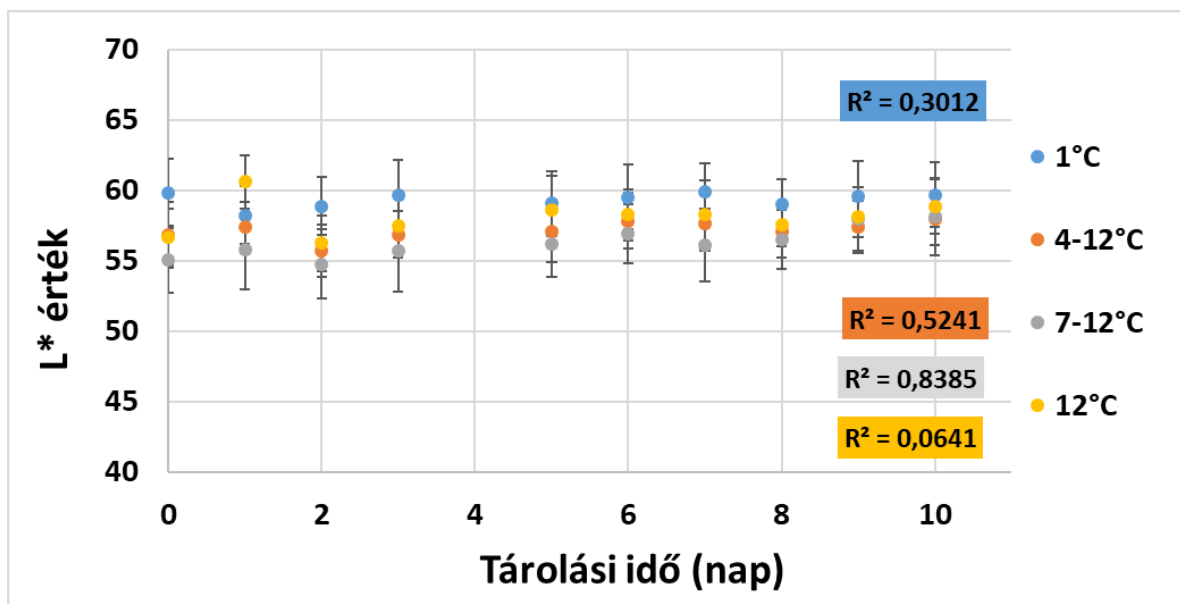
19. ábra: A vízeresztő képesség ábrázolása az idő függvényében (Forrás: saját szerkesztés)

A csepegési veszteség eredményeinél jól látszik, hogy minél nagyobb hőmérsékleten tároltam a csirkemell mintákat, annál nagyobb volt a vízvesztés. A 4°C esetén a legkisebb a csepegési veszteség, ugyan a korrelációs együttható értéke közel van az egyhez, mégis azt mutatja, hogy lehetett mérési hiba is, például a hűtő hőmérséklete nem volt mindig pont 4°C, többször kinyithatták, ami okozhatott kisebb hőmérséklet-ingadozásokat. Ebben az esetben a legnagyobb a szórás az adatpontok között, átlagosan 0,319. A 4-7°C között tárolt mintának a legmagasabb a korrelációs száma, ami azt mutatja, hogy ez a minta tükrözi a legmegbízhatóbban a veszteség

modellezhetőségét a 3 közül. Az eltérést okozhatja, hogy a minták nem mindig ugyanabban az időpontban lettek átvéve és megmérve. Ugyanakkor ennek a mintának közepes a csepegési vesztesége, amit vártunk a kísérlet során. A 7°C esetében a legnagyobb a csepegési veszteség, ami várható volt. A legnagyobb korreláció azt jelzi, hogy itt lehetett a legtöbb mérési hiba, például a mérleg pontatlansága, a mintakezelés nem volt megfelelő vagy a páratartalom ingadozás is befolyásolhatta még az előzőkön kívül a mérésünket. Ezen a hőmérsékleten már végbe mehettek komplexebb biológiai folyamatok vagy gyorsabb mikrobiális növekedés is.

5.2. Színmérés

5.2.1. L* értékek



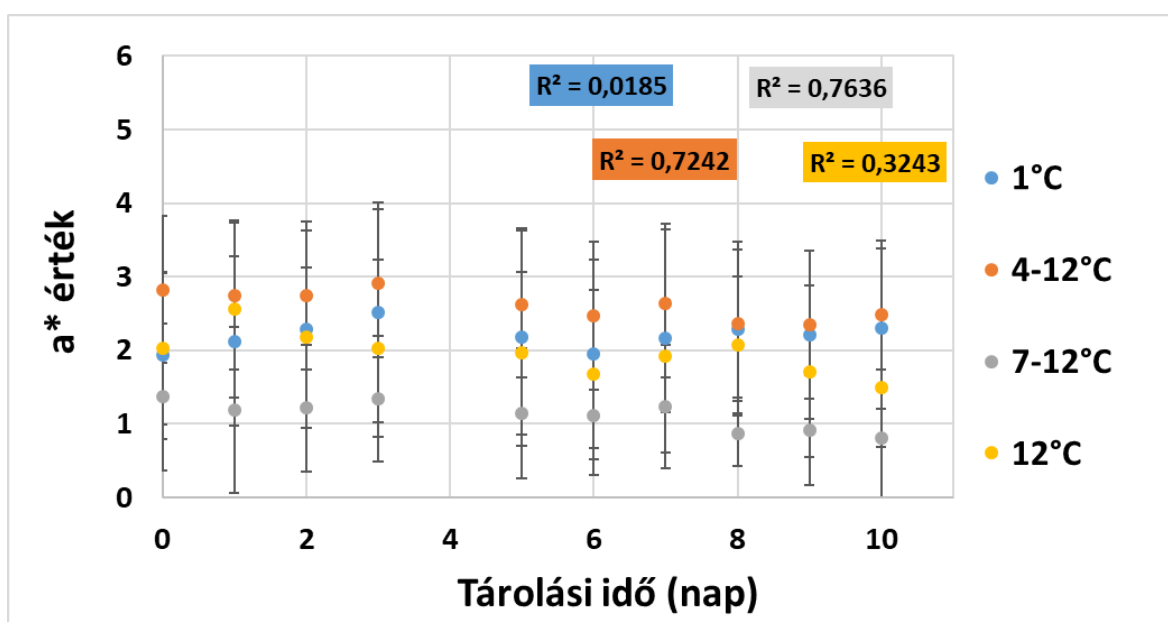
20. ábra: Az L* értékek a kísérlet napjain (Forrás: saját szerkesztés)

Az L* értékeknél már a nagyobb ingadozásokat vizsgáltuk. Fontos megjegyezni ezeknél az eredményeknél, hogy az utolsó mérési nap eredményeit egy csőtörés befolyásolta, ami a hűtők hatástalanítását okozta, így az utolsó napon a minták már nem voltak azon a hőmérsékleten tárolva, ahogyan azt a kísérlet kezdetén szeretnénk volna. A méréseket elvégeztem, de ez a tényező nagyban befolyásolta az utolsó napnak az eredményeit.

Az 1°C-nál a világossági tényező enyhén nő a tárolási idő előre haladtával. Ez azt mutatja, hogy az ultraalacsony hőmérséklet stabil szint biztosít, a változások lassúak és kiszámíthatóak. A 4-

12°C között tárolt mintáknál az L* értéke emelkedik, ami már mérsékelt lineáris összefüggést mutat. Ez egy enyhén ingadozó, de jellemzően hűvös tárolás kontrollált színváltozást okoz. A 7-12°C esetében a világossági értékek jelentősen nőnek, amit a magas hőmérséklet igazol. Erős korreláció látható, ami a minták homogenitását mutatja. Vagyis a magasabb hőmérséklet mellett a világosság gyorsabban nő. Végül a 12°C-on tárolt mintáknak a színe nem változik kiugróan, az erősen romló körülmények között a minták színbeli viselkedése véletlenszerűvé válik, amit az extrém alacsony korreláció is igazol.

5.2.2. a* értékek

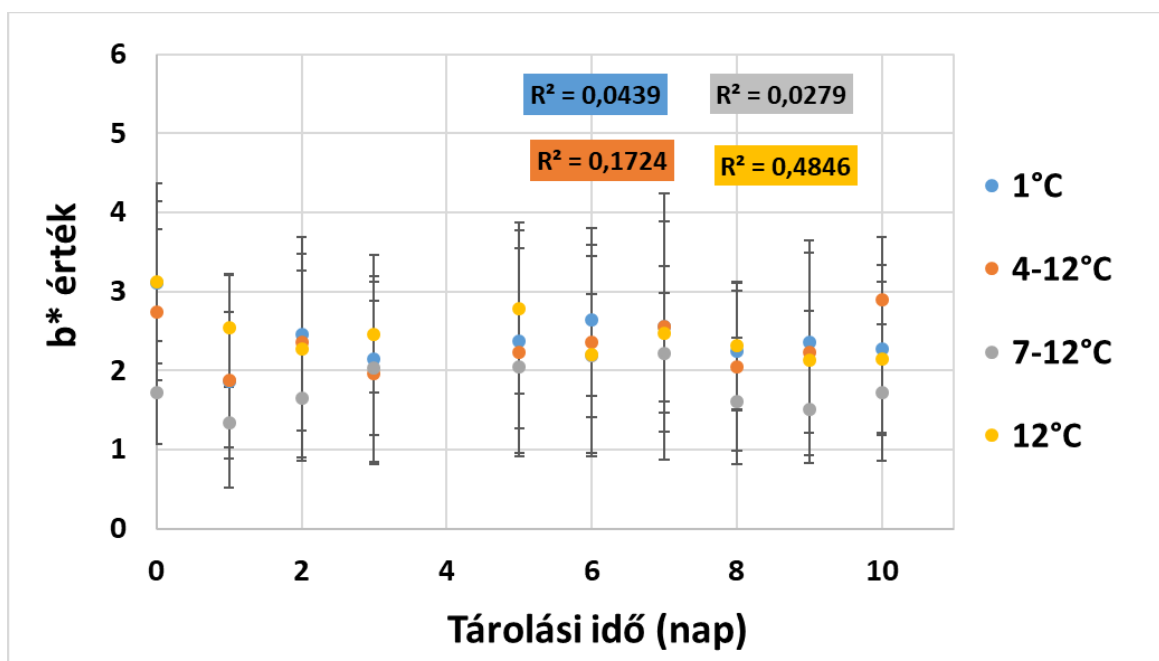


21. ábra: A vörösségi tényezők alakulása (Forrás: saját szerkesztés)

