



TDK DOLGOZAT

Enzimkezelt fagyasztott-felengedett tojásléből készült piskóta tárolás során bekövetkező változásainak vizsgálata

Evaluation of the storage stability of sponge cakes made by using enzyme-treated frozen-thawed liquid whole egg

Készítette:

Nagy Emília Gréta

BO3S06

Élelmiszermérnök alapképzés

nappali tagozat

Budai Campus

Témavezető:

Dr. Hidas Karina Ilona,

egyetemi adjunktus, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Állatitermék és
Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

**Budapest
2024.**

Tartalomjegyzék

1	BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK.....	3
2	SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	5
2.1	A TOJÁS FELÉPÍTÉSE	5
2.2	A TOJÁS TáPLÁLKOZÁS ÉLETTANI JELENTŐSÉGE	7
2.3	A TOJÁSSÁRGÁJA ÉS -FEHÉRJE KÉMIAI TULAJDONSÁGAI	8
2.4	A TOJÁSLEVEK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA	10
2.5	TOJÁSLEVEK TARTÓSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI	12
2.6	ÉLELMISZEREK FAGYASZTÁSA	13
2.7	TOJÁSLÉ FAGYASZTÁSA	14
2.8	TOJÁSLÉ FAGYASZTÁSA SORÁN AZ ÁLLOMÁNY VÁLTOZÁS MÉRSÉKLÉSÉRE ALKALMAZHATÓ MÓDSZEREK.....	15
3	ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	17
3.1	FELHASZNÁLT ANYAGOK	17
3.2	MÓDSZEREK	17
3.2.1	<i>A tojáslevek előkészítése, enzimkezelés elvégzése</i>	<i>17</i>
3.2.2	<i>A teljes tojáslé habképződésének és habstabilitásának vizsgálata</i>	<i>19</i>
3.2.3	<i>Piskóta készítése</i>	<i>20</i>
3.2.4	<i>A piskóta minták objektív színmérése</i>	<i>21</i>
3.2.5	<i>A piskóta minták állománymérése</i>	<i>22</i>
3.2.6	<i>Érzékszervi bírálat.....</i>	<i>23</i>
3.2.7	<i>Az eredmények statisztikai értékelése</i>	<i>24</i>
4	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	25
4.1	A FAGYASZTÁS-FELENGEDTETÉS ÉS AZ ENZIMKEZELÉS HATÁSAI A TELJES TOJÁSLÉ HABKÉPZŐDÉSRE ÉS HABSTABILITÁSRA.....	25
4.2	PISKÓTA MINTÁK OBJEKTÍV SZÍNMRÉSÉNEK EREDMÉNYE	27
4.2.1	<i>Az L^* világossági tényező változásai.....</i>	<i>27</i>
4.2.2	<i>Az a^* színtényező változásai.....</i>	<i>28</i>
4.2.3	<i>A b^* színtényező változásai.....</i>	<i>29</i>
4.2.4	<i>A színingerkülönbség értékek változásai</i>	<i>30</i>
4.3	PISKÓTA MINTÁK ÁLLOMÁNYSZÍNMRÉSÉNEK EREDMÉNYE	32
4.4	ÉRZÉKSZERV BÍRÁLAT EREDMÉNYEI.....	37
5	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	39
6	ÖSSZEFOGLALÁS	41

7	IRODALOMJEGYZÉK	43
8	ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....	48
8.1	ÁBRAJEGYZÉK	48
8.2	TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....	49

1 Bevezetés és célkitűzések

Az élelmiszeriparban egyre inkább szükség van hosszabb minőségmegőrzési idővel rendelkező alapanyagok használatára. A klasszikus héjas tojás alkalmazását mára felváltották a különböző feldolgozott tojástermékek (tojáslevek, tojásporok). A tojás a kevert süteménygyártás legfontosabb összetevője a habképző funkciós tulajdonságai miatt. Ezért a tojás minősége rendkívül meghatározó tényező a kívánt süteményminőség eléréséhez. Az ipari piskótagyártás esetében egyértelmű növekedés tapasztalható a tojáslevek alkalmazásában, ez pedig főként a könnyebb felhasználásnak, adagolásnak köszönhető.

Viszont fontos megjegyezni, hogy a tojáslé gyártás során, a héj feltörésével a tojás természetes védelme a mikrobákkal szemben gyakorlatilag megszűnik. Így a tojásleveket szükséges valamilyen módon tartósítani. Ennek leggyakoribb eszköze az ipari gyakorlatban a pasztörözés. De még pasztörözés mellett is a tojáslevek eltarthatósága csupán néhány hét. Egy másik lehetséges tartósítási mód a fagyasztás, amivel hosszabban eltartható termék érhető el.

Ugyanakkor a legtöbb tojáslé tartósítási módszer, akár a fagyasztás, kedvezőtlen hatást gyakorolhatnak a tojásfehérjék funkcionális tulajdonságaira, például habképző tulajdonságára, ezáltal romolhat a piskóta fizikai minősége, kevésbé légies süteményt eredményez. A rossz minőségű termék pedig a vevők elégedetlenségéhez és a fogyasztói kereslet csökkenéséhez vezethet. Tehát a végső cél nemcsak a tojáslevek hosszabb eltarthatósága lenne, hanem a tojás eredeti funkcionális tulajdonságainak megőrzése is.

Korábbi kutatások, illetve a szakirodalom alapján tudjuk, hogy szerencsére a fagyasztás nemkívánatos hatásai csökkenthetőek, különböző hozzáadott anyagok alkalmazásával. A nem kívánatos hatásokat csökkentő módszerek közül ígéretesnek bizonyul a fagyasztást megelőző enzimkezelés. Friss publikációk azt mutatják, hogy ezzel megőrizhetők a tojássárgájale és a teljes tojáslé reológiai tulajdonságai a fagyasztás-felengedtetés során.

További eredmények eléréséhez, fontosnak tartom feltárni mind a fagyasztás-felengedtetés, az enzimkezelés, és az enzimkezelés-fagyasztás-felengedtetés hatásait a tojáslevekre és az azokból készült piskóta minőségére, stabilitására. Ebben a tanulmányban tehát az enzimkezelt fagyasztott-felengedtetett teljes tojáslé hatását vizsgálom a piskótatészta stabilitására és minőségi jellemzőire.

A pályamunkám célkitűzései közé tartoznak:

- Megvizsgálni, hogy a pasztörözött teljes tojáslé (későbbiekben: kontroll) habképződésére és habstabilitására milyen hatással vannak az általam alkalmazott

tartósító módszerek, melyek a következők: fagyasztás; 0,3% (m/m) enzimkészítménnyel való kezelés; továbbá a két előbbi módszer kombinációja.

- A kontroll, a fagyasztott-kontroll, az enzimkezelt és az enzimkezelt-fagyasztott teljes tojáslevek mindegyikéből piskótát készíteni, majd 3 hetes tárolási időtartam alatt megfigyelni a minták állományában bekövetkező esetleges változásokat.
- Megfigyelni meghatározott időközönként a különböző piskóta minták színbeli változásait, objektív színméréssel.
- Megállapítani, hogy 12 fős, laikus bíráló csoport képes-e különbséget tenni a különböző piskóta minták között a piskóták készítését követő napon.

pórusok eltömítésével biztosít. A kutikula a héjról könnyen eltávolítható, akár a tojások gyenge savoldatba áztatásával, akár, ha vízzel lemossuk. Tehát a tojások mosása gyakran elősegíti a baktériumok tojásba való bejutását (Okubo et al.1997).

Az **albumin** vagy tojásfehérje a tojás tömegének körülbelül 60%-át teszi ki, és négy különálló rétegből áll, ahogy az 1. ábra is szemlélteti. Az első a szikhártyával határos, továbbá a jégzsínórban folytatódó *belső sűrű fehérje*, mely a legvékonyabb fehérjeréteg. A második a *belső híg fehérje* réteg, amit a következő *külső sűrűfehérje* réteg vesz körül. A legkülső, azaz negyedik réteg pedig a *vékony külső fehérje* (Stadelman, 1995). Az egyes rétegek százalékos megoszlása rendre körülbelül 2,7%, 16,8%, 57,3%, illetve 23,3%, (Burley és Vadehra 1989). Az arányok azonban változhatnak, hiszen nagymértékben függenek a tojótyúk fajtájától, korától, a környezeti feltételektől, a tojás méretétől, a termelés mértékétől, de még a tojás életkorától is (Li-Chan et al. 1995). A sűrűfehérje viszkozitása sokkal magasabb, mint a hígfehérje viszkozitása. Ez a magas viszkozitás a magas ovomucin tartalomnak köszönhető, amelynek koncentrációja négyszer akkora a sűrűfehérjében, mint a hígfehérjében. A friss tojásban sűrűfehérje borítja a belső hígfehérjét, a jégzsínóros fehérjeréteget, segíti a tojássárgáját a tojás közepén tartani. A külső sűrűfehérje közvetlenül érintkezik a héj membránjával is (Okubo et al.1997).

A **jégzsínóros fehérje réteg** egy rostos réteg, mely közvetlenül befedi a teljes tojássárgáját. A tojás hosszanti tengelyében a jégzsínóros réteg a sárgájahártya mindkét oldalán megcsavarodik, és vastag, spirál alakú szerkezetet alkot, ezt nevezzük jégzsínórnak. A jégzsínór a tojás hegyesebbik végén az óramutató járásával megegyező irányba, a másik végén pedig az óramutató járásával ellentétes irányba csavarodik. A jégzsínór mindkét oldalon benyúlik a vastag fehérjerétegbe, ezzel a tojás közepére függesztve a tojássárgáját (Okubo et al.1997). A tojás frissességet is lehet így vizsgálni, mivel a friss tojásban a sárgája közepén helyezkedik el.

A **sárgája** egy komplex rendszer, amely különféle részecskéket tartalmaz fehérjeoldatban szuszpendálva, külsejét pedig szikhártya veszi körül (Mine, 2008). A tojássárgája gazdag a zsírszerű anyagokban, melyből az egyszerű zsírok (trigliceridek) közel 66%-ot tesznek ki, míg a maradék rész főként foszfolipidekből, koleszterinből áll (Nys és Guyot, 2011). A tojássárgája lipideken és fehérjéken kívül tartalmaz vitaminokat és ásványi anyagokat is. A karotinoidok, amik a sárga színt adják kevesebb, mint 1%-ban vannak jelen, ezekből a szervezet A vitamint képes szintetizálni. Található a tojássárgájában nikotinsav (B3 vitamin), pantoténsav (B5 vitamin), valamint D és E vitamin is. Az ásványianyagok közül a foszfor, kén, kalcium, kálium és nátrium jelentős (Seuss-Baum, 2007). A tojássárgája fő részét kétféle lipoprotein emulzió teszi ki, a mélysárga és a világossárga szikrétegek. A világos szikréteg tömege kevesebb, mint

a teljes tojássárgájának 2%-a. A mélysárga színű nappal képződik, a világossárga sárgája éjszaka képződik, amikor a vérsérum fehérjekoncentrációja alacsonyabb, mint nappal. A világossárga sárgája réteg (0,25-0,42 mm vastag) és a mélysárga sárgája réteg (kb. 2 mm vastag) felváltva, egymáson koncentrikusan elhelyezkedve jelennek meg. A tojássárgája ilyen réteges szerkezetének jelenléte akkor figyelhető meg jól, amikor egy olyan tyúktojást, amelyet időnként intravénásan olajban oldódó pigmenttel fecskendeztek be, keményre főznek. A tojássárgája tartalmazza a latebrát és csírafoltot is (Okubo et al.1997).

A *latebra* a tojássárgája közepén helyezkedik el, és egy csőszerű szálon keresztül kapcsolódik a csírafolthoz. A csírafolt magjában lévő embrionális korong (2-3 mm átmérőjű) az embrió fejlődésének helye (Okubo et al.1997).

2.2 A tojás táplálkozás élettani jelentősége

A különböző madarak tojásai az ember számára kiváló tápanyagforrásként ismeretesek, és már ősidők óta az emberi táplálkozás részét képezik (Mine, 2008). A tojás biológiai értéke az anyatejhez hasonló, hiszen számos összetevője megtalálható az anyatejben is, szinte teljesen megegyező arányban (Légrády, 2001; Rodler, 2005; Áprily és Sütő, 2013).

A tojás körülbelül 59% fehérjéből, 31% sárgájából és 10% héjből tevődik össze. A tyúktojás ehető részét tekintve, nagyrésze (74,4%-a) víz, ezenkívül két jelentősebb tápanyagot tartalmaz: fehérjék (12,3%) és ezzel egyenértékű lipidek (11,6%). A C vitamin kivételével, gyakorlatilag minden vitamin jelentős mennyiségben és könnyen hasznosítható formában megtalálható a tojásban, valamint az egyes biológiai folyamatokban nélkülözhetetlen ásványi sók és nyomelemek is. Fontos foszfor és kén forrás (Légrády, 2001; Szilvássy, 2004).