Az a* értéknél az 1°C esetében a trend majdnem vízszintes, így megállapítható, hogy az ultraalacsony hőmérséklet nem befolyásolja a vörös szín tartalmát. A tárolási időnek nincs lényeges hatása az a* tekintetében, tehát 1°-on kiváló színtabilitás érhető el. A 4-12°C esetében a korreláció mérsékelt 0,6298-as értékkel, ami azt mutatja, hogy a tárolás előrehaladtával csökken a vörös árnyalat, amit befolyásolhat az esetleges oxidáció. A hőingadozás a pigmentek gyorsabb bomlását okozza. 7-12°C közötti mintánál erős csökkenés látszik, erős korrelációval, aminél a tárolási idő magyarázza az értékeknek a nagy részét. Leginkább ebben a tartományban látható a vörös szín elvesztése. Végül a 12°C-nál látványos csökkenés látható,

gyengébb korrelációval, vagyis az erősen romló körülmények között felgyorsulnak a vöröses pigmentek lebomlása.

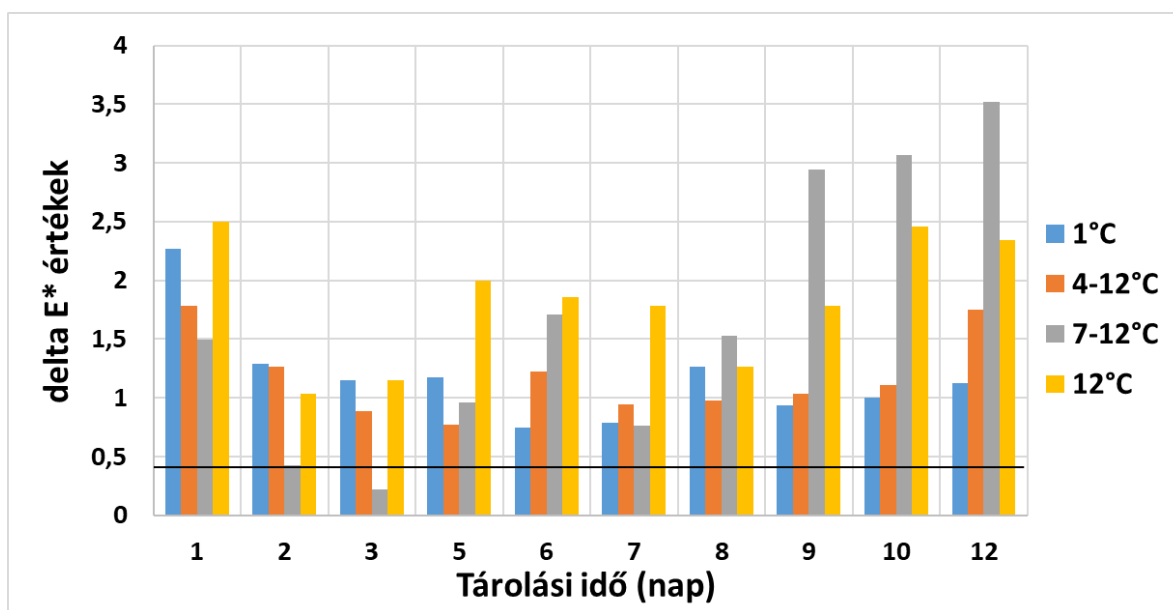
5.2.3. b^* értékek



22. ábra: A b^* értékek a tárolási idő függvényében (Forrás: saját szerkesztés)

A b^* értéknél hasonló eredményeket kaptam, mint a többi paraméternél. Az 1°C-nál alig változó értékeket jelentek meg. Alacsony a korreláció, csaknem nincs lineáris összefüggés a tárolási idővel. A 4-12°C-nál a b^* értékek lassan növekednek; kismértékű sárgulás érzékelhető a tárolás előrehaladtával. A 7-12°C között tárolt mintáknál hasonlóan enyhe a növekedés, de az értékek változékonysága miatt az időbeli összefüggés gyenge, amit a korrelációs érték is igazol. Végül a legmagasabb hőmérsékletnél, a 12°C-nál az látható, hogy nincs érdemi változás, a sárgás szín intenzitása alig változik a tárolási időszak alatt. A sárgás színösszetevő változása jóval kevésbé érzékeny a tárolási idő hosszára, mint a világossági vagy a vörösségi paraméter. Az összes korrelációs érték alacsony, ami azt mutatja, hogy a tárolási idő csak kis mértékben befolyásolja a b^* értékét. A sárga színtabilitás relatíve jó, vagy a változásokat más tényezők – például az oxidációs folyamatok, a vákuumsomagolás integritása, vagy a mioglobinnal történő átalakulások – dominálják.

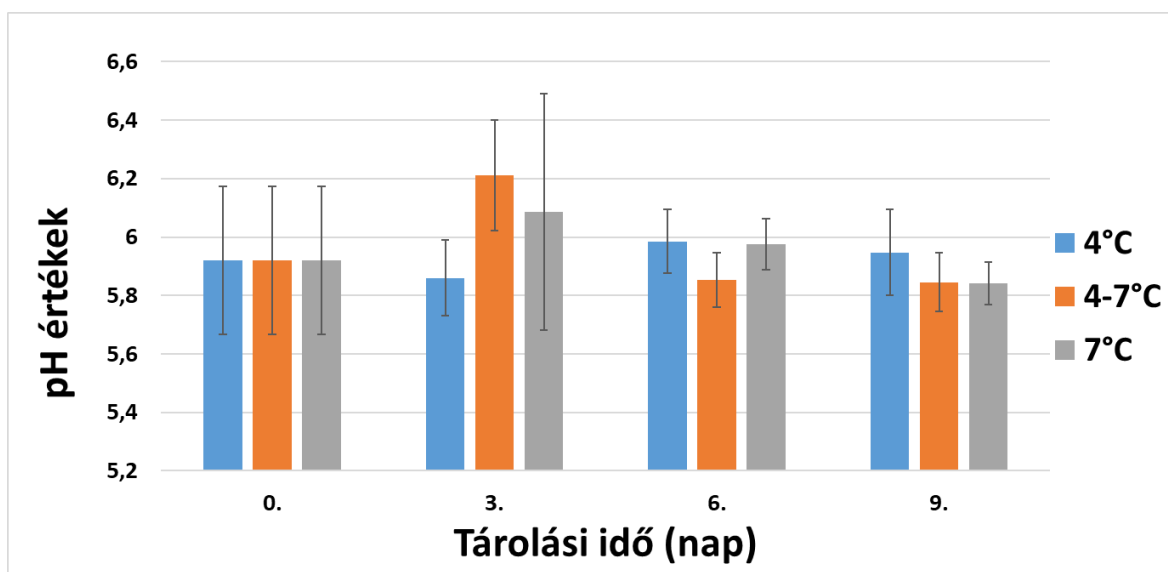
5.2.4. ΔE^* értékek



23. ábra: A színekülönbség értékek a 0. naphoz viszonyítva (Forrás: saját szerkesztés)

A grafikon a csirkemellek színekülönbségének (delta E^* értékek) alakulását mutatja a tárolási idő függvényében különböző hőmérsékleteken. Az 1. napon a 12°C-on tárolt minták mutatták a legnagyobb színváltozást, ami jelentős eltérésre utal a kiindulási állapothoz képest, míg az alacsonyabb hőmérsékleteken kisebb változások voltak megfigyelhetők. A tárolás közepén (5-8. nap) a színekülönbségek általában stabilizálódtak, különösen az 1°C és 4-12°C-on, ahol az értékek 0,7-1,3 között mozogtak, jelezve, hogy ezeken a hőmérsékleteken lassabban zajlik a színváltozás. A 7-12°C-os tartományban tárolt minták a tárolás végére (10-12. nap) fokozatosan növekvő delta E^* értékeket mutattak, elérve a 3,0-3,5 közötti tartományt. A 12°C-on tárolt minták esetében ingadozó mintázat figyelhető meg: az 1. napi csúcs után csökkenés, majd a 10-12. napon újabb emelkedés következett be. Ez a magasabb hőmérsékleten történő tárolás során bekövetkező intenzívebb biokémiai folyamatokra, például pigmentátalakulásra és mikrobiális aktivitásra utalhat. Összességében a hőmérséklet jelentős hatással volt a színestabilitásra: az 1°C-on tárolt minták mutatták a legkisebb színváltozást a teljes tárolási periódus alatt, míg a magasabb hőmérsékletek (különösen 7-12°C és 12°C) gyorsabb és kifejezettebb színeltéréseket eredményeztek. Ez az eredmény összhangban van Mancini és munkatársai kutatásával (2024), ahol a magasabb hőmérsékleteken tárolt mintáknak kifejezettebb színeltéréseket eredményeztek. A delta E^* értékek 3 feletti tartománya már érzékelhető színekülönbséget jelent, ami különösen a magasabb hőmérsékleti kezelések esetében volt jellemző.

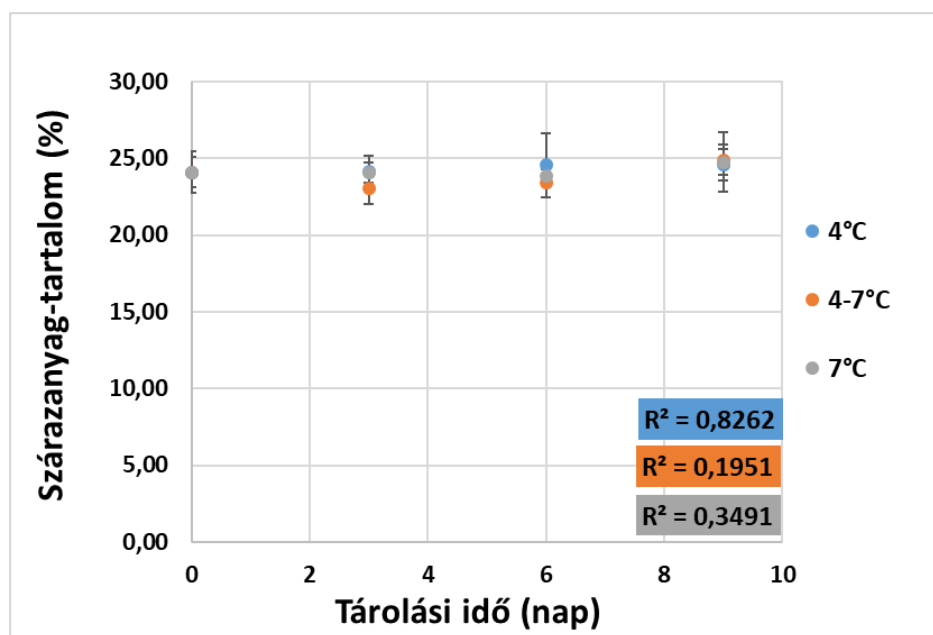
5.3. pH mérés



24. ábra: A mért pH értékek oszlopdiagrammon ábrázolva (Forrás: saját szerkesztés)

A táblázat hasonló eredményeket mutat, mint csepegési veszteségnél. A 4°C-on való tárolás során volt a legminimálisabb az emelkedés, ami a legstabilabb pH-t eredményezi. A 4-7°C esetén a 0,07 pH egység csökkenés látható, ami fokozatos csökkenést mutat, a tejsav fokozatos termelését jelzi. A 7°C-on tárolt minta ment a legalacsonyabb szintre a pH; viszont elmondható mind a három minta esetében, hogy az elfogadható tartományon belül maradtak.

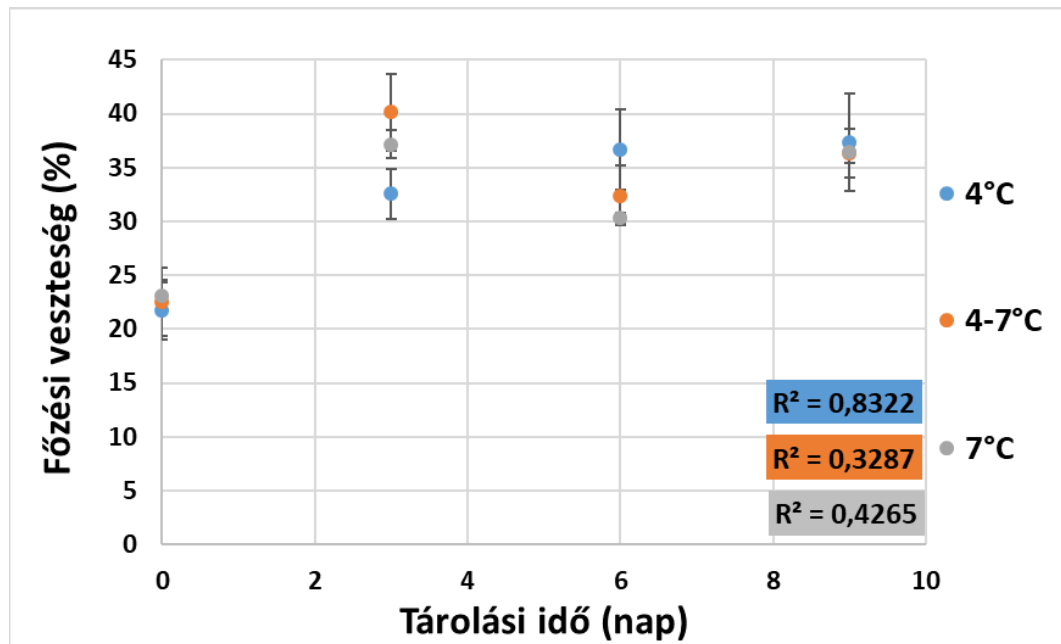
5.4. Szárazanyagtartalom



25. ábra: A szárazanyagtartalmak alakulása a 3 különböző hőmérsékleten (Forrás: saját szerkesztés)

A szárazanyagtartalom esetében a 4°C-on az átlagértékek folyamatosan nőnek, ami a csepegési veszteséggel is összefügg, ugyanis a távozó víz miatt csökken a víztartalom, ami a növekvő szárazanyagtartalom-értéket magyarázza. A 4-7°C mintáknál a legkisebb a szórás, ami közel azonos méréseredményekre, vagyis homogén mintázatra utal. A 7°C esetében az átlagértékek csökkennek, majd az utolsó napon hirtelen megnőnek; ez utalhat arra, hogy magasabb hőmérsékleten nagyobb mintabeli eltérés alakul ki. Összességében a legjobb eredményeket a 4°C-os minták mutatták, a legnagyobb korrelációs értékkel.

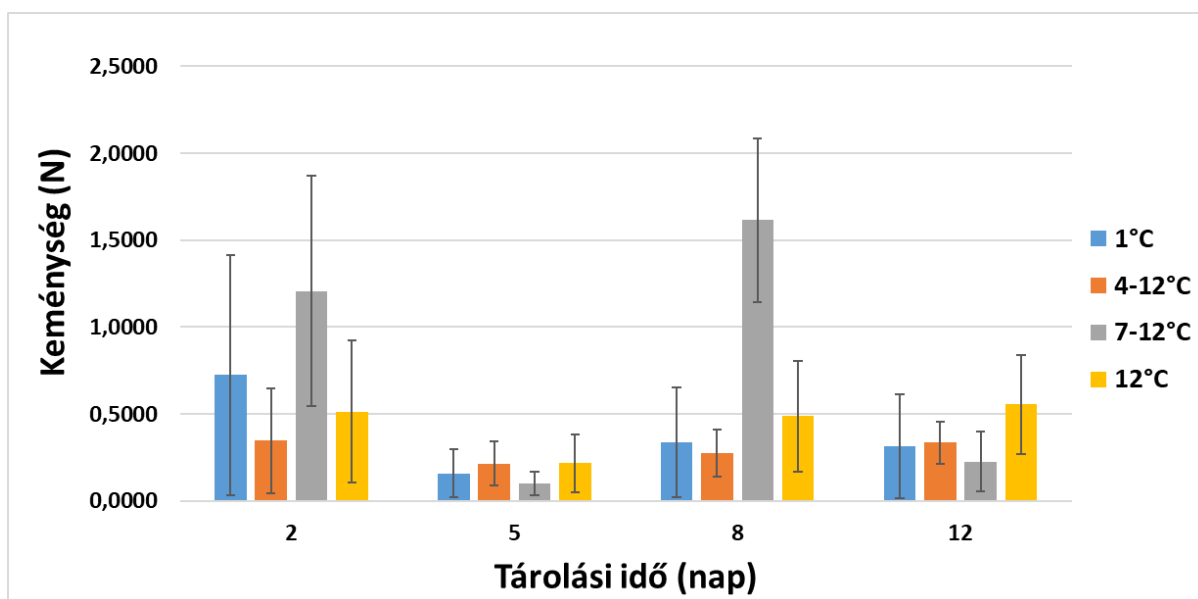
5.5. Főzési veszteség



26. ábra: A főzési veszteség a tárolási idő függvényében (Forrás: saját szerkesztés)

A főzési veszteség esetében hatalmas szórásokat mutatott a kísérlet. A 4°C-nál a főzési veszteség enyhén nő a tárolás során, és erős korrelációt mutat az idővel. Ezen adatok alapján stabil és előre jelezhető a veszteség. A 4-7°C esetében először csökken a vízveszteség mértéke, majd növekszik. Ebben az esetben előfordulhat mérési hiba, amit okozhat a hőkezelés ideje, mivel voltak olyan minták, amiket kevesebb vagy több ideig kellett hőkezelti, amíg elértem a kívánt maghőmérsékletet. Ebben az esetben gyenge a korreláció, így a tárolási idő nem magyarázza jól a veszteség változását, vagyis inkonzisztencia alakult ki. A 7°C esetében nincs számottevő változás, gyakorlatilag nincs összefüggés; a változatosság nem magyarázható a tárolási idővel és a hőmérsékletváltozással. Előfordulhat, hogy a magasabb tárolási hőmérséklet mellett a mikrobiológiai és biokémiai változók hatása befolyásolja a tárolási idő egyszerű hatását a főzési veszteségre. A főzési veszteségnél az látszik, hogy a stabil, alacsony hőmérséklet biztosítja a leginkább követhető minőségromlást, míg a magasabb és ingadozó hőmérsékletek mellett a főzési veszteség viselkedése kiszámíthatatlanná válik.