Ezenkívül a tojás forrása a könnyen emészthető zsíroknak: kolin, kefalín, foszfolipidek, telítetlen zsírsavak és koleszterin. A tojás optimális arányban tartalmazza a telített- és telítetlen zsírsavakat (Nys és Guyot, 2011).

Mindezen túl a tojás alacsony kalóriatartalom mellett (148 kcal 100 g-ban), jó fehérjeforrásnak bizonyul. Hozzájárul az ember tápanyag szükségletének kielégítéséhez, hiszen lizinben és kéntartalmú aminosavakban gazdag (Nys és Guyot, 2011). A tojásban 40-féle magas tápértékű fehérje található, melyek 18-féle aminosavat, ebből 9 esszenciális aminosavat tartalmaznak. Utóbbiakat a szervezet nem képes előállítani, azonban elengedhetetlenül szükségesek az emberi test számára (Rossi, Casiraghi, Primavesi, Pompei, és Hidalgo, 2010).

Kedvező tápértékei mellett, a tojást különböző termékek alapanyagaként is gyakran használják, többfunkciós tulajdonságainak köszönhetően, mint például habzó, emulgeáló, zselésítő, sűrítő, színező és ízesítő tulajdonságai, amelyek mindegyike hozzájárul az

élelmiszerek állagához és érzékszervi tulajdonságaihoz (Rossi, Casiraghi, Primavesi, Pompei, és Hidalgo, 2010).

2.3 A tojássárgája és -fehérje kémiai tulajdonságai

Az **albumin** fő alkotóeleme a víz, összes szárazanyag-tartalma 11-13% között van. Az albumin szárazanyag-tartalmát főként fehérje teszi ki. Az albumin fehérjetartalmát jelentősen befolyásolja a madár életkora. A sárgájától mentes fehérjében a lipidek mennyisége elenyésző. Az albumin szénhidrátjai szabad formában és fehérjével összekapcsolódott formában is léteznek. A szabad szénhidrát mennyisége általában glükóz formájában van jelen. Ez a glükóz az albumin 0,4%-át jelenti, további 0,5% szénhidrát pedig glikoproteinek formájában található meg (Stadelman, 1995).

A tojásfehérjében lévő fő fehérjék, amelyeket részletesebben az 1.táblázat mutat be: ovotranszferrin (konalbumin), ovalbumin, ovomucoid, ovoglobulinok (G2 és G3), flavoprotein, ovoinhibitor. A tojásfehérje fő ásványi anyagai a kén, kálium, nátrium, klór; foszfor. Kisebb mennyiségben ugyan, de kalcium és magnézium szintén található benne. Az albumin nem tartalmaz zsírban oldódó vitaminokat, viszont jelentős arányban tartalmazza a vízben oldódó vitaminokat, beleértve a biotint, niacint és riboflavint (Mine, 2008).

1. táblázat: Tojásfehérjében található főfehérjék és tulajdonságaik (Stadelman, 1995 nyomán)

Fehérje	Jellemzők	Izoelektromos pont	Denaturációs hőmérséklet (°C) ^a
Ovalbumin	Foszfoglikoprotein	4,5	84,0
Ovotranszferin	Megköti a fémionokat	6,1	61,0
Ovomucoid	Tripszin inhibitor	4,1	79,0
Ovomucin	Viszkózus	4,5-5,0	-
Lizozim	Egyes mikroorganizmusok ellen hat	10,7	75,0
G ₂ globulin	-	5,5	92,5
G ₃ globulin	-	4,8	-
Ovoinhibitor	Gátolja a szerin proteázokat	5,1	-
Ovoglikoprotein	-	3,9	-
Ovoflavoprotein	Megköti a riboflavint	4,0	-
Ovomakroglobulin	Erősen antigén	4,5	-
Cisztein	Gátolja a tiol-proteázokat	5,1	-
Avidin	Megköti a biotint	10	85,0

^aDenaturációs hőmérséklet vízben vagy pufferben.

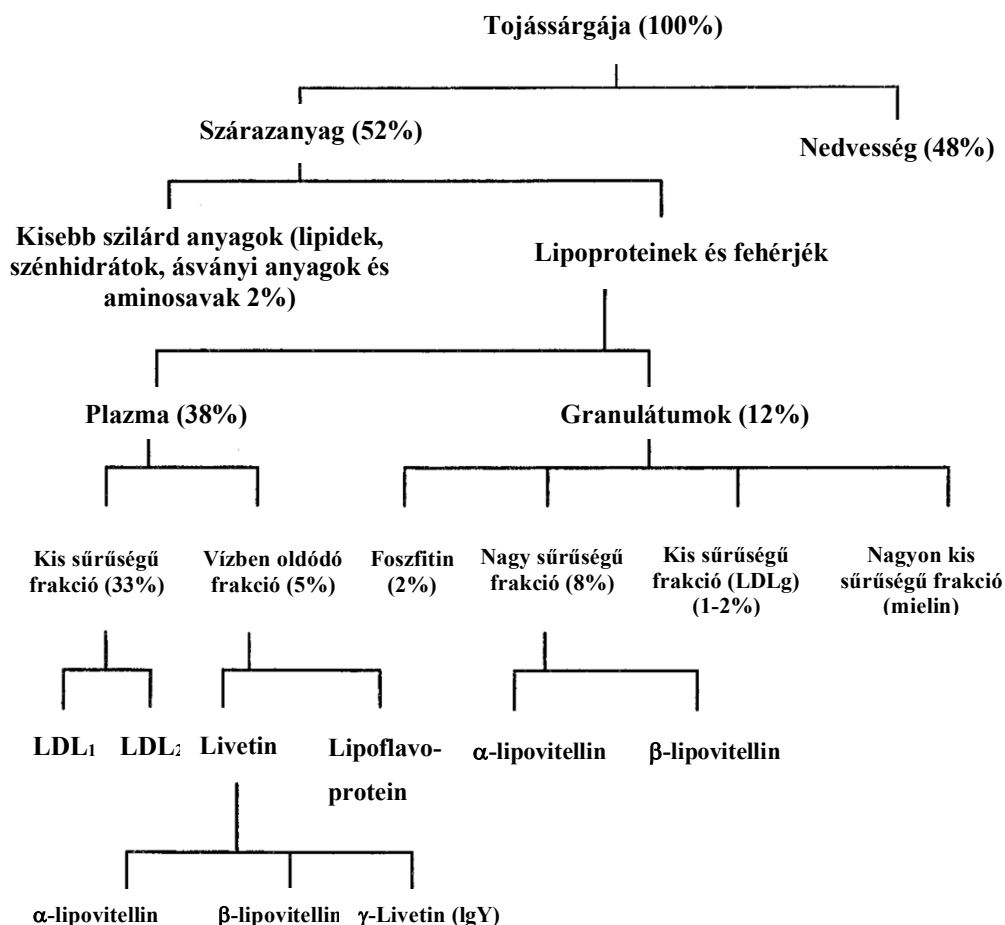
A *tojássárgája* általános összetételét a 2. ábra jól szemlélteti, miszerint szárazanyagtartalma 50% körül van, amelyből a lipidek 65-70%-ot és a fehérjék 30%-ot tesznek ki. A tojás összes lipid tartalma a sárgájában lelhető fel, ahol fehérjékhez kötődve lipoproteineket képeznek. A sárgája lipid készletét nagyrészen (65%-ban) a trigliceridek, ezenkívül foszfolipidek (31%-ban) és koleszterin (4%-ban) alkotják (Nys és Guyot, 2011).

A tojássárgája centrifugálással szétválasztható plazma és granulátum frakciókra. A *plazma* az összes folyékony sárgája körülbelül 78%-át teszi ki; és körülbelül 51% szilárd anyagot tartalmaz. A plazma szárazanyagtartalma elsősorban lipidből (80%), továbbá 2% hamuból és 18% nem lipid anyagból, többnyire fehérjéből áll. A *granulátumok* viszont körülbelül 34% lipidet, 60% fehérjét és 5% hamut tartalmaznak szárazanyagtartalmukat tekintve (Mine, 2008).

Néhány *szabad globuláris fehérje*, például livetin, foszfitin, illetve néhány minor fehérje van jelen a tojássárgájában. A livetinek szérumalbuminból (α -livetin), glikoproteinekből (β -livetin) és immunglobulinokból (γ -livetin) épülnek. A legtöbb tojássárgájában található fehérje azonban lipidekhez kötődik, ezeket nevezzük lipoproteineknek. Megkülönböztetjük az *alacsony sűrűségű lipoproteineket* (LDL=Low Density Lipoproteins) és *nagy sűrűségű lipoproteineket* (HDL=High Density Lipoproteins). Az LDL képviseli a tojássárgája szárazanyagának 68%-át, míg a HDL mennyisége körülbelül 16% (Nys és Guyot, 2011).

Az alacsony sűrűségű lipoprotein (LDL) felelős a sárgája funkcionális tulajdonságaiért, különösen emulgeáló képességéért. A HDL α - és β -lipovitellinekből áll, amelyek aminosav-összetételükben, valamint a megkötött foszforban és szénhidrátban különböznek egymástól. Az α - és β -lipovitellinek aránya a tojássárgája granulátumokban genetikai alapú. A nagy sűrűségű lipoprotein hatékonyabb antioxidáns, mint az alacsony sűrűségű lipoprotein, emellett a β -HDL ellenáll a hőnek (Mine, 2008).

2.ábra: Tojássárgája összetétele (Li-Chan et al. 1995, 6. fejezet nyomán)



2.4 A tojáslevek gyártástechnológiája

A tojást alapanyagként használó élelmiszergyártók, mint például pékségek, cukrászdák, nagyüzemi péksütemények gyártók, szárasztészta gyártók előnyben részesítik a klasszikus héjas tojással szemben a különféle feldolgozott tojástermékeket (teljes tojáslé, tojásfehérje lé, tojássárgája lé, valamint a porított formák) a könnyebb kezelhetőség és az alacsonyabb mikrobiológiai kockázat miatt. A feldolgozott tojástermékeket tekintve a tojásleveket alkalmazzák szívesebben, mert jobban megőrzik a natív tojás kedvező tulajdonságait. Azonban a folyékony tojástermékek eltarthatósága rövid, gyorsan romlanak (Németh et al., 2011).

Ebben a fejezetben a tojásfeldolgozás általános technológiáját szeretném bemutatni. A 4. ábra a tojás feldolgozási lépések közül a mosást, fertőtlenítést, törést és szivattyúzást, berendezésekkel együtt ábrázolja.

Először is csak olyan tojás dolgozható fel, mely hatósági állatorvos által vizsgált baromfitelepről származik. A baromfitelepről történő szállítást a feldolgozó üzemnél való átvétel követi. A tojások átvétele történhet mennyiség, illetve tömeg alapján. A friss tojást átvételkor osztályozzák, ezt követően hűtőtároló helyiségben helyezik el. A tojásokat feldolgozás előtt a könnyebb mozgathatóság és hozzáférhetőség érdekében tálcákra helyezik. A tojások héját a törés előtt mechanikusan tisztítják és fertőtlenítik, a mikrobák tojásba való bejutásának megakadályozása végett (Németh, 2012).