5.6. Állománymérés



27. ábra: A TPA során mért keménységi értékek (Forrás: saját szerkesztés)

A 2. napon a legmagasabb keménységértékeket mértem minden hőmérsékleten, különösen a 7-12°C tartományban (~1,2 N), ami a friss hús kompakt szövetszerkezetére utal. Az 5. napon drámai csökkenés következett be minden csoportban, ami valószínűleg a proteolitikus enzimek aktivitására és a szövetlágyulásra vezethető vissza. A 8. napra érdekes módon jelentős emelkedés tapasztalható a keménységben, különösen a 7-12°C csoportban, ami feltehetően vízvesztéssel és szövet-tömörödéssel magyarázható. A 12. napon a keménységértékek stabilizálódtak vagy enyhén emelkedtek a korábbi minimum után, 0,2-0,5 N közötti tartományban. A magasabb hőmérsékletek (7-12°C és 12°C) esetében nagyobb szórást és magasabb csúcsértékeket láthatunk, ami a gyorsabb vízvesztésre és mikrobiológiai változásokra utalhat. Az 1°C-on tárolt minták viszonylag stabil, alacsonyabb keménységet mutatnak a teljes időszak alatt, ami optimálisabb minőségmegőrzést jelez. Összességében az eredmények nem-lineáris U-alakú tendenciát mutatnak minden hőmérsékleten, ahol az 5. nap körüli minimum után a keménység visszaemelkedik, valószínűleg a vízvesztés és szövetszerkezeti változások kombinációja miatt.

5.7. Másodlagos csomagolások

Csomagolás típusa	Átlagos ΔT (lég-mag)	Max ΔT	Átlagos maghőingadozás	Átlagos reakcióidő	Összesített hőtartás értékelés
Nejlontasak	-0,3	1	1,2	40min	Legjobb védelem a felmelegedés ellen
Papírtáska	0	1,2	0,6	5min	Gyorsan felmelegszi, és viszonylag gyorsan lehűl
rPET táska	-0,3	6	1,7	15min	A legjobban megőrzi a meleget

3. Táblázat: A másodlagos csomagolások vizsgálatának eredményei (Forrás: saját szerkesztés)

Az átlagos maghőmérséklet-különbség a nejlontasak által biztosított izolációs tulajdonságokra utal, amely a termikus stabilitás szempontjából csak mérsékelt védelmet nyújt. A reakció kialakulási ideje 40 perc, amely a leglassabb az összes csomagolási típus között, ami arra utal, hogy a nejlontasak viszonylag lassú hőátadást tesz lehetővé. Az összevetített hőtartás értékelése azt mutatja, hogy a nejlontasak csomagolás a legjobb teljesítményt nyújtja. Ez a csomagolási típus tehát a legideálisabb ha hosszú tárolási idő és konzisztens hőmérsékleti stabilitás szükséges.

A papírtáska a csomagolásai közül a legkönnyebben kezelhetőek voltak a hőmérséklet-szabályozás szempontjából. Az átlagos delta hőmérséklet 0°C , vagyis nincs mérhető átlagos lehűlés vagy felmelegedés az átlag felszínhőmérséklet tekintetében. Azonban a maximális átlagos hőmérséklet ($1,2^{\circ}\text{C}$) a papír szigetelési képességei korlátosak, és az ingadozások mérsékeltnak számítanak. Az átlagos maghőmérséklet-különbség a legalacsonyabb az összes típus között, amely azt mutatja, hogy a papír csomagolás a legkisebb hőmérséklet-változást biztosítja a tárolt termék középpontjában. A reakcióidő mindössze 5 perc, amely a legrövidebb, azt jelezve, hogy a papír gyorsan átengedi a hőt, és az egyensúly gyorsan beáll. Az összevetített hőtartás értékelésében egyértelmű, hogy bár a papír stabil hőmérsékleti környezetet biztosít az átlagos szinten, a gyors hőátvitel miatt nem alkalmas hosszú távú izolációhoz. Papírt alkalmazni javasolt rövid szállítási és tárolási periódusokhoz, ahol a hőmérséklet-fluktuációk minimálisak és a termék kevésbé hőérzékeny.

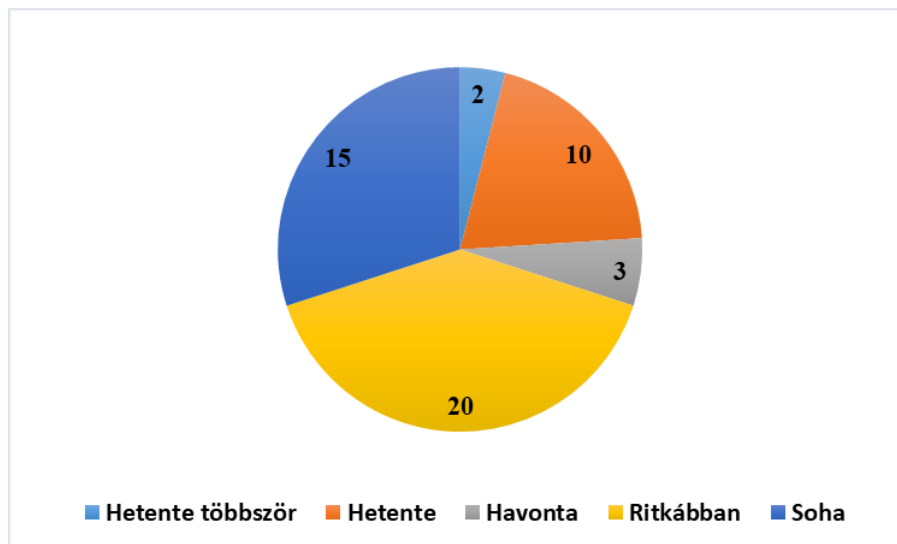
Az rPET csomagolás kedvező hőmérsékleti teljesítményeket mutatott. A maximális átlagos hőmérséklet szignifikánsan magasabb, mint a papír vagy nejlon, ami azt mutatja, hogy az rPET nagyobb hőmérséklet-ingadozásokat engedélyez pillanatosan. A reakcióidő 15 perc, amely közepesnek tekinthető az összes típus között, azt jelezve, hogy az rPET mérsékelt sebességgel átengedni a hőt.

5.8. Fogasztói felmérés (kvalitatív vizsgálat)

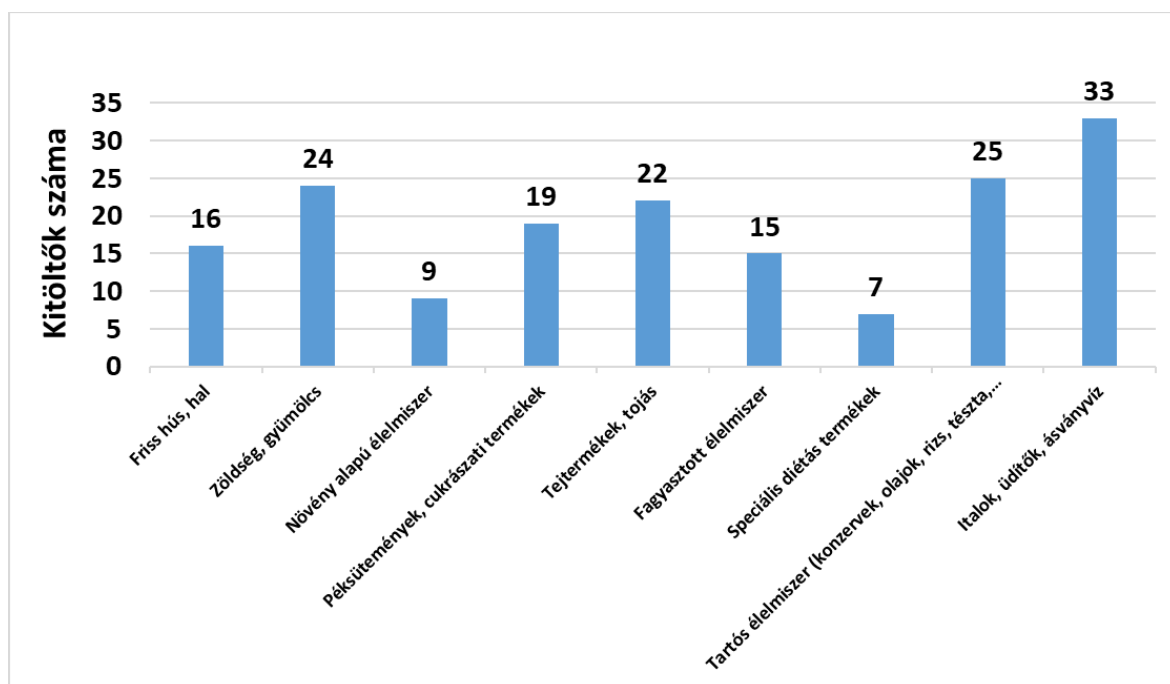
A felmérésben 50 válaszadó vett részt, akik között 62% nő és 38% férfi. A minta életkor szerinti megoszlása fiatal felnőttek felé tolódik: 44% a 18-25 évesek, további 19% a 25-30 éves korosztályból, míg az idősebb korcsoportok (40 év felett) 37%-ot képviselnek. A végzettség tekintetében vegyes képet mutat: 30% gimnáziumi, 24% egyetemi és 20% főiskolai végzettségű; míg a maradéknak 26% szakközépiskolai végzettsége van.