3.ábra: Tojástörő gép egy részegysége (http2)



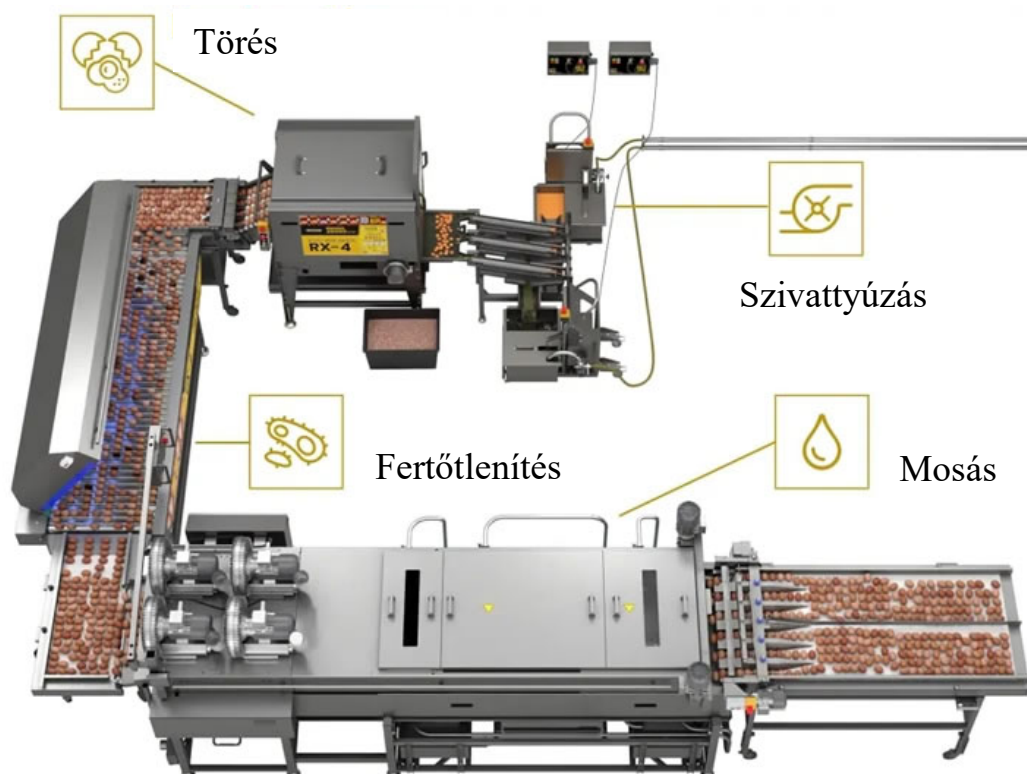
A megtisztított tojásokat a tojástörő berendezés feltöri, majd szeparálja a héjat és általában a tojásalkotókat is különválasztja, a 3. ábrán látható módon. A modern tojástörő gépek óránként akár 226 000 tojást is fel tudnak törni és szétválasztani. Ezek a gépek javították a higiéniai feltételeket és csökkentették az üzemekben a szükséges munkaerő számát. Noha ezek a gépek hatékonyak, a kezelőknek figyelniük kell arra, hogy a tojásfehérje ne tartalmazhasson túlzott mértékben sárgáját, mert az a fehérje felferhető képességét gátolja.

A tojásfeldolgozó üzemekben a fehérje sárgájával való szennyezettségének felső határa általában 0,05%, az optimális habzási tulajdonságok biztosítása érdekében. A tojástörő eszközöket körülbelül 4 óránként, vagy szükség esetén gyakrabban is tisztítani és fertőtleníteni kell. Törés után pedig a tojáslevek szűrése és homogenizálása következik. A szűrés célja a véletlenül lébe került héjrészek eltávolítása. Homogenizálást követően a tojáslevegő úgynevezett puffertartályokba kerül, ahol a további feldolgozásig 4°C-on tartják. (Mine, 2008).

A tojás feltörésével, a héjat belülről fedő keratin hártya és a fehérjében található védelmi anyagok védőhatása megszűnik, ezért a tojáslevegő kiváló táptalajjá válik a mikrobák számára. Ezért a tojásfeldolgozás egyik leglényegesebb lépése a pasztörizálás, aminek célja tehát a mikrobaszám csökkentése és az eltarthatóság növelése. Viszont figyelembe kell venni, hogy a tojásban található fehérjék hőre érzékenyek, magas hőmérsékleten denaturálódnak. A hőkezelt tojáslevegőt kannákba vagy karton dobozokba töltik és hűtve tárolják. A kész tojáslevegő termékeket eljuttatják a további feldolgozókhöz és a fogyasztókhoz. A tojásfeldolgozás melléktermékeként

keletkező tojáshéjat megszáritva és megőrölve haszonállatok takarmányába vagy hobbi állatok eledelébe keverve forgalmazzák (Németh, 2012).

4.ábra: Tojásfeldolgozás egyes technológiai lépései (http3)



2.5 Tojáslevek tartósításának lehetőségei

A pasztörözés a tojáslevek hőkezelésének általános nemzetközi módszere. Pasztörözéssel biztosítható a tojáslevek mikrobiológiai biztonsága, viszont ez negatívan befolyásolhatja az érzékszervi és funkcionális tulajdonságait is a tojásleveknek, például csökkent emulgeáló, habzó vagy zselésítő képesség. Ezenkívül a pasztörözött tojásleveket hűtve kell tárolni, 4 °C-on, ily módon is csupán 2-3 hétig tárolhatók. E hátrányok kiküszöbölésére újabb és újabb feldolgozási módszerek kerülnek elfogadásra, mint például a nagy hidrosztatikus nyomású (HHP) kezelés, az ultrahang (US), az ultraibolya fény (UV), pulzáló elektromos mező (PEF). Ezek a módszerek nemcsak az élelmiszer-eredetű kórokozók hatékony felszámolására képesek, de tovább növelik az eltarthatóságot is, emellett megtartják a tojáslevek fizikai-kémiai integritását is (Wang et al. 2024).

Kutatások szerint, a legtöbb patogén baktérium esetében, az egyes kezelések kombinációja még jobb eredményeket hozhat, mint egy-egy kezelés önálló alkalmazása (Huang et al. 2006; Zhang et al. 2020, Wang et al. 2024). Egy szintén lehetséges tartósítási megoldás a tojáslevek fagyasztása, és fagyasztva tárolása a hőkezelést követően (Hidas, 2022).

2.6 *Élelmiszerek fagyasztása*

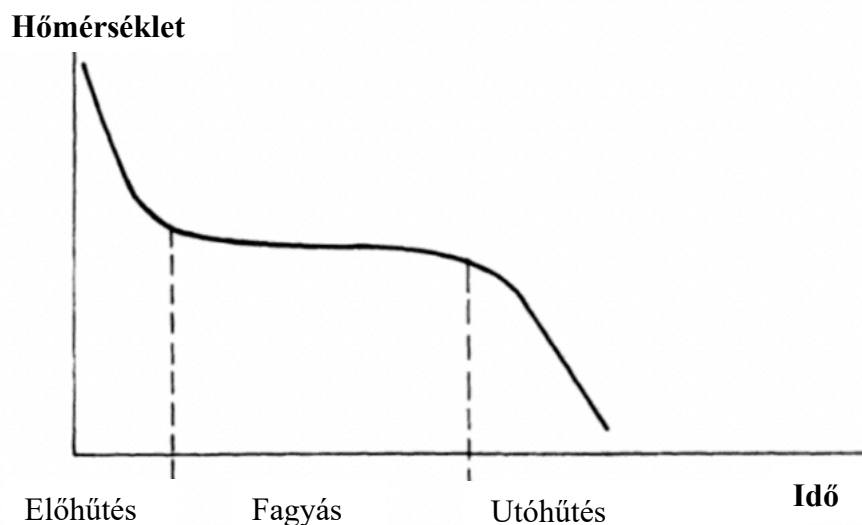
Az élelmiszerek fagyasztását, mint tartósító eljárás, már évezredek óta alkalmazzák, habár a természetes és mesterséges fagyasztás határvonala korántsem egyértelmű. Azonban 1755-ben egy skót professzor, William Cullen elkészítette az első olyan berendezést, mely kis mennyiségű jég előállítására volt képes mesterségesen. A következő 100 évben, több feltaláló által kifejlesztették az első fagyasztó gépeket, ezzel a fagyasztás, mint kereskedelmi tartósítási eljárás, egyre szélesebb körben elterjedt az 1870-es évek végére. A fagyasztás az egyetlen olyan nagyszabású módszer, ami az évszakok és a kereslet-kínálat béli változások áthidalására alkalmas. A fagyasztás lehetőséget nyújt élelmiszerek jelentős mennyiségű és távoli helyekre való eljuttatására (Persson és Löndahl, 1993).

Ezért napjainkban a fagyasztás az egyik legelterjedtebben alkalmazott tartósító eljárás, amely ugyan hatékony és megfizethető tartósítási technika, azonban megvannak a maga hátrányai és korlátai (Fang et al., 2021).

Tartósító hatásának alapelve, hogy hőmérséklet csökkentés hatására a víz egy része jéggé alakul, ezzel a termékben maradó oldat koncentrációja megnő, vízaktivitása viszont lecsökken, a legtöbb mikroba pedig alacsony hőmérsékleten és alacsony vízaktivitás érték mellett nem szaporodik (Balla és Sáray, 2002). Egy hátránya a fagyasztásnak, hogy a jégképződés okozta térfogatváltozás károsíthatja az élelmiszerek struktúráját (Fang et al., 2021).

Ha a fagyasztási folyamat során egy adott pontot veszünk figyelembe a termékben, a hőmérséklet-változás három szakaszát lehet meghatározni: előhűtés, fagyás és utóhűtés. Az 5. ábrán megfigyelhetők ezen szakaszok. Az előfagyasztási szakasz az az időtartam, amely egy nagyobb hőmérsékletű termék fagyasztási folyamat alá vetésének pillanatától, a víz kristályosodásának kezdetéig eltelik. A fagyási szakasz, amely alatt a hőmérséklet az adott ponton szinte állandó, mivel a hőelvonás hatására a víz nagy része jéggé változik. Az utóhűtés az az időtartam, amely alatt a hőmérsékletet arról a hőmérsékletről, amelyen a fagyasztható víz nagy része jéggé alakult, a tervezett végső hőmérsékletre csökkentik. A végső hőmérséklet, amikor a termék bármely részén elérjük a tárolási hőmérsékletet, beleértve a termikus középpontot, vagy elérjük a kiegyenlítési hőmérsékletet (Mallet et al. 1993).

5.ábra: A fagyasztási folyamat részei hőmérséklet-idő függvényében
(Frozen Food Technology, Mallet et al. 1993 nyomán)



2.7 Tojáslé fagyasztása

A fagyasztás megkönnyíti a tojástermékek tartósítását és gyártását. Viszont fagyasztás és felengedtetés után a tojássárgájának és fehérjének keveréke inhomogénné válhat, aggregálódhat, és akár gélesedhet is. Torten és Eisenberg (1982) a **teljes tojáslé** kolloid tulajdonságainak fagyás okozta változásait tanulmányozta. A fagyasztás utáni teljes tojásmintákban a viszkozitás és a felületi feszültség növekedését mutatták ki. Ezen eredmények alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a fagyasztási folyamat irreverzibilis változást okoz a tojáslé tulajdonságaiban. Véletlenszerű intermolekuláris érintkezések révén komplexek jönnek létre, amelyek a felengedtetés után csomós megjelenést eredményeznek a sárgája-fehérje keverékben. Tehát a fagyasztás jelentős szerkezeti változásokhoz vezethet a tojástermékekben (Zhang et al. 2013). A teljes tojáslé azonban kevésbé gélesedik a fagyasztás során, mint a sárgája. Ezenkívül a fagyasztás minimális mértékben befolyásolja a funkcionális tulajdonságait a teljes tojáslének (Mine, 2008).

A **tojásfehérjét** a fagyasztás csak minimálisan befolyásolja. Bizonyos mértékű elvékonyodása tapasztalható, de funkcionális tulajdonságait nem változtatja meg jelentősen a fagyasztás. Emellett a kutatások nem mutattak ki változást az elektroferetikus vagy kromatográfiás mintázatokban a fagyás következtében (Stadelman és Cotterill 1995). Clinger és társai (1951) kijelentették, hogy a fagyasztott tojásfehérjéből készült süteményeknél majdnem olyan térfogat érhető el, mint a friss tojásfehérjéből készült süteményeknél.

A **tojássárgája** fagyasztása és -6 °C alatti tárolása viszkozitás növekedéshez, és gélesedéshez vezet. Zselés állaga miatt a fagyasztott felengedtetett tojássárgája nehezen feldolgozható, keverhető össze más összetevőkkel és nemkívánatos a megjelenése. Általánosságban megfigyelték, hogy a gélesedés irreverzibilis folyamat, azonban Palmer és társai (1970) azt állapították meg, hogy a felengedtetett sárgáját 45-55 °C-on 1 órán át melegítve részben csökkenthető a gélesedés mértéke (Cotterill, 1995). Lopez és munkatársai (1954) kutatásukban azt állapították meg, hogy a tojássárgája gélesedése nem következik be, ha túlhűtéssel vagy nagy fagyasztási sebességgel fagyasztják a tojássárgáját, azonban Hidas (2022) kutatása részben ellent mond ennek a megállapításnak. Mivel Hidas (2022) tojássárgájálé folyékony nitrogénnel történő fagyasztása során megállapította, hogy ugyan kisebb mértékben, de gélesedett a tojássárgájálé, nem őrizte meg a tojássárgája eredeti tulajdonságait. Mindenesetre az belátható, hogy a fagyasztási sebesség, a fagyasztási hőmérséklet és a felengedtetés körülményei alapvető szerepet játszanak a tojássárgája gélesedésének szabályozásában. Célszerű a tojássárgája gélesedésének minimalizálása, ha azt később élelmiszerek összetevőjeként használják. Az LDL, a tojássárgája fő lipoproteinje, az elsődleges komponens, amelyet a fagyasztás megváltoztat (Mine, 2008).