Rendelési szokások és gyakoriság

A válaszadók 70%-a már rendelt élelmiszer-házhozszállítást legalább egyszer, ami jelentős piaci penetrációt jelez. A rendelési gyakoriság alapján három fő csoport különíthető el: a rendszeres rendelők (hetente vagy gyakrabban): 24% – Ez a csoport a legértékesebb célközönség, akik a szolgáltatást beépítették életviteljükbe. Alkalmi rendelők (ritkábban vagy havonta): 46% – Jelentős potenciál rejlik ebben a szegmensben a gyakoriság növelésére. Nem rendelők: 30% – Elsősorban idősebb korosztályok (50-60 év feletti) és szkeptikusabb fogyasztók. Korcsoportos különbség: A 18-25 éves korosztály leginkább ritkán rendel (55%-uk), míg a 25-40 éves aktív dolgozók között magasabb a heti rendszerességű rendelés aránya. Ez arra utal, hogy a fiatalabbak inkább kipróbálják a szolgáltatást, míg a 30-as éveikben lévők praktikus időmegtakarítás céljából rendszeresen használják.



28. ábra: A kitöltők 30%-a soha nem rendelt még friss élelmiszert házhöz (Forrás: saját szerkesztés)



29. ábra: A legpreferáltabb terméktípus az italok, üdítő és ásványvíz (Forrás: saját szerkesztés)

Rendelt termékek és preferenciák

A legnépszerűbb kategóriák volt az italok, üdítők, ásványvíz (66%) – A nehéz, nagy kiszereelésű termékek szállíttatása kiemelkedően népszerű. Tartós élelmiszerek (50%) – Konzervek, tészta,

rizs: praktikus alapanyagok. Zöldség és gyümölcs (48%) – Friss alapanyagok iránt is jelentős az érdeklődés. Tejtermékek, tojás és pékáruk is gyakran kerülnek a kosárba. Érdekes, hogy a friss hús és hal kevésbé népszerű (kevesebb említés), ami a bizalomhiányra és a hűtési lánc kockázatával kapcsolatos aggodalmakra utalhat.

Frissesség és minőség megítélése

A frissesség értékelése átlagosan 3,9/5, ami közepesen pozitív eredmény. Rendszeresség és frissesség kapcsolata: A rendszeres rendelők (heti) magasabb frissességet észlelnek (4,3 átlag), míg a soha nem rendelők alacsonyabb pontszámot adtak (3,3), ami valószínűleg előítéletből vagy negatív elvárásból fakad.

Frissesség megítélésének kritériumai

A fogyasztók érzékszervi módszerekkel ítélik meg a frissességet. A szag/illat a leggyakoribb kritérium, különösen húsnál, tejtermékeknél. Fontos a zöldségeknél az állag/tapintás. Kinézet/szín (28%) – Barnulás, elszíneződés jelzi a romlást. Lejárat dátum (20%) – Objektív mutató, de kevesebben hagyatkoznak rá kizárólagosan. Ez hangsúlyozza, hogy a csomagolás minősége és a termék vizuális megjelenése kulcsfontosságú a fogyasztói elégedettség szempontjából.

Problémák és negatív tapasztalatok

A leggyakoribb minőségi problémák: Nem megfelelő csomagolás (17 említés, 34%) – Sérült dobozok, nem megfelelő védelem. Nem megfelelő hőmérséklet (8 említés, 16%) – Különösen hűtött/fagyasztott termékeknél. Szivárgó csomagolás (5 említés) – Folyadék kiömlése, keresztszennyeződés. További panaszok: késedelmes szállítás, hiányzó termékek, rossz minőségű (fonnyadt, sérült) zöldségek. Pozitív jelzés: A válaszadók 12%-a említette, hogy soha nem tapasztalt problémát, ami arra utal, hogy a szolgáltatók többsége alapszinten jól teljesít.

Bizalom a hűtési körülményekben

A bizalmi szint vegyes képet mutat: Teljes mértékben bízunk: 14% Inkább igen: 62% Inkább nem: 18% Egyáltalán nem: 6% Összességében a válaszadók 76%-a pozitívan, míg 24%-a negatívan értékeli a hűtési körülményeket. Az „inkább igen” kategória dominanciája (62%) arra utal, hogy a fogyasztók alapvetően elfogadják a jelenlegi szintet, de nincsenek teljesen meggyőződve – itt van tér a fejlesztésre. Kapcsolat a rendelési gyakorisággal: A rendszeres rendelők (heti) jobban bíznak a hűtési láncban (40%-uk „teljes mértékben” vagy „inkább igen”), míg a soha nem rendelők között magasabb a szkepticizmus.

Legfontosabb minőségmegőrzési tényezők

A válaszadók véleménye szerint a legkritikusabb szempontok: Hőmérséklet-kontroll (52%) – Egyértelműen a legfontosabb tényező. Hűtési lánc folyamatossága (24%) – Szorosan összefügg az előzővel. Csomagolás sértetlensége és tisztasága (18%) – Fizikai védelem és higiénia. Szállítási idő minimalizálása (6%) – Kevesebben tartják kulcsfontosságúnak. Ez megerősíti, hogy a hőmérséklet-monitorozás és a hűtési technológia fejlesztése a legkritikusabb terület a minőségjavításhoz.

6. Következtetések és javaslatok

A csepegési veszteség, szárazanyagtartalom és pH-érték közötti szoros kapcsolat egyértelműen kirajzolódik. Magasabb tárolási hőmérsékleten (7°C és 12°C) a csepegési veszteség jelentősen nő, ami egyidejűleg a szárazanyagtartalom növekedését okozza a távozó víz miatt. Ezzel párhuzamosan a pH értékek csökkennek, ami a mikrobiális aktivitás fokozódására utal. A 4°C-on tárolt minták mindhárom paraméterben a legstabilabb értékeket mutatták, megerősítve a hűtési lánc kritikus szerepét. A három mért paraméter eredményei alapján a 4°C a legideálisabb a hús tárolására a vizsgált hőmérsékletek közül.

A főzési veszteség és a keménység (TPA) közötti összefüggés U-alakú görbét mutat. Az 5. napon mindkét paraméter minimumot ér el: alacsony a keménység és változó a főzési veszteség. A 8. napra a keménység drámaian megnő, ami a vízvesztéssel és szövettömörödéssel magyarázható - ezt a csepegési veszteség adatok is alátámasztják. Ez a változás közvetlenül befolyásolja az állományt/tapintást, amit a fogyasztók 32%-a használ frissesség-megítélésre.

A színparaméterek és a hőmérséklet közötti összefüggés szintén markáns. Magasabb hőmérsékleten gyorsabban nő az L^* érték, csökken az a^* érték, miközben a ΔE^* értékek 3 felé emelkednek, ami már vizuálisan érzékelhető színkülönbséget jelent. Ez közvetlenül kapcsolódik a fogyasztói frissesség-értékeléshez: a válaszadók 28%-a a kinézet/szín alapján ítéli meg a frissességet, tehát a színváltozás közvetlenül befolyásolja az elfogadottságot. Ezek alapján a színstabilitás is alacsony hőmérsékleten a legideálisabb, jelen esetben a 4°C.

A másodlagos csomagolások hőtartó képessége kritikus szerepet játszik a minőségmegőrzésben. A nejlon zacskó 40 perces reakcióideje a felmelegedés ellen különösen előnyös a rövid távú szállítások során, amikor a termék hirtelen környezeti hőmérséklet-emelkedésnek van kitéve (például nyári szállítás). Ezzel szemben az rPET táska 75 perces reakcióideje a lehűlés ellen ideális hosszabb szállítási idők esetén, amikor a hűtés folyamatosságát nehéz fenntartani.

Ez közvetlenül kapcsolódik a fogyasztói problémákhoz: a "nem megfelelő hőmérséklet" (16%) és a "nem megfelelő csomagolás" (34%) a leggyakoribb panaszok között szerepelnek. A papírtáska gyenge hőszigetelése (5 perces reakcióidő) magyarázza, miért nem alkalmas friss hús szállítására, ami összhangban van azzal, hogy a fogyasztók kevésbé bíznak a friss hús online rendelésében. Minden mérési paraméter viszont egy dolgot mutat: bármelyik

másodlagos csomagolást is használjuk, mindegyik méréskelet a hőmérséklet kilengéseket valamilyen formában, vagyis mindenképpen megéri másodlagos csomagolást használnunk a 'last-mile' szállítás során.

A fogyasztók 76%-a pozitívan értékeli a hűtési körülményeket, azonban csak 14% bízik "teljes mértékben" - ez az óvatosság teljesen indokolt az objektív adatok alapján. A hőmérséklet-ingadozások (4-7°C, 7-12°C tartományok) jelentős minőségromlást okoznak: 10 nap alatt a ΔE^* értékek 3-4 fölé emelkednek, a csepegési veszteség 2-3-szorosára nő, és a mikrobiális aktivitás felgyorsul. Ezek a mérési eredmények igazolják az hipotézist, miszerint a nagyobb hőmérséklet-ingadozás súlyosabb károsodást okoz, mint az állandó magas hőmérséklet. Javaslati megállapításom, hogy a házhoz-szállító cégeknek minimalizálnia kellene a fluktuáló hőmérsékleteket, hogy egy minőségben magasabb terméket kaphassanak a fogyasztók.

A hőmérséklet-kontroll (52%) és hűtési lánc folyamatossága (24%) kiemelkedő fontosságát a fogyasztók helyesen azonosították - ez összhangban van az objektív mérésekkel, amelyek szerint 1°C különbség már mérhető hatással van minden vizsgált paraméterre.

A fogyasztók által leggyakrabban használt érzékszervi kritériumok - szag/illat (40%), állag/tapintás (32%), kinézet/szín (28%) - pontosan azokat a paramétereket fedik le, amelyeket a kísérletek objektívizáltak. A színmérés validálja a vizuális frissesség-megítélést, az állománymérés (TPA) az érzékelt keménységet, míg a pH és csepegési veszteség közvetetten a szagot és állományt befolyásolja.

Az eredmények alapján a 4°C feletti tárolás kritikus minden minőségi paraméter szempontjából. A másodlagos csomagolások kiválasztása szállítási körülmények függvénye: rövid városi szállításnál az rPET, hosszabb vidéki fuvaroknál a nejlon ajánlott. A fogyasztói elvárások (52% hőmérséklet-kontroll fontosság) és az objektív adatok konvergenciája egyértelműen jelzi, hogy a hűtési lánc folyamatosságának monitorozása és kommunikálása (pl. hőmérséklet-loggerek, valós idejű követés) növelhetné a fogyasztói bizalmat és csökkenthetné a panaszokat.

A nők általában elégedettebbek a frissességgel és jobban bíznak a hűtésben. A férfiak kritikusabbak vagy szkeptikusabbak. A 25-40 éves korosztály leginkább rendszeres rendelő (aktív életmód, időhiány), míg az 50 év felettiek kevésbé használják a szolgáltatást (bizalomhiány, hagyományos vásárlási szokások). Bár a többség pozitív, 24% szkeptikus vagy bizalmatlan a hűtési körülményekkel kapcsolatban. Ez jelentős gát a piac további bővülésében, különösen a friss, hűtést igénylő termékek (hús, hal, tejtermék) esetében. A legtöbb probléma a

csomagolással kapcsolatos (sérülés, szivárgás), ami könnyen javítható logisztikai és csomagolástechnológiai fejlesztésekkel. A fogyasztók nagyon nyitottak a technológiai megoldásokra (hőmérséklet-monitorozás, okos csomagolás), és úgy vélik, ezek jelentősen növelnék a bizalmat és a minőséget.

Nincs egyértelmű legjobb másodlagos csomagolás, mindegyik más-más körülmények között előnyös. A nejlon ideális, ha felmelegedést szeretnénk elkerülni, az rPET akkor előnyös, ha a termék melegét kell megőrizni, míg a papír a legalacsonyabb átlaghőmérsékletet biztosítja, de gyenge hőszigetelő. A választás függ a logisztikai körülményektől és a hűtési célkitűzésektől.

A szakdolgozatomban végzett kísérletek eredményei alapján végeznék még kiegészítő vizsgálatot a vákuumcsomagolt csirkemellfilék mikrobiológiai nyomon követésére. A tárolási hőmérséklet-ingadozások során, különösen figyelnék a patogén kórokozókra (*Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter*), és az elszaporodásuk dinamikájára fókuszálva, amely lehetővé tenné az élelmiszer-biztonsági kockázatok objektívizálását és a kritikus hőmérsékletküszöbök pontosabb meghatározását a logisztikai gyakorlatban. Végül egy valós logisztikai szimulációt végeznék a az aktuális márkalogisztikai rendszerekben alkalmazott szállítási sebességek (városi, regionális, nemzetközi) és az ezekben előforduló tipikus hőmérséklet-profil modellezésére, különösen a 'last-mile' szállítás során fellépő hirtelen hőmérsékleti kilengések tanulmányozására, amely közvetlenül alkalmazható lehet az e-kereskedelmi platformokon történő házhozszállítás optimalizálásához.

7. Összefoglalás

Jelen dolgozat a vákuumsomagolt csirkemellfilé minőségváltozásait vizsgálta 10 napos tárolási periódus alatt, különböző hőmérsékleti körülmények között (1°C, 4°C, 7°C, 12°C, valamint ingadozó hőmérsékleti kombinációk: 4–7°C, 4–12°C, 7–12°C). A téma aktualitása, hogy a vákuumsomagolt csirkemellfilé tárolási hőmérsékletének és csomagolási rendszerének optimalizálása különösen időszerű kutatási terület, mivel a növekvő házhozszállítási kereslet, az élelmiszerpazarlás globális problémája és a szigorodó élelmiszerbiztonsági elvárások együttesen szükségessé teszik a hűtési lánc minden szakaszának tudományos alapú fejlesztését. A kutatás során hat minőségi paraméter mérésére került sor: csepegési veszteség, pH-érték, szárazanyagtartalom, főzési veszteség, állomány (TPA-módszer) és szín (L^* , a^* , b^* , ΔE^* értékek).

Az empirikus adatok egyértelműen validálták az eredeti hipotéziseket. Összességében a hőmérséklet jelentős hatással volt a színstabilitásra: az 1°C-on tárolt minták mutatták a legkisebb színváltozást a teljes tárolási periódus alatt, míg a magasabb hőmérsékletek (különösen 7–12°C és 12°C) gyorsabb és kifejezettebb színeltéréseket eredményeztek. A 4°C feletti tárolás kritikus pont: minden vizsgált minőségi paraméter (csepegési veszteség, a^* és L^* értékek, pH-emelkedés) szignifikánsan romlott magasabb hőmérsékleteken.

A nagyobb hőmérséklet-ingadozás (pl. 7–12°C közötti fluktuáció) súlyosabb károsodást okozott, mint az állandó magas hőmérséklet, amit az erős lineáris korrelációk és a ΔE^* értékek felgyorsult növekedése mutatott. A vizsgált másodlagos csomagolások (nejlon, papír, újrahasznosított PET) valóban képesek voltak mérsékelni a hőmérséklet-kilengéseket, bár a papír csomagolás gyengébb hőszigetelő tulajdonságai miatt kevésbé volt hatékony.

A színparamétereknél az L^* értékek elemzése kimutatta, hogy az 1°C-on történő tárolás során a világossági tényező csak enyhe növekedést mutatott, ami az ultraalacsony hőmérséklet stabil színmegőrzését igazolja. A 4–12°C és 7–12°C közötti fluktuáló tárolási körülmények esetében az L^* értékek jelentős növekedése volt megfigyelhető, ami a magasabb hőmérséklet hatására bekövetkező gyorsabb színváltozásra utal. A 12°C-on tárolt mintáknál az extrém romlási körülmények miatt a szín-viselkedése véletlenszerűvé vált. Az a^* értékek (vörösségi tényező) alakulása szintén hőmérséklet-függőnek bizonyult, míg a ΔE^* értékek 3 fölé emelkedése már vizuálisan is észlelhető színkülönbséget jelentett, amely közvetlenül befolyásolja a fogyasztói elfogadottságot.

Az állománymérés (TPA) során mért keménységi értékek egy nem-lineáris, U-alakú tendenciát mutattak minden hőmérsékleten. A 2. napon a legmagasabb keménységértékeket mértem, különösen a 7-12°C tartományban, ami a friss hús tömör szövetszerkezetére utal. Az 5. napon jelentős csökkenés következett be minden csoportban, ami valószínűleg a proteolitikus enzimek aktivitására és a szövetlágyulásra vezethető vissza. A 8. napra érdekes módon jelentős emelkedés volt tapasztalható a keménységben, ami feltehetően vízvesztéssel és szövettömörödéssel magyarázható. Az 1°C-on tárolt minták viszonylag stagnáló, alacsony keménységet mutattak a teljes időszak alatt, ami jobb minőségmegőrzést jelent.

A másodlagos csomagolások hőtartó képessége kritikus szerepet játszik a minőségmegőrzésben. A nejlon zacskó 40 perces reakcióideje a felmelegedés ellen különösen előnyös rövid távú szállítások során, amikor a termék hirtelen környezeti hőmérséklet-emelkedésnek van kitéve. Ezzel szemben az rPET táska az átlagos maghőmérséklet-különbség tekintetében kedvező hőmérséklet-ingadozásokat mutatott, 15 perces reakcióidővel, amely közepesnek tekinthető. A papírtáska az átlagos delta hőmérséklet 0°C értéke alapján stabil hőmérsékleti környezetet biztosított az átlagos szinten, azonban a gyors hőátadás (5 perces reakcióidő) miatt nem alkalmas hosszú távú izolációhoz. A három vizsgált másodlagos csomagolás közül a nejlon biztosította a legjobb védelmet a felmelegedés ellen, az rPET a legjobban megőrizte a meleget, míg a papír a legalacsonyabb átlaghőmérsékletet biztosította, de gyenge hőszigetelőként teljesített.