2.8 Tojáslé fagyasztása során az állomány változás mérséklésére alkalmazható módszerek

Moran (1925) számolt be először arról, hogy a szacharózt fel lehet használni a **sárgája** gélesedésének szabályozására. A gélesedés gátlása ezenkívül elérhető krioprotektív szerek, proteolitikus enzimek vagy mechanikai kezelések (például homogenizálás, kolloid őrlés vagy túlzott keverés) alkalmazásával, melyek megakadályozzák a jégkristályok képződését és a tojássárgája fizikai-kémiai körülményeinek megváltozását (Wang, 2018). Az egyik lehetséges mechanizmus az, hogy az oldott anyagok csökkentik a termékek fagyáspontját, ezáltal gátolják a fagyasztás okozta fehérjedenaturációt (Burley és Vadehra, 1989, Zhang et al. 2013).

Lopez és munkatársai (1954) a só és szacharóz mellett, más adalékanyagokat, például glükózt, arabinózt, galaktózt, glicerint, szorbitot és propilén-glikolt szintén hatékonynak találtak a tojássárgája gélesedésének szabályozásában. Továbbá arról is beszámoltak, hogy a proteolitikus enzimekkel kezelt tojássárgája minták közül csak a papain enzimmal kezelt esetben volt igazán sikeres a gélesedés gátlása, amellet, hogy az enzim nem befolyásolta komolyan a sárgája érzékszervi tulajdonságait (Lopez et al. 1954). Ezenkívül egy korábbi kutatásban azt is megfigyelték, hogy a sárgája hígítása tojásfehérjével szintén csökkenti a gélesedés mértékét (Cotterill, 1995).

A fagyasztott **teljes tojáslé** felengedésekor észlelhető gélesedés mértéke kevésbé drasztikus, mint a fagyasztott sárgájánál. Az adalékanyagok és a különböző mechanikai kezelések enyhítő hatása a gélesedésre hasonló, mint a tojássárgájánál (Cotterill, 1995).

Egy friss kutatás szerint, az aminoszteridáz aktivitású Biocatalysts Flavorpro™ 750MDP enzimkészítmény hatásosan alkalmazható tojássárgájálé és teljes tojáslé esetében is 0,3 m/m%-os koncentrációban. Ezen kutatásban alkalmazott enzimkezeléssel a fagyasztott-felengedtetett tojáslevek nagymértékben megőrizték a friss tojáslevek jellemző reológiai tulajdonságokat. Hidas (2022) összehasonlította a különböző koncentrációkban enzimkezelt mintákat a szacharózzal, illetve konyhasóval kezelt mintákkal, és kimutatta, hogy a csupán 0,05 m/m%-os koncentrációban enzimkezelt minta reológiai tulajdonságai is jobban hasonlítanak a friss tojáséhoz, mint a szacharózzal vagy konyhasóval, legelőnyösebb koncentrációban, kezelt tojáslevek.

Ezek alapján jelenleg ez a fajta enzimkezelési módszer tűnik a legmegfelelőbbnek a tojáslé fagyasztása során bekövetkező gélesedés, állomány változás megakadályozására. Azonban az még nem egyértelmű, hogy az aminoszteridáz aktivitású enzimkészítmény milyen hatással van, ezekből az enzimkezelt-fagyasztott-felengedtetett tojáslevekből készülő, késztermékek gyártására, azok technofunkciós és érzékszervi tulajdonságaira (Hidas, 2022).

Az említett enzimkészítmény hatásának vizsgálata a piskótákra igencsak fontos, hiszen hiába megfelelő módszer ez a tojáslevek fagyasztással történő tartósítására, ha a késztermék minőségére mégis negatív hatást gyakorol. Ilyen negatív hatás lehet a piskóták esetében például a megszokottól eltérő szín, a keményebb, gumisabb állag, a kisebb térfogat. Példának okáért: Uysal és munkatársai (2019) megfigyelték, hogy a 68 °C-on 2 és 5 percig hőkezelt teljes tojásléből készült piskótájuk kisebb porozitást, kisebb fajlagos térfogatot, keményebb, illetve gumisabb piskótát eredményezett, mint a friss tojásból készülté. Ezenkívül színbeli eltérést is tapasztaltak a hőkezelt tojásléből és a friss tojásléből készült piskóta minták között (Uysal, 2019). Emellett Hidas (2022) kutatásában megállapította, hogy a fagyasztott teljes tojásléből készült piskóta szintén keményebb és gumisabb lett, a rugalmassága és a kohézió értéke csökkent.

Dolgozatomban tehát szeretnék választ kapni arra, hogy az enzimkezelt-fagyasztott-felengedtetett teljes tojásléből készült termék (piskóta) mennyiben különbözik a nem fagyasztott teljes tojásléből készült piskótától, mind érzékszervileg, mind állományukban, és vajon elérhető az enzimkezelt-fagyasztott-felengedtetett teljes tojásléből készült piskótánál ugyanazon minőség, mint a kontroll piskótánál.

3 Anyagok és módszerek

3.1 Felhasznált anyagok

A kísérletemhez használt *pasztörözött teljes tojáslé* mintákat a Capriovus Kft. biztosította számomra. 1 kg pasztörözött teljes tojáslé megközelítőleg 22 db átlagos tömegű tojás beltartalmát tartalmazza. Összesen 4 kg teljes tojáslére volt szükségem, amit a vizsgálat megkezdéséig 0 és +4°C közötti hőmérsékleten tároltam laboratóriumi hűtőszekrényben. Kísérletem során a tojáslé feléhez *enzimkészítményt* adtam, hogy vizsgáljam mind a tojáslére, mind az abból készült késztermékre, azaz a piskótára gyakorolt hatását. Az általam alkalmazott enzimkészítmény neve: Biocatalysts Flavorpro™ 750MDP, ami egy *Aspergillus oryzae* által termeltetett élelmiszeripari minőségű aminoszteridáz enzimkészítmény.

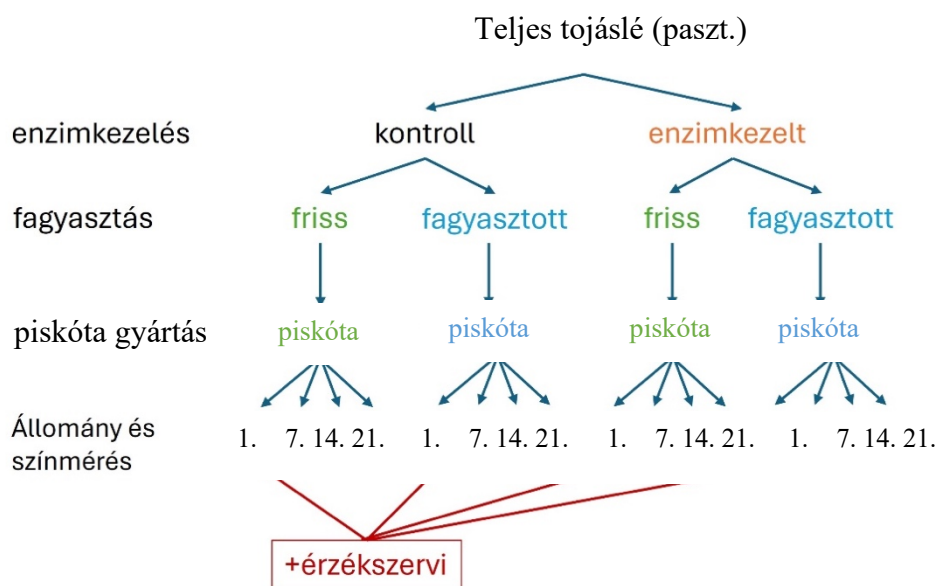
Továbbá a piskóták elkészítéséhez szükségem volt még kereskedelmi forgalomban kapható BL55 típusú *búzafinomlisztre, kristálycukorra és sütőporra*.

3.2 Módszerek

3.2.1 A tojáslevek előkészítése, enzimezelés elvégzése

A kísérleti terv a 6. ábrán látható, miszerint a kiindulási 4 kg pasztörözött teljes tojáslevet első lépésben megfeleleztem. A pasztörözött teljes tojáslé felét (2 kg) nem enzimezeltem, míg a másik felét (2 kg) viszont enzimezeltem. Ahogy azt a bevezetésben is említettem, a nem enzimezelt teljes tojáslé minta volt esetemben a kontroll.

6.ábra: Kísérleti terv



Az enzimmal kezelni kívánt tojáslé részletet (2kg) bemértem egy főzőpohárba, amihez 0,3% (m/m) enzimmészítményt adtam. Ezt megelőzően a szükséges mennyiségű por állagú enzimmészítményt analitikai mérlegen kimértem, feloldottam csapvízben, majd elkevertem előbb kis mennyiségű teljes tojáslével, aztán adtam hozzá a kimért tojásléhez. Egy keverőbot segítségével addig kevertem a 0,3% (m/m) enzimmészítményt tartalmazó tojáslevet, míg az teljesen fel nem oldódott benne. Ezt követően előre feliratozott PA-PE (poliamid-polietilén) fóliatasakokba (90 µm: 20 µm PA + 70 µm PE; AMCO Kft, Budapest, Magyarország) töltöttem az enzimmészítményt tartalmazó tojáslevet, körülbelül 250 gramm-os részletekben. A megtöltött tasakokat fóliahegesztővel lezártam, majd 40 °C-os vízfürdőbe helyeztem 2 órára, az enzimmelzés elvégzése érdekében.

Ameddig az enzimmelzett minták a vízfürdőben voltak, addig a kontroll mintákat is előre feliratozott PA-PE tasakokba töltöttem, szintén 250 gramm-os részletekben, majd fóliahegesztővel zártam a tasakokat.

Következő lépésként a kontroll és az enzimmelzett mintáknak is a felét fagyasztottam, a másik felét „frissen” dolgoztam fel, azaz a másik fele nem került fagyasztásra. A fagyasztásra szánt kontroll és enzimmelzett mintákat -24°C-os hőmérsékletű fagyasztószekrénybe helyeztem és két hétig ott tároltam. Így lett végül 4 féle teljes tojáslé mintám, melyek a következők: (1.) friss kontroll, (2.) friss enzimmelzett, (3.) fagyasztott kontroll, (4.) fagyasztott enzimmelzett. Mind a 4 fajta mintából nagyjából 1kg állt rendelkezésemre, ami a mérések elvégzéséhez szükséges mennyiség.

A mérések menetrendje a következőképpen alakult: A friss tojáslevek mindegyikéből az 1. napon habstabilitás vizsgálatot végeztem, illetve elkészítettem a piskótákat. Minden tojáslé minta esetében 5-5db piskótát sütöttem meg, 4 db ezek közül az állomány- és színmérésekhez kellett, 1 pedig az érzékszervi bírálatához. Amikor a piskóták kihűltek, 1-1 piskótának a színét és az állományát az 1. napon megvizsgáltam. A többi piskótát PA-PE fóliatasakba helyeztem és fóliahegesztővel lezártam, hogy a készítéstől számítva még 3 hétig tárolni tudjam a piskótákat. A 2. napon tartottam az érzékszervi bírálatot, amihez mindkét piskóta mintából egyet-egyet használtam fel Ezek után a 7., 14., és 21. napon szintén elvégeztem az állomány- és színméréseket a piskótákon, illetve a habstabilitás vizsgálatot a tojásleveken.

A kéthetes fagyasztva tárolást követően a fagyasztott mintákat felengedtettem, és ugyanazon időközönként elvégeztem a megfelelő lépéseket, mint a friss minták esetében. A fagyasztott tojáslevek felengedtetését 24 órán keresztül, 4 °C hőmérsékletű hűtőkamrában végeztem. A tojásleveket a 3 hetes tárolási időszak alatt hűtőkamrában (3°C), a piskótákat szobahőmérsékleten tároltam.

3.2.2 A teljes tojáslé habképződésének és habstabilitásának vizsgálata

A habképző tulajdonságokat az 1., a 7., a 14. és 21. napokon, mind a négyféle teljes tojáslé minta esetében, 3 párhuzamos méréssel vizsgáltam. A mérést (Patrignani et al., 2013, Tóth, 2020) módszere alapján végeztem el. A mintákból 50 ml-t öntöttem 250 ml-es üveg főzőpohárba, majd kézi mixerrel, (Hand Blender, 1000W, Sencor) maximális fokozaton, 2 percen keresztül stabil habbá vertem. Ekkor a főzőpoháron található űrmérték skála (7.ábra) segítségével leolvastam, hogy az eredeti térfogatához képest mekkorára nőtt a térfogata. Majd 30 percet szobahőmérsékleten állni hagytam a felvert habot, az idő leteltével újra megfigyeltem a térfogatváltozás mértékét, ezzel vizsgálva a habstabilitást (Tóth, 2020).

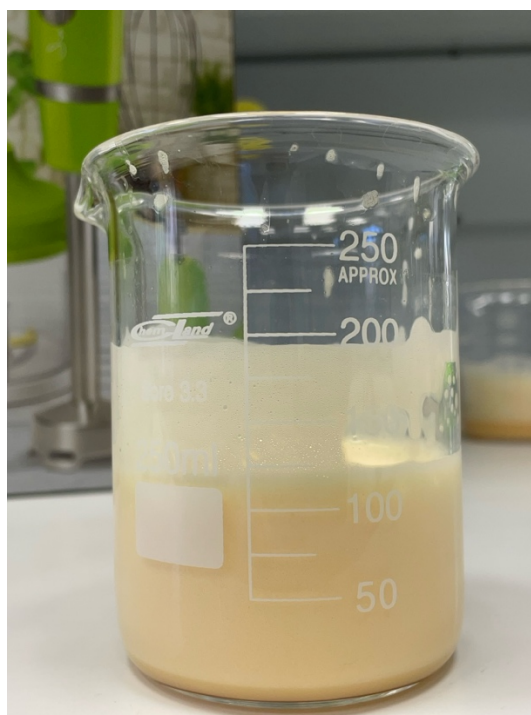
A habképződés mértékét a következő képlettel számoltam ki:

$$\text{Habképződés (\%)} = \frac{\text{a képződött hab térfogata}}{\text{kiindulási folyadék térfogata}} * 100$$

A habstabilitást a következő képlet alapján számoltam:

$$\text{Habstabilitás (\%)} = \frac{\text{a hab térfogata a 30. percben}}{\text{a hab térfogata a 0. percben}} * 100$$

7.ábra: Habképződés vizsgálata 250 ml-es üveg főzőpohár űrmérték skálájának segítségével



3.2.3 Piskóta készítése

A piskótatésztákat a 2. táblázatban látható receptúra szerint, 33% BL-55 búzafinomlisztből, 33% kristálycukorból, 33% teljes tojásból és 1% sütőporból készítettem el. A teljes tojáslevet a kristálycukorral habosra kevertem kézi mixer (Easymax Hand Mixer, 200W, Tefal) segítségével, a maximális fokozaton, majd hozzáadtam a lisztet, végül a sütőport. A keveréket 15 cm átmérőjű, 3,5 cm magasságú papír formákba töltöttem ki 250 gramm-os adagokban a 8. ábrán látható módon, majd 170°C-on 20 percig sütöttem Lainox kombinált sütő-pároló berendezésben legkeveréses üzemmódban.

2. táblázat: Piskóta receptúra

Összetevők	Mennyiség (g/100g)	Mennyiség (g, 5 db, kb. 250 g-os piskótához)
teljes tojás	33	410
kristálycukor	33	410
BL-55 búzafinomliszt	33	410
sütőpor	1	12

8.ábra: Piskótatészta kimérése papírformába sütés előtt



3.2.4 A piskóta minták objektív színérése

A piskóta minták színének mérését Konica Minolta CR400 típusú tristimulusos színmérő készülékkel végeztem. A tristimulusos színmérésnél egy szín által kiváltott inger három, egymástól független alapszínre vonatkoztatva adja meg a trikromatikus színmérőszámokat. Ezáltal az általam használt műszer kijelzőjén a mért eredmények $L^*a^*b^*$ értékekben jelentek meg. A tristimulusos színmérők a színek bontását az emberi szemhez hasonló jellegű színszűrőkkel valósítja meg (http4).

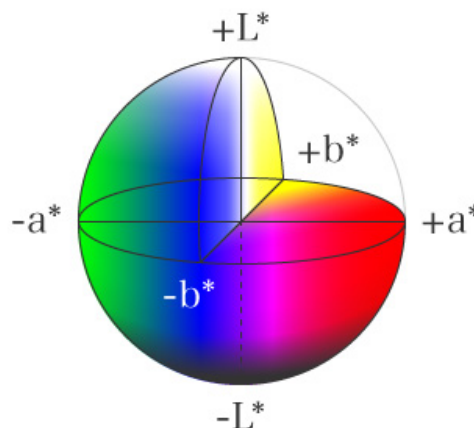
A CIE egy eszközfüggetlen, elméleti szintér, amit a Nemzetközi Színbizottság (Commission Internationale de l'Eclairage) 1931-ben a szín szabványos nemzetközi mérésére fejlesztett ki. Ezt 1976-ban módosították, és a CIELAB nevet kapta. A CIE $L^*a^*b^*$ egy olyan leképezési rendszer, amely mindhárom dimenziójában összefügg az emberi színérzékeléssel. A CIE $L^*a^*b^*$ színingertérben (9. ábra) az L^* a világossági tényező, az a^* a vörös-zöld színek közti átmenetet (pozitív előjel esetén vörös színezet, negatív előjel esetén zöld színezet), a b^* pedig a sárga-kék színek közti átmenetet (pozitív előjel esetén sárga színezet, negatív előjel esetén kék színezet) jellemzi. Két szín közötti különbség számszerűsítésére a CIELAB színinger különbség (ΔE^*_{ab}) képlete használható (Gómez-Polo et al., 2016).

A színinger különbséget az alábbi képlet alapján számoltam ki:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

A mért színinger különbség értékek és a vizuális érzéklet kapcsolatát a 3. táblázat szemlélteti. A mérések megkezdése előtt a műszert kalibráltam a hozzá tartozó kalibrációs csempe segítségével. A piskóták színmérését és magát a kalibrációt is a piskóták csomagolására használt PA-PE fólián keresztül végeztem el. Mintánként 5 párhuzamos mérést végeztem.

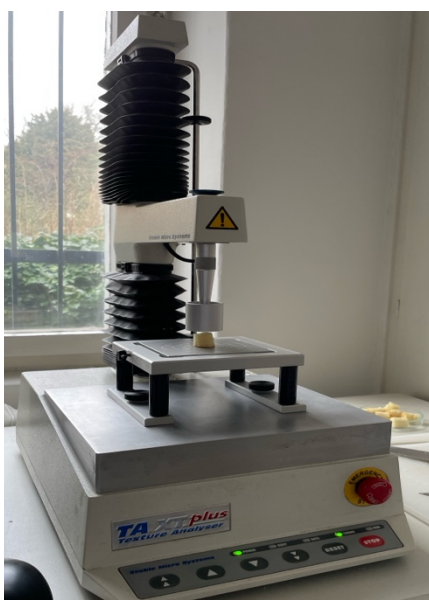
9.ábra: CIELAB színmodel egyszerűsített ábrázolása (http5)



3. táblázat: Az emberi szem által érzékelhető színekülönbségek (Hidas, 2022)	
ΔE^* értéke	Érzékelt különbség
0 – 0,5	nem észrevehető
0,5 – 1,5	alig észrevehető
1,5 – 3,0	észrevehető
3,0 – 6,0	jól látható
6,0 – 12,0	nagy

3.2.5 A piskóta minták állománymérése

10.ábra: SMS TA.XT Plus berendezés piskóta állománymérése közben



A piskóta minták állománymérését SMS TA.XT Plus (Stable Micro Systems) berendezéssel végeztem (10.ábra). A mintákhoz az állományprofil analízis (Texture Profile Analysis, TPA) módszerét alkalmaztam. Ez a módszer egy olyan kompressziós próbát tesz lehetővé, amely kiválóan utánozza a termék valós életben történő viselkedését, esetemben az emberi harapást imitálja (<http6>).

A megsült piskótákat szobahőmérsékletűre temperáltam az állománymérés előtt, majd 20 mm átmérőjű és 20 mm magasságú, henger alakú próbatesteket formáltam belőlük. Az állománymérés során egy 35 mm átmérőjű, sík nyomófelszínű, alumínium hengerfej kétszer egymás után összenyomta a piskóta mintákat 50%-ig. A nyomófej sebessége 2 mm/s, a két összenyomás között eltelt idő pedig 10 s volt.

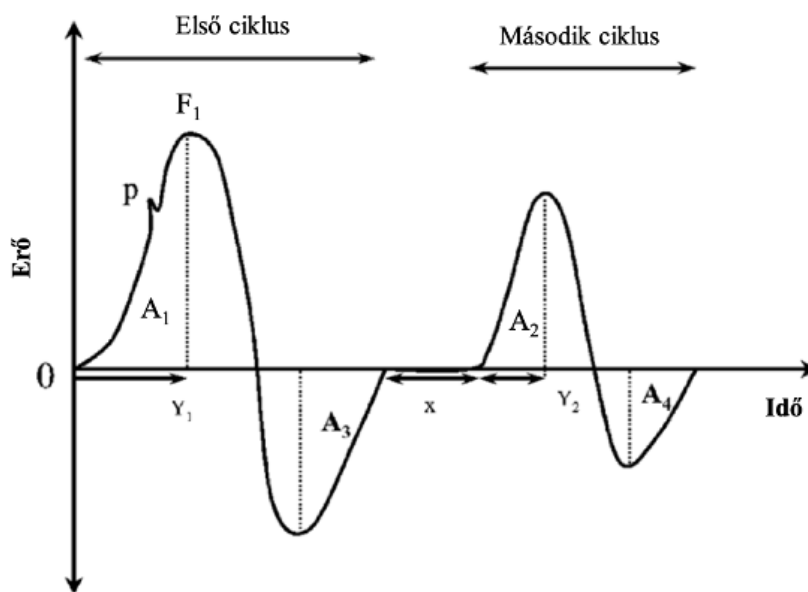
A Texture Exponent 32 szoftver által felvett és kiértékelt erő-idő görbe (11.ábra) segítségével az alábbi paramétereket határoztam meg leolvasás vagy számolás útján:

- A1 és A2 terület: Az első és második kompressziós ciklus erő-idő görbéje alatti terület a mérés kezdetétől a maximális erő értékig, illetve a második összenyomás kezdetétől a második ciklusban mért maximális erő értékéig, az egyenletes mozgás miatt az idő deformációra átszámítható és a terület értékek megfeleltethetők az első és második „rágással” a mintán végzett kompressziós munkának.

- Keménység (hardness; F_1 , [N]): Az első harapási ciklus során mért maximális deformáló erő.
- Kohézió (cohesiveness; A_2/A_1): Dimenzió nélküli paraméter, az alaktartósság mértéke.
- Gumisság (gumminess; G , [g]): a keménység és a kohézió szorzata: $G = F_1 \cdot C$ (Hidas, 2022).

Mintánként 15 párhuzamos mérést végeztem, a kísérleti tervben szereplő állománymérési napokon.

11.ábra: Állományprofil analízis (TPA) jelleggörbéje (Hidas, 2022)



3.2.6 Érzékszervi bírálat

Érzékszervi bírálathoz a háromszög-próbát (ISO 4120:2004) választottam, ami egy különbségvizsgálati módszer. Ahogy neve is árulkodik róla, ennél a tesztnél egy blokkban három mintát vizsgálnak a bírálók. A mintahármasokon belül két minta egyforma, egy pedig különböző. A feladat a különböző minta kiválasztása.

Minden bíráló egy mintahármasot kapott tőlem, az egyes piskótákat kódszámokkal jelölve, tálra helyezve, és meghatározott sorrendben kellett a piskótákat kóstolniuk. A bíráló a kapott mintahármas tagjait egyenként kóstolja meg, kiválasztja a szerinte különböző mintát, majd leírja a minta kódszámát a bírálati lapra. Ha a bírálónak valamelyik mintával kapcsolatosan valamilyen megjegyzése van, azt leírhatja a megfelelő mintakód mellé. Amennyiben a bíráló nem tud különbséget tenni a minták között, akkor is választania kell. Az úgynevezett kötelező választás (forced choice) azonban ez esetben jelzi, hogy csak tippelt. A kiegyenlített mintapozícionálás érdekében a minta kombinációk összes lehetséges változatát, bemutatási sorrendjét (4. táblázat) használtam az érzékszervi bírálathoz (Sipos, 2009).