A fogyasztók megbízható minőségű termékre való igénye nem csupán fogyasztói preferencia, hanem logisztikai rendszer-szintű felelősség. Az objektív mérések igazolják, hogy a hőmérséklet mindössze 1°C-os eltérése számos paraméter szimultán degradációjához vezet. A fogyasztói kérdőív azt mutatja, hogy az emberek ezt intuitívan felismerik: a 76%-os pozitív értékelés ellenére a teljes bizalom hiánya (csak 14% teljes mértékben bízik) arra utal, hogy a logisztikai innováció – hőmérséklet-monitoring, csomagolástechnológia, és a last-mile szállítás optimalizálása – nemcsak a minőség, hanem az egész piac stabilitásának alapfeltétele. A friss csirkemellfilé házhoz szállításakor a 0–4°C hőmérsékleti tartomány fenntartása, valamint a másodlagos csomagolás kiválasztása szállítási körülmények kulcsfontosságú az élelmiszerbiztonság és a minőségmegőrzés szempontjából. A logisztikai rendszer hatékonyságának javítása pedig csak a hideglánc folyamatos monitorozásával, a hőmérséklet-szabályozás szigorú betartásával, valamint a csomagolástechnológia optimalizálásával érhető el.

A szakdolgozatomban szereplő eredmények alapján és a kísérlet korlátait figyelembe véve további kutatásokat végeznék, a csirkemell mikrobiológiai kockázatbecsléséről, különösen a patogén kórokozók elszaporodásának dinamikájára fókuszálva. Ez lehetővé tenné a kritikus hőmérsékletkülbszöbök megállapítását; és az élelmiszer-biztonsági kockázatok objektivizálását a logisztikai gyakorlatban. Ezen kívül még végeznék egy valós logisztikai körülmények közötti szimulációt, ahol a last-mile szállítás során fellépő hirtelen hőmérsékletkilengésekről lehetne pontosabb képet kapni, amelyek alkalmazható adatot szolgáltatnának az e-kereskedelmi platformokon történő házhozszállítás optimalizálásához.

8. Irodalomjegyzék

1. Christopher, M. (2011): Logistics and Supply Chain Management. 4th Edition, Prentice Hall, London
2. Dr. Zsom, T. (2024) : Kiegészítő fejezetek a növényi és állati alapanyagok hűtőkezelésének elméleti alapjaiból. Előadás anyag, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budapest
- 3 Cai, X., Chen, J., Xiao, Y., & Xu, X. (2010): Optimization and Coordination of Fresh Product Supply Chains with Freshness-Keeping Effort. Production and Operations Management, 19(3), 261-278. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2009.01096.x>
- 4 Yu, Y., & Xiao, T. (2021): Analysis of cold-chain service outsourcing modes in a fresh agri-product supply chain. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 148, 102264. <https://doi.org/10.1016/J.TRE.2021.102264>
- 5 Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014): Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. Food Control, 39(1), 172–184. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2013.11.007>
- 6 Berry, T. M., Defraeye, T., Shrivastava, C., Ambaw, A., Coetzee, C., & Opara, U. L. (2022): Designing ventilated packaging for the fresh produce cold chain. Food and Bioproducts Processing, 134, 121–149. <https://doi.org/10.1016/J.FBP.2022.04.005>
- 7 Gazdász tudományi ismeretek III.; Szervezés és logisztika. Előadás anyag, Debrecen Egyetem, Mezőgazdaság-Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar https://dk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8429/101_szervezes.pdf?sequence=101&isAllowed=y
- 8 Novák, N. (2010): Bevezetés a logisztikába, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
- 9 Csonka, A., Pintér, Zs. (2022): Az élelmiszer-logisztika stratégiai kihívásai. Élelmiszerláncok menedzsmentje. Gödöllő: MATE Press https://press.mater.uni-mate.hu/194/1/EduAgri_3.f._hu..pdf
- 10 Hajnal, É. (2007): Élelmiszerlogisztikai folyamatok optimalizálása. Doktori értekezés, Budapest Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Kar https://phd.lib.uni-corvinus.hu/266/1/hajnal_eva.pdf
- 11 Die Tiefkühlkette, Empfehlungen zur Temperatursicherung, Arbeitsgemeinschaft Kälteforum dti/VDKL Deutsches Tiefkühlinstitut e.V. (Berlin) und Verband Deutscher Kühlhäuser & Kühllogistikunternehmen e.V. (Bonn.) (2012) <https://www.tiefkuehlkost.de/tk-fuer-alle/aktuelles/broschueren/die-tiefkuehlkette>
- 12 Kenesei, Gy. (2018): Kíméletes hőkezelés és nagy hidrosztatikus nyomáskezelés kombinálásának hatása sertéshús egyes minőségjellemzőire, Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar https://real-phd.mtak.hu/1561/1/kenesei_gyorgy_ertekezés_DOI.pdf
- 13 Südi, G. (2014): Különleges nyomon követési igények a halfeldolgozásban, Diplomamunka, Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Kar https://oko2000.hu/vksz/download/Publikacio_2014_SudiG_Corvinus_szakdol.pdf
- 14 Nébih (n.d.): Élelmiszer, élelmiszerbiztonság <https://portal.nebih.gov.hu/-/elelmiszer-elelmiszerbiztonsag>
- 15 Boros, Cs. (2010): A hús, hal és baromfi minőségi átvétele és megfelelő tárolása, Élelmiszerek és vegyiárak forgalmazása modul, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszeren_ek_kialakitasa/17_0007_009_101130.pdf
- 16 Magyarország Kormánya (2002): 70/2002. (VIII. 15.) FVM rendelet a friss baromfihús előállításának és forgalomba hozatalának élelmiszer-higiéniai feltételeiről https://jogkodox.hu/jsz/2002_70_fvm_rendelet_4848823
- 17 Dr. Varga, Cs. (2008): Élelmiszeripari ismeretek – Baromfi, Előadás anyag, Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Kar <http://zeus.nyf.hu/~tkgt/okse/elista08/elis0803.pdf>
- 18 Baranyi, J., et al. (2023): Temperature control and food safety in the supply chain. Hungarian Agricultural Engineering, 44(2), 45-52. [AKJournals]
- 19 Visy Anna (2025) : Nyers, pácolt húskészítmények gyártástechnológiája, elmélete és berendezései. Előadás anyag, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budapest https://elearning.uni-mate.hu/pluginfile.php/1371945/mod_resource/content/1/06%20A%20p%C3%A1colt%C3%A1s%20elm%C3%A9leti%20%C3%A9s%20gyakorlati%20k%C3%A9rd%C3%A9sei_shortversion%202025.pdf
- 20 M.W. Peck, K.E. Goodburn, R.P. Betts, and S.C. Stringer (2006): Clostridium botulinum in vacuum packed (VP) and modified atmosphere packed (MAP) chilled foods. Project report, Institute of Food Research, Norwich, UK; Food Safety and Technology https://www.researchgate.net/publication/237298240_Clostridium_botulinum_in_vacuum_packed_VP_and_modified_atmosphere_packed_MAP_chilled_foods