4. táblázat: A háromszög-próba során lehetséges minta bemutatási sorrend kombinációk változatai

Változat száma	Minta kombinációk
1.	AAB
2.	ABB
3.	ABA
4.	BBA
5.	BAA
6.	BAB
A: kontroll, B: enzimkezelt	

3.2.7 Az eredmények statisztikai értékelése

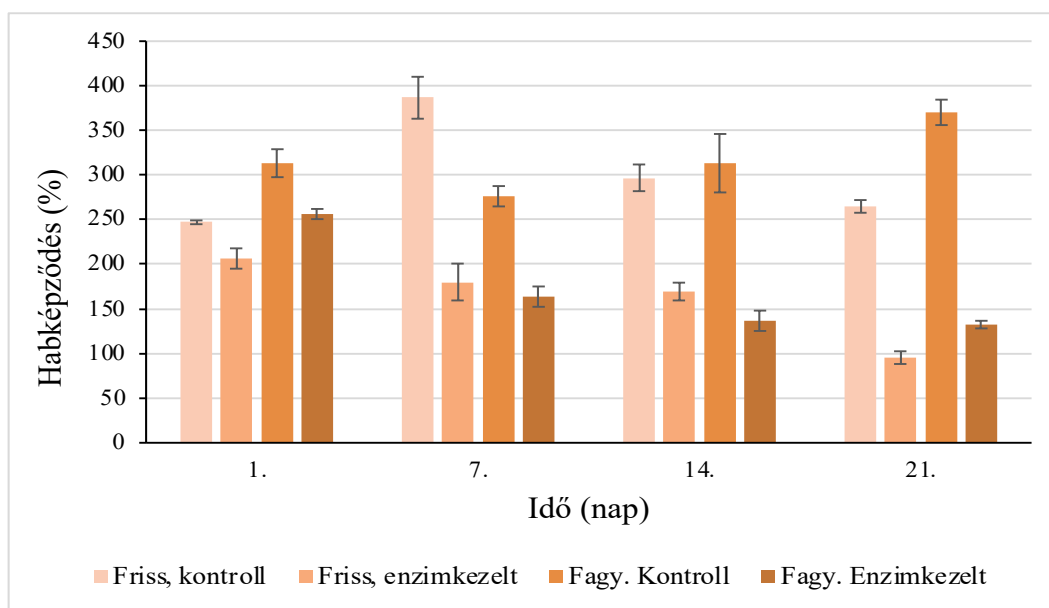
A piskóta minták színében bekövetkező változások statisztikai értékeléséhez egytényezős varianciaanalízist (egytényezős ANOVA-t) végeztem SPSS Statistics szoftver segítségével. A különbségeket mindhárom színtényező, L*, a* és b* esetén 5%-os szignifikancia szinten ($p < 0,05$) vizsgáltam. A varianciaanalízis alapfeltételei, hogy a minták normális eloszlásúak legyenek és a szóráshomogenitás teljesüljön. Ennek érdekében a minták normalitását Shapiro-Wilk teszttel, a szóráshomogenitást pedig Levene's tesztel ellenőriztem. Ha az ANOVA szignifikánsnak bizonyult ($p < 0,05$), az eredmények további elemzéséhez post hoc vizsgálatokat is végeztem, melynek köszönhetően megállapítható, hogy melyik csoportok között van szignifikáns különbség. Az általam alkalmazott post hoc vizsgálat a Tukey HSD teszt volt, amennyiben a szóráshomogenitás feltétele teljesült. A dolgozatomban található, a színmérési eredményeket ábrázoló oszlopdiagramokon az egyes oszlopok az átlagot mutatják, a szórás pedig hibasávként van feltüntetve rajtuk. A szignifikánsan különböző ($p < 0,05$) csoportokat kis betűk segítségével jelöltem meg az oszlopdiagramokon (Hidas, 2022).

4 Eredmények és értékelésük

4.1 A fagyasztás-felengedtetés és az enzimkezelés hatásai a teljes tojásle habképződésre és habstabilitásra

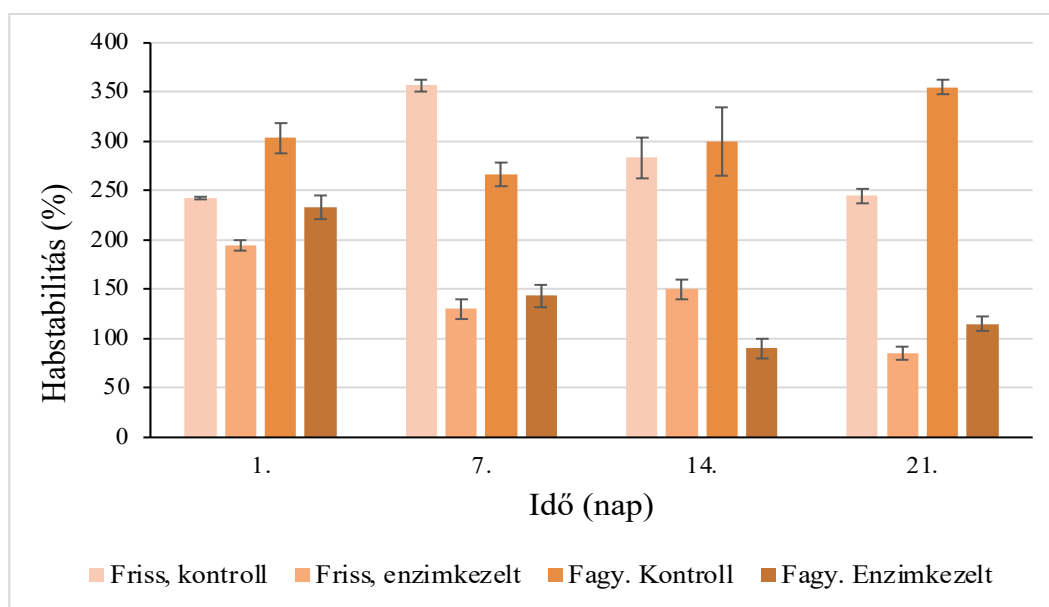
A 12. ábra szemlélteti a különböző teljes tojáslevek habképző tulajdonságának vizsgálati eredményeit. Általánosságban elmondható az ábra alapján, hogy a tojáslevek enzimkezelése csökkentette azok habképző képességet, ugyanakkor a fagyasztás láthatólag nem volt negatív hatással a tojáslevek habképződésére. A legnagyobb habképződést a friss kontroll minta produkálta a 7. napon, ami azt jelenti, hogy a minta kiindulási térfogatának 387%-ra nőtt a 2 perces habverés után, ezt követte a fagyasztott kontroll minta a 21. napon 370%-kal. Ez azért különös, mert így a kontroll minták esetében az idő előre haladtával nem mutatható ki egyértelmű romlás a habképződésben, míg az enzimkezelt tojásle mintáknál jól láthatóan csökkenő tendenciát mutat a habképződés mértéke a tárolás során. Az 1. napon igencsak ígéretesnek tűnt a fagyasztott enzimkezelt minta is, hiszen akkor még nagyobb mértékű habképződést lehetett vele elérni, mint a friss kontroll mintával, viszont a többi napon sajnos csökkent a belőle felterhelhető hab mennyisége. A vizsgált tojáslevek közül a friss, enzimkezelt mintából képződött a legkevesebb hab, a 21. napon már csak 95%. Összeségében a nem enzimkezelt (kontroll) mintáknál mértem a legnagyobb habképződés értékeket, ezek közül is a fagyasztott kontroll minta bizonyult a jobbnak, hiszen a jó habképzőképessége még a 21. napon is megmaradt.

12.ábra: A fagyasztás-felengedtetés és az enzimkezelés hatása a teljes tojásle habképző tulajdonságára



A 13. ábrán a különböző teljes tojásle mintákból felvert hab stabilitásának eredményei láthatóak. Az ábra alapján megállapítható, hogy a nem enzimekelt tojásle mintákból képződött hab mindegyik mérés alkalmával stabilabb volt, mint az enzimekelt mintákból felvert haboké. A tojáslevek fagyasztása nem befolyásolta károsan a felvert habok stabilitását. Az első napon még nem volt olyan nagy különbség a különböző minták habstabilitás értékei között, 195-303%-os tartományban mozogtak a mért értékek, amelyek azt jelzik, hogy a habfelverés után fél órával milyen mértékű a térfogatváltozás a kiindulási tojásle mennyiségekhez képest. A következő mérések alkalmával ez a tartomány jelentősen megnőtt, sokkal nagyobb különbség volt a mért habstabilitás értékek között. Ahogy a habképződésnél, úgy itt a habstabilitás értékeknél is az figyelhető meg, hogy az enzimekelt minták habstabilitása az idő teltével csökkent, ellentétben a fagyasztott kontroll mintával, melynek habstabilitása a 21. napon volt a legnagyobb mértékű (355%). A legmagasabb habstabilitás értéket a friss kontroll minta esetében mértem a 7. napon, ami 357% volt, viszont a többi mérési napon a fagyasztott kontroll tojásleből felvert hab bizonyult stabilabbnak. A legrosszabb habstabilitással a friss, enzimekelt minta rendelkezett, még hozzá a 21. napon 85% habstabilitással. Ezek alapján úgy tűnik, hogy az enzimekeltetés hatására csökkentek a habstabilitás értékek, a fagyasztás hatására pedig még nőtt is a habstabilitás mértéke a friss, kontroll mintához képest.

13.ábra: A fagyasztás-felengedtetés és az enzimekeltetés hatása a teljes tojásleből készült hab stabilitására

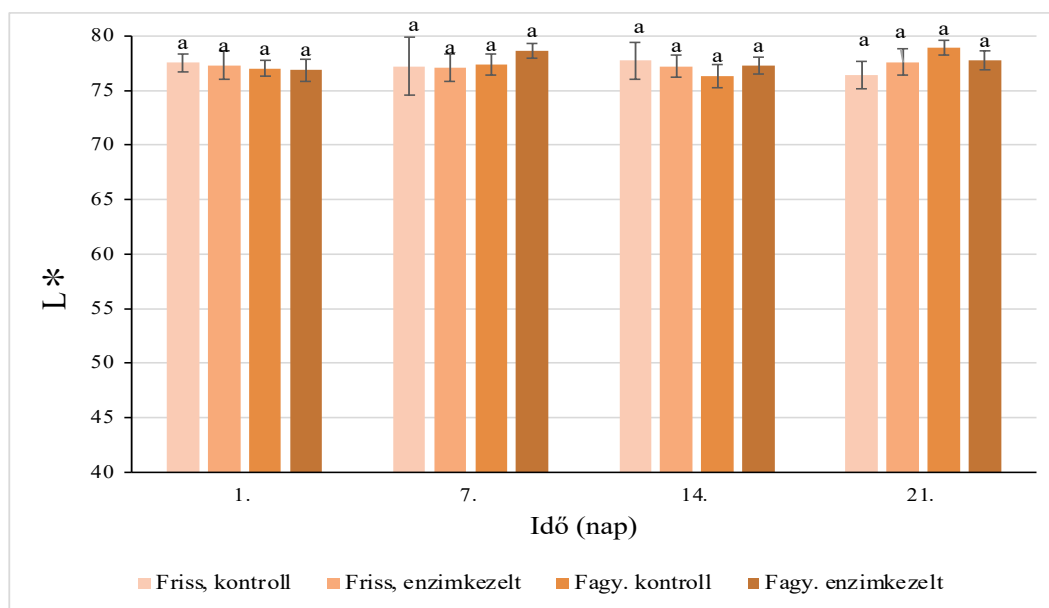


4.2 Piskóta minták objektív színmérésének eredménye

4.2.1 Az L^* világossági tényező változásai

A különböző módokon kezelt teljes tojáslevekből készített piskóták L^* világossági tényezőjét (14. ábra) vizsgálva azt tapasztalhatjuk, hogy nincs jelentős különbség az egyes minták világossági tényezője között, illetve az időfaktor sem volt különösebb hatással a piskóták világossági tényezőjére. Az L^* világossági tényezőnek 0-100-ig tartó skáláján belül, minél közelebb van egy minta L^* értéke a 100-hoz, annál világosabb. Eszerint, a mérések alapján a fagyasztott-kontroll tojáslé felhasználásával készült piskóta volt a legvilágosabb a vizsgált minták közül, még hozzá a 21. napon, amikor 78,93-as L^* értéket mértem. Ezt követi világosságban a fagyasztott-enzimkezelt tojásléből készült piskóta a 7. napon, 78,64-es L^* értékkel. A minták közül a legsötétebb se állt távol ezektől az értékektől, a maga 76,33-as L^* értékével.

14.ábra: A különböző teljes tojásléből készült piskóta minták L^* (világossági tényezőjének) változása a 21 napos tárolási próba alatt



A piskóta minták (L^*) világossági tényezőjünkben bekövetkező változások értékeléséhez statisztikai vizsgálatot is végeztem. Az elvégzett egytényezős ANOVA (egytényezős varianciaanalízis) alapján megállapítható, 5%-os szignifikancia szinten, hogy nincs szignifikáns különbség a mintacsoportok világossági tényezője között.

Ugyanitt szeretném megjegyezni, hogy még a piskóták készítése előtt, a tojáslevek előkészítési fázisában azt tapasztaltam, hogy az enzimkezelés szabad szemmel is látható változást produkál a tojáslevek színében. A 15. ábrán a vízfürdőbe helyezett tojásle minták figyelhetőek meg az enzimkezelés elvégzése előtt, illetve után. Jól látható, hogy a 2 órás enzimkezelés leteltével sötétebbek lettek a tojáslevek. Viszont az előbbieik alapján, úgy tűnik a késztermékek világossági tényezőjére már nincs hatással az enzimkezelés.

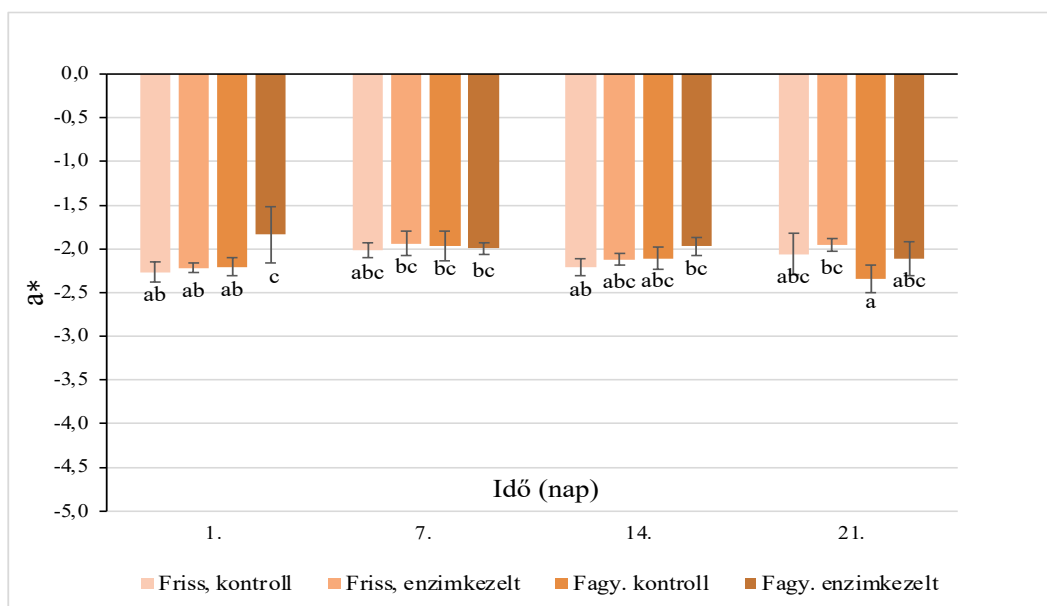
15.ábra: Vízfürdőben a teljes tojásle minták enzimkezelés előtt és után



4.2.2 Az a^* színtényező változásai

A 16. ábrán látható hogyan változott a vörös-zöld színtényező értéke az egyes piskóta minták esetében a 21 napos tárolás alatt. Pozitív a^* érték esetében a minta vörös színezetű, negatív a^* esetén pedig zöld színezetű. Esetemben az összes mintánál mért a^* érték negatív, tehát zöld színezetűek voltak a piskóták. A zöld színezeti tényező értékek között már voltak szignifikáns különbségek, ezeket a szignifikánsan különböző csoportokat az ábrán kis betűkkel jelöltem. Megfigyelhetjük, hogy az 1. napon csak az enzimkezelt-fagyasztott minta a^* értéke tért el szignifikánsan a többi piskóta a^* értékétől, a 7. napon pedig csak a friss kontroll minta volt szignifikánsan különböző a többi mintától, azt ezt követő mérések alkalmával viszont már jobban különböztek egymástól a piskóták. Így azt lehet mondani, hogy a tárolás során felerősödött a piskóták a^* értékei közti különbség. A legnagyobb a^* értéket, tehát a leginkább zöld színezetűnek a fagyasztott-kontroll mintát mértem a 21. napon (-2,35), a legkisebb a^* értékűnek pedig a fagyasztott-enzimkezelt minta bizonyult az első napon (-1,84). Úgy látszik, hogy az enzimkezelés a piskóták a^* értékének csökkenését eredményezi, illetve a friss kontroll minta a^* értékéhez képest szignifikáns különbséget okoz az, ha az enzimkezelés fagyasztással is párosul.

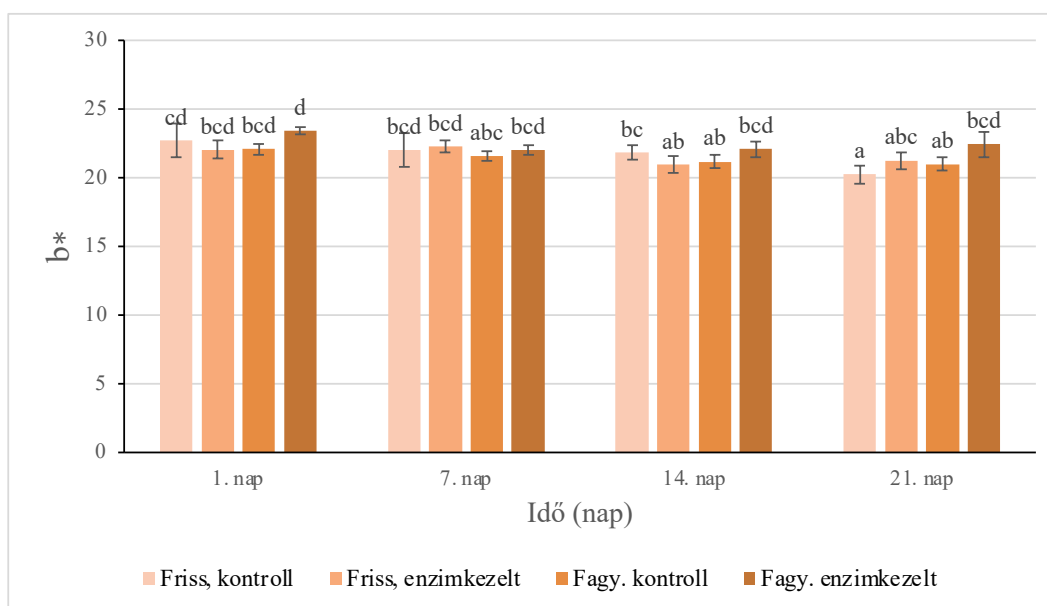
16.ábra: A különböző teljes tojásléből készül piskóta minták a^* (vörös-zöld színezetének) változása a 21 napos tárolási próba alatt



4.2.3 $A b^*$ színtényező változásai

A 17. ábrán látható, hogy miként változtak a b^* értékek a vizsgált piskóta mintáknál. Pozitív b^* esetében a minta sárga, míg negatív b^* -nál a minta kék színezetű. Az általam mért összes minta b^* értéke pozitív, tehát sárga színezetűek. A mért b^* értékek szerint több szignifikánsan különböző csoport különíthető el, mint a^* értékek alapján. A legmagasabb b^* értéket az első napon a fagyasztott-enzimkeztelt mintánál mértem 23,44-es b^* értékkel, a legalacsonyabbat pedig a 21. napon a friss-kontroll mintánál 20,22-es b^* értékkel. A 17.ábrán megfigyelhető, hogy az enzimkezelés és fagyasztás együttese magasabb b^* értékeket eredményezett a friss kontroll mintánál minden mérési napon. Általánosan megállapítható, hogy az első napon mért b^* értékekhez képest a tárolás végére minden minta esetében kisebb-nagyobb mértékű csökkenés következett be.

17.ábra: A különböző teljes tojásléből készül piskóta minták b^* (sárga-kék színezetének) változása a 21 napos tárolási próba alatt



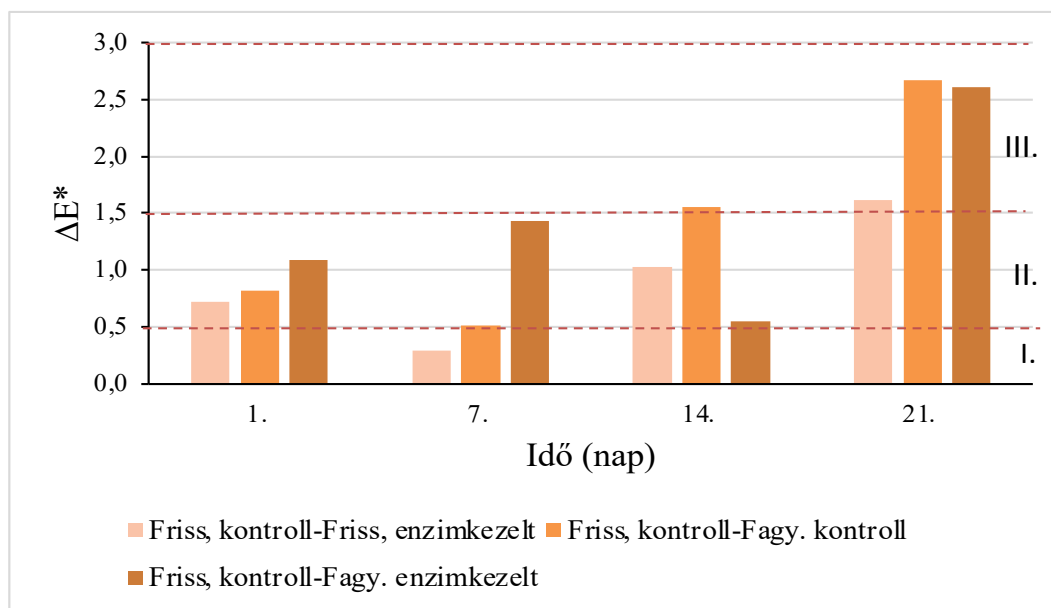
4.2.4 A színingerkülönbség értékek változásai

Az L^* , a^* és b^* értékek önmagukban a piskóták színének csak egy bizonyos oldaláról adnak eredményt, azonban a teljes színezetre nézve informatívabb ΔE^* színingerkülönbség, melynek számolt eredményeit a 18. ábra szemlélteti. Az ábrán, a 3. táblázat alapján, szaggatott vonallal 3 tartományra osztottam az emberi szem által érzékelhető különbségeket, ezek a következők: I. nem vehető észre (0-0,5); II. alig észrevehető (0,5-1,5); III. észrevehető (1,5-3). Az egyes piskóta mintákat mindig a friss, kontroll tojásléből készített piskótához viszonyítottam (Salamon, 2021).

Az emberi szem által nem észrevehető színingerkülönbség tartományába egyedül a 7. napon mért friss, enzimekelt minta került ($\Delta E^*=0,289$). A legtöbb minta az emberi szem által alig észrevehető kategóriához tartozik: például az első mérési napon mindhárom friss, kontroll mintához viszonyított piskóta közti színingerkülönbség alig észrevehető volt, ezenkívül a friss enzimekelt minta a 14. napon, a fagyasztott enzimekelt minta a 7. és 14. napon is ebbe a kategóriába került. Az észrevehető tartományba a fagyasztott-kontroll minta kétszer, a friss-enzimekelt és a fagyasztott-enzimekelt minták pedig egyszer-egyszer estek bele. A legmagasabb színingerkülönbséget a fagyasztott-kontroll minta érte el a 21. napon ($\Delta E^*=2,67$), egyébként a többi mintánál is a 21. napon voltak a legmagasabbak a ΔE^* értékek. Ha az egyes piskóta minták különböző napokra vonatkozó színingerkülönbség átlagát vesszük, akkor azt kapjuk, hogy a friss enzimekelt mintáknál volt a legkisebb eltérés ($\Delta E^*=0,914$), a fagyasztott-

kontroll mintáknál ($\Delta E^*=1,392$), a legnagyobb eltérés pedig a fagyasztott-enzimkezelt mintáknál ($\Delta E^*=1,419$) mutatkozott a friss, kontroll mintához viszonyítva. Ezek alapján úgy tűnik, hogy a késztermék színére a tojáslé fagyasztása jobban hatással van, mint az enzimezés, de a legnagyobb eltérést a két módszer együttes alkalmazása okozza.