- 21 Nychas, G.J.E., et al. (2008): Meat spoilage during distribution. *Meat Science*, 78(1), 77-89. [ScienceDirect]
- 22 Farkas, J. (2022): Húsipari technológiák és a hűtlánc szerepe. *Húsipar*, 70(1), 12-19. [Uni-MATE]
- 23 James, S.J., James, C. (2010): The food cold-chain and climate change. *Food Research International*, 43(7), 1944-1956. [ScienceDirect]
- 24 Leygonie, C., Britz, T.J., Hoffman, L.C. (2012): Impact of freezing and thawing on the quality of meat. *Meat Science*, 91(2), 93-98. [ScienceDirect]
- 25 Ercolini, D., et al. (2009): Spoilage bacteria in poultry meat. *Meat Science*, 82(3), 331-337. [ScienceDirect]
- 26 Szigeti, J. (2021): HACCP rendszerek a húsiparban. *Húsipar*, 69(2), 33-40. [Uni-MATE]
- 27 EFSA (2020): Salmonella and Campylobacter in chicken meat. *EFSA Journal*, 18(2), e06054. [ScienceDirect]
- 28 Barbut, S. (2015): The Science of Poultry and Meat Processing. [ScienceDirect]
- 29 Kovács, L. (2020): Ultra friss baromfihúsok minőségi jellemzői. *Húsipar*, 68(3), 22-27 [Uni-MATE]
- 30 Petracci, M., Cavani, C. (2012): Muscle growth and poultry meat quality issues. *Poultry Science*, 91(10), 2291-2296. [ScienceDirect]
- 31 Jayasena, D.D., et al. (2013): Packaging and storage of poultry meat. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 33(3), 287-296. [ScienceDirect]
- 32 Gill, C.O. (2006): Microbial growth in chilled meats. *Meat Science*, 74(1), 81-91. [ScienceDirect]
- 33 Barbut, S. (2015): Instrumental measurements of poultry meat quality. *Poultry Science*, 94(7), 1467-1474. [ScienceDirect]
- 34 Qiao, M., et al. (2001): Meat color and pH value in poultry. *Poultry Science*, 80(5), 676-682. [ScienceDirect]
- 35 Toldrá, F. (2017): Advances in instrumental methods to assess meat quality. *Meat Science*, 132, 1-7. [ScienceDirect]
- 36 Mancini, R.A., Hunt, M.C. (2005): Current research in meat color. *Meat Science*, 71(1), 100-121. [ScienceDirect]
- 37 Faustman, C., Cassens, R.G. (1990): The biochemical basis for discoloration in fresh meat: A review. *Journal of Muscle Foods*, 1(3), 217-243. [ScienceDirect]
- 38 Fletcher, D.L. (2002): Poultry meat quality. *World's Poultry Science Journal*, 58(2), 131-145. [ScienceDirect]
- 39 AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 853/2004/EK RENDELET(2004): Az állati eredetű élelmiszerek különleges higiéniai szabályainak megállapításáról.
<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004R0853:20110311:HU:PDF>
- 40 Magyarné Horváth, K. (2009): Műszeres gyorsmódszerek alkalmazása sertéshús minőségváltozásának jellemzésére. PhD-értekezés. Budapest Corvinus Egyetem, Budapest
- 41 Augustyńska-Prejsnar A, Kačániová M, Hanus P, Sokołowicz Z, Słowiński M. Microbial and Sensory Quality Changes in Broiler Chicken Breast Meat During Refrigerated Storage. *Foods*. (2024) Dec 17;13(24):4063. doi: 10.3390/foods13244063. PMID: 39767005; PMCID: PMC11675927.
- 42 “Analyze Consumer Purchase Decisions Purebred Chicken Meat in Banjarbaru City: Factor Analysis Approach”. (2024). *European Journal of Agriculture and Food Sciences* 6 (5): 1-8. <https://doi.org/10.24018/ejfood.2024.6.5.840>. <https://www.ejfood.org/index.php/ejfood/article/view/840>
- 43 Riahi M, Khalili Sadrabad E, Jebali A, Hekmati Moghaddam SH, Akrami Mohajeri F Development of a pH-Sensitive Indicator Label for the Real-Time Monitoring of Chicken Meat Freshness. *J Nutrition Fasting Health*. (2019); 7(4): 213-220. DOI: 10.22038/jnfh.2019.42963.1222 https://jnfh.mums.ac.ir/article_14212_1b51ebb652baed81913e7cfff62f3b6d.pdf
- 44 Grzybowska-Brzezińska, Mariola et al. “Shaping Poultry Meat Quality Attributes in the Context of Consumer Expectations and Preferences-A Case Study of Poland.” *Foods* (Basel, Switzerland) vol. 12,14 2694. 13 Jul. (2023), doi:10.3390/foods12142694
- 45 Khodaei, S. M., Gholami-Ahangaran, M., Karimi Sani, I., Esfandiari, Z., & Eghbaljoo, H. (2023): Application of intelligent packaging for meat products: A systematic review. *Veterinary Medicine and Science*, 9, 481–493. <https://doi.org/10.1002/vms3.1017>
- 46 Arriaga-Lorenzo P, de Jesús Maldonado-Simán E, Ramírez-Valverde R, Martínez-Hernández PA, Tirado-González DN, Saavedra-Jiménez LA. Cold chain relevance in the food safety of perishable products. *Foods and Raw Materials*. (2023) 11(1):116–128. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2023-1-559>

- 47 Fereshteh Mirjalili, Ming Ronnier Luo, Giuhua Cui, Jan Morovich (2019). „A color-difference formula for evaluating color pairs with no separation - DENS”. *Journal of the Optical Society of America* 36 (5), 189-199. o.
- 48 Enkhbold, M., Lőrincz, A., Elayan, M., Friedrich, L., Barkó, A., Csurka, T., Boros, A., Hitka, G., & Varga-Tóth, A. (2024). Effects of Lactic Acid and Ascorbic Acid Mixture on Quality Properties of Wild Red Deer (*Cervus elaphus*) Meat. *Applied Sciences*, 14(19), 8915.
- 49 de Huidobro, F. R., Miguel, E., Blázquez, B., & Onega, E. (2005). A comparison between two methods (Warner–Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Science*, 69(3), 527–536. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.09.008>
- 50 Mancini, R. A., Hunt, M. C., Hachmeister, K. A., Kropf, D. H., Feuz, R., Johnson, D. E. & Ramanathan, R., (2024) “Combined Effects of Storage Temperature, Storage Time, Display Temperature, and Display Time on Ground Beef Color and Economic Losses”, *Meat and Muscle Biology* 8(1): 18171, 1-10. doi: <https://doi.org/10.22175/mmb.18171>

9. Táblázatok és ábrák jegyzéke

1. ábra: A 0. napon vizsgált minták feliratozva (Forrás: saját kép).....	13
2. ábra: A papírzacskó, amit használtunk a kísérlet során (Forrás: saját kép).....	14
3. ábra: Az újrahasznosított PET palackokból készült öko-táska (Forrás: saját kép).....	14
4. ábra: Lascar EL-USB-2 USB Temperature & Humidity Data Logger (Forrás: saját kép).....	16
5. ábra: Efento Wireless Temperature Logger with External Probe (Forrás: saját kép).....	16
6. ábra: Adam Equipment Highland HCB 1002M-el mérem a csirkemellek tömegét, a csepegtetést követően (Forrás: saját kép).....	17
7. ábra: A megmért mintának a csomagolását is lemérem, így tudom majd kiszámolni a csepegési veszteség mértékét (Forrás: saját kép).....	17
8. ábra: A színmérés a Minolta CR-400 Chroma Meter készülékkel történt (Forrás: saját kép).....	18
9. ábra: Testo 206 típusú kézi pH-mérő, ami hőmérsékletet is mér (Forrás: saját kép).....	20
10. ábra: KERN PLJ 3500-2NM mérleg, amin a szárazanyagtartalmat mértem vissza (Forrás: saját kép).....	20
11. ábra: Maghőmérővel mértem a maghőmérsékletét a húsnak (Forrás: saját kép).....	21
12. ábra: A pontos átmérő kiszúrásához használt eszköz (Forrás: saját kép).....	22
13. ábra: A 15mm átmérőjű kiszúrt darabok (Forrás: saját kép).....	22
14. ábra: Az SMS készülék működés közben (Forrás: saját kép).....	22
15. ábra: A papírtáskába helyezett minta (Forrás: saját kép).....	23
16. ábra: A 3 párhuzamos méréshez készült zacskók (Forrás: saját kép).....	23
17. ábra: Az rPET táskák a 3 párhuzamos mérésre várva (Forrás: saját kép).....	23
18. ábra: Simán nejlon zacskókba helyezett minták és hőmérők (Forrás: saját kép).....	24
19. ábra: A vízeresztő képesség ábrázolása az idő függvényében (Forrás: saját szerkesztés).....	25
20. ábra: Az L* értékek a kísérlet napjain (Forrás: saját szerkesztés).....	26
21. ábra: A vörösségi tényezők alakulása (Forrás: saját szerkesztés).....	27
22. ábra: A b* értékek a tárolási idő függvényében (Forrás: saját szerkesztés).....	28
23. ábra: A színkülönbség értékek a 0. naphoz viszonyítva (Forrás: saját szerkesztés).....	29
24. ábra: A mért pH értékek oszlopdiagrammon ábrázolva (Forrás: saját szerkesztés).....	30
25. ábra: A szárazanyagtartalmak alakulása a 3 különböző hőmérsékleten (Forrás: saját szerkesztés).....	31
26. ábra: A főzési veszteség a tárolási idő függvényében (Forrás: saját szerkesztés).....	32
27. ábra: A TPA során mért keménységi értékek (Forrás: saját szerkesztés).....	33
28. ábra: A kitöltők 30%-a soha nem rendelt még friss élelmiszert házhhoz (Forrás: saját szerkesztés).....	36
29. ábra: A legpreferáltabb terméktípus az italok, üdítő és ásványvíz (Forrás: saját szerkesztés).....	36
1. Táblázat: A tárolási próbának a terve a mérési napokkal jelölve (Forrás: saját szerkesztés).....	15
2. Táblázat: ΔE^* értékek besorolásához segítő táblázat (Forrás: Lukács; 1982).....	19
3. Táblázat: A másodlagos csomagolások vizsgálatának eredményei (Forrás: saját szerkesztés).....	34

NYILATKOZAT

szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Novák Andrea
A Hallgató Neptun kódja: CQYV16
A dolgozat címe: A logisztikai rendszer hatásainak vizsgálata
az egyes friss élelmiszertermékek egyes
tulajdonságaira
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, 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 mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. 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 könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025. november 04.

Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

Novák Andrea (CQYV16) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

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

Kelt: 2025. november 02.



belső konzulensek

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Novák Andrea
Neptun-kódja:	CQYV16
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	☒ BSc/BA ☐ MSc/MA ☐ Doktori (PhD) ☐ Egyéb: TDK
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat
A munka címe:	A logisztikai rendszer hatásainak vizsgálata az egyes friss élelmiszertermékek egyes tulajdonságaira

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

☐ A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

☒ B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
ötletelés, nyelvi korrektúra	Perplexity ,2025	

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka **mellékletében való csatolása szükséges.**)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat	A prompt-naplót tartalmazó melléklet
----------------------	--------------------	----------	---------------------------------------	--------------------------------------

	verziója, elérhetősége	pontos sorszáma	bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Budapest, 2025. november 02.

Novák Andrea

.....

Hallgató aláírása

.....

Konzulens/Témavezető aláírása