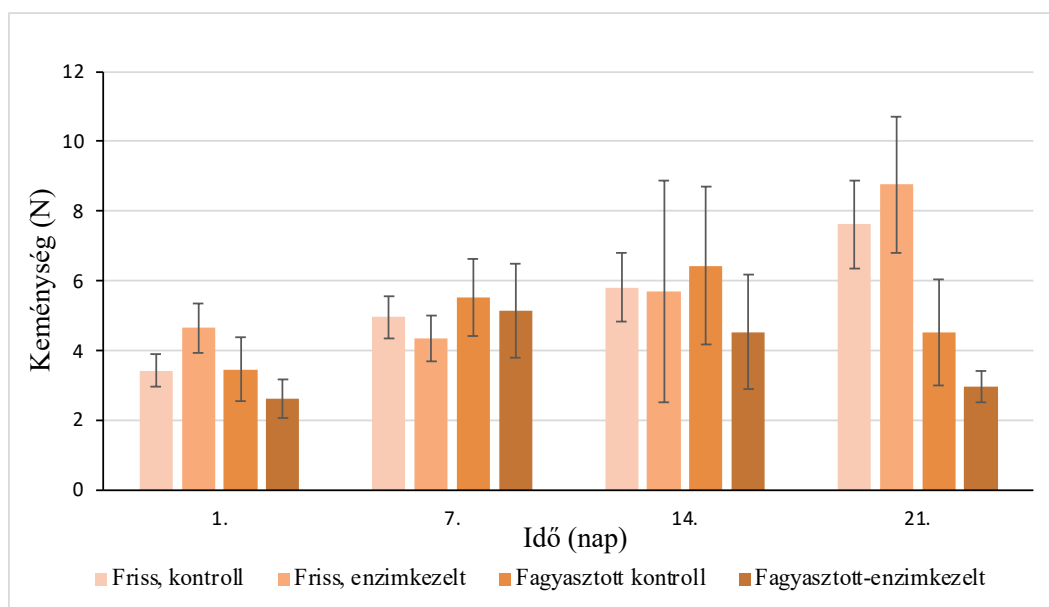
18.ábra: Számolt ΔE^* (színkülönbség) értékek a friss, kontroll piskóta minta és az egyéb módokon kezelt teljes tojásléből készült piskóta minták között



4.3 Piskóta minták állománymérésének eredménye

A 19. ábra a piskóták állománymérése során, az első összenyomásnál mért maximális deformáló erőket ábrázolja. Ezen az ábrán megfigyelhető, hogy az enzimkezelt-fagyasztott-felengedtetett tojásléből készült piskóta volt a legpuhább különösen az 1. és a 21. napon. A fagyasztott-felengedtetett tojáslevekből készült piskótákra az volt jellemző, hogy az első napon meglehetősen puhák voltak, viszont a 7. és 14. napon keményebbé váltak, majd a 21. napra visszapuhultak. A friss tojáslevekből készült piskóták esetében máshogy alakult a keménység változása az idővel: az első napon nem túl magas, a fagyasztott kontroll mintához hasonló keménységet mértem, de a friss mintáknak a tárolás alatt egyre csak nőtt a keménységük. A legkeményebbnek a friss, enzimkezelt tojásléből készült piskótát mértem a 21. napon. A friss enzimkezelt minta keménysége hasonlított leginkább a friss kontroll minta keménységéhez a tárolás során. Összegezve: a tojáslevek fagyasztása nagyban megváltoztatta a belőlük készült piskóták keménységének alakulását, jellemzően puhábbak voltak, az enzimkezelt-fagyasztott minta főleg.

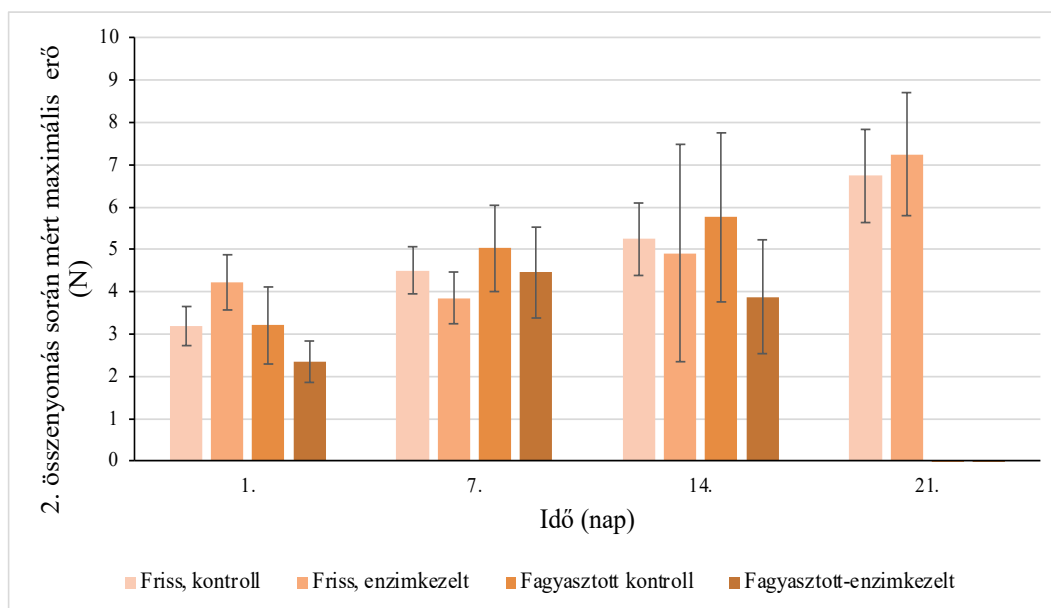
19.ábra: A tojáslé fagyasztás-felengedtetésének, enzimkezelésének hatása a friss és tárolt piskóta minták keménységére



A piskóták állománymérése során, a második összenyomásnál mért maximális erőket a 20. ábra foglalja össze. Ami elsőre feltűnik a 20. ábrán, hogy a 21. napon a fagyasztott-felengedtetett tojáslevekből készült piskóták második összenyomása során nem volt mérhető a rájuk ható maximális deformáló erő mértéke. Ez azért van, mert a 21. napon ezek a minták már annyira

puhák voltak, hogy az első összenyomásnál teljesen kilapultak, így a második összenyomásnál már nem érte el a mérőfej ezeket a lapos mintákat. A további állománymérési eredményekhez kapcsolódó ábrákon, emiatt szintén nem lesznek láthatóak a 21. naphoz tartozó fagyasztott minta eredmények. Egyébként, a második összenyomás alkalmával, az első összenyomással megegyező tendenciák rajzolódtak ki az egyes mintáknál, csak kisebb volt a mért maximális erő mértéke.

20.ábra: A tojáslé fagyasztás-felengedtetésének, enzimkezelésének hatása a friss és tárolt piskóta minták második összenyomása során mért maximális erőre



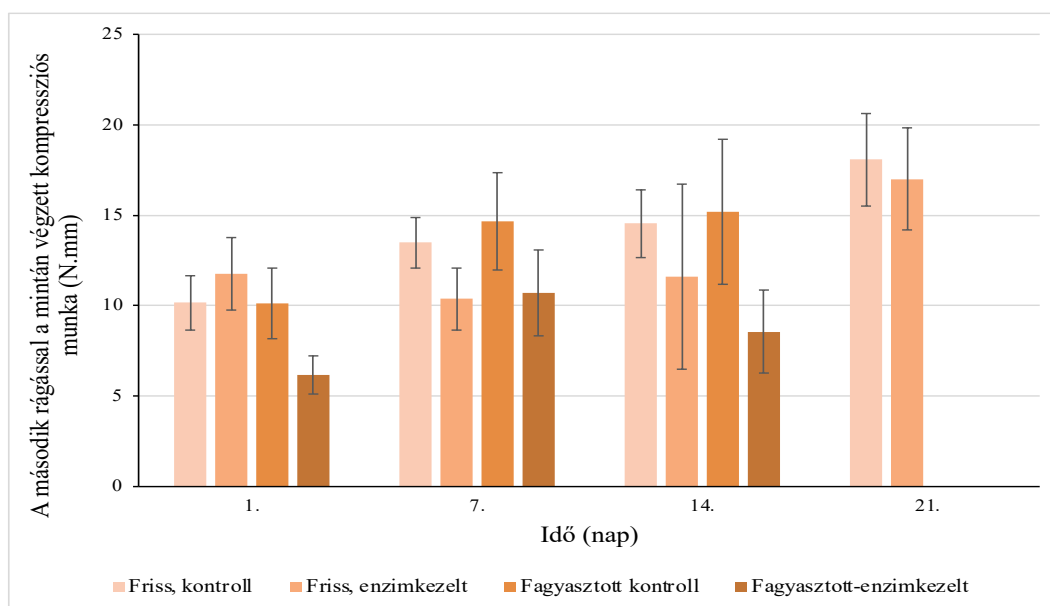
Meg kell jegyezni, hogy a friss-kontroll tojásléből és a fagyasztott-felengedtetett tojáslevekből készült piskóták felületén, a 21. napon penészgombatelepek (21.ábra) képződése is elindult, ezért a későbbiekben mikrobiológiai vizsgálat mindenképp javasolt ezen minták esetében. Mivel ez a penészesesség csak a piskóták felületét érintette, az állománymérést elvégeztem a megszokott módon. A két fagyasztott-felengedtetett tojásléből készült piskóta esetében a 21. napon, az állománymérés előkészítésénél észrevettem, hogy a csomagoláshoz voltak tapadva, ezért a műszeres mérésen kívül tapintással is vizsgáltam azokat. A minták tapintása puha, nedves és tapadós volt. Ez is magyarázatot adhat arra, hogy a műszeres állománymérésnél a második összenyomás során már nem lehetett megmérni ezekre a mintákra ható deformáló erő mértékét, mert a piskóták túl puhák voltak és az első összenyomásnál már irreverzibilisen deformálódtak, kilapultak.

21.ábra: Friss-kontroll tojásléből készült piskóta (bal) és fagyasztott-kontroll tojásléből készült piskóta (jobb) a 21. napon



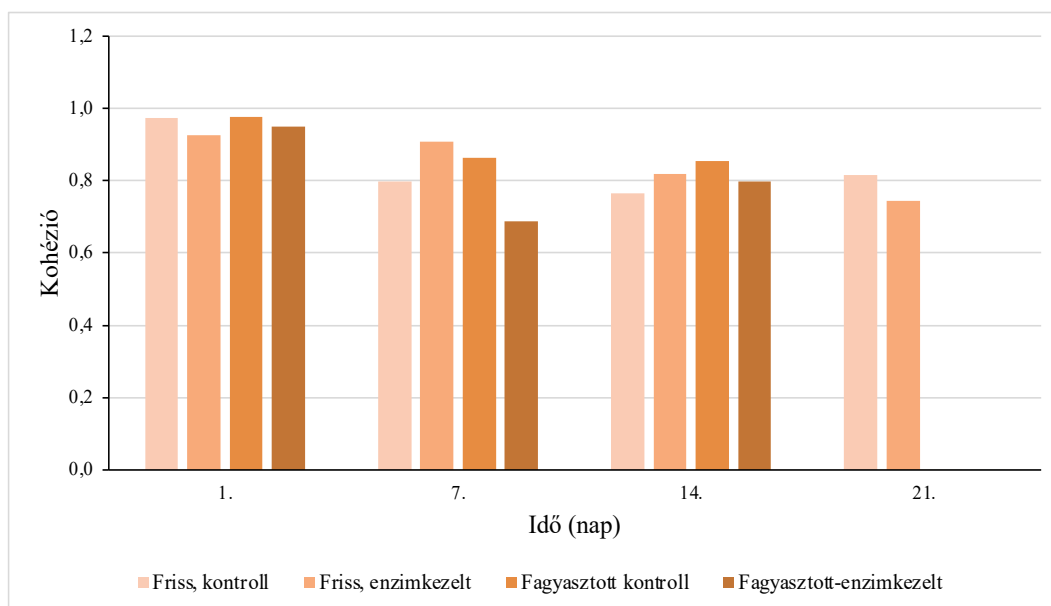
A 22. ábra alapján megállapítható, hogy a friss-kontroll tojásléből készített piskótánál következett be a legnagyobb változás a második rágással végzett kompressziós munka mértékében, hiszen az első naphoz képest a 21. napra 1,8-szorosára nőtt ez az érték. A friss-enzimkezelt tojásléből készített piskóta esetében a 21. napra a kompressziós munka mértéke 1,4-szeresére nőtt az első naphoz képest. A fagyasztott tojáslevekéből készült piskótáknál a 21. napon a fentebb említett okok miatt nem volt mérhető a kompressziós munka, viszont a meglévő mérések alapján elmondható, hogy a fagyasztott-kontroll minta kompressziós munkájában bekövetkező változás az 1. napról a 14. napra 1,5-szeres, a fagyasztott-enzimkezelt mintánál pedig 1,4-szeres. Könnyen belátható, hogy a mintán végzett kompressziós munka mértéke párhuzamba hozható a minták keménységével, és miután a fagyasztott-enzimkezelt tojásléből készült piskóta minta volt a legkevésbé kemény, illetve a második összenyomás során mért maximális erő is ennél a mintánál volt a legkisebb, úgy a második „rágással” végzett kompressziós munka mértéké is ennél a piskótánál volt a legkisebb.

22.ábra: A tojáslé fagyasztás-felengedtetésének, enzimkezelésének hatása a friss és tárolt piskóta minták második rágásánál végzett kompressziós munkára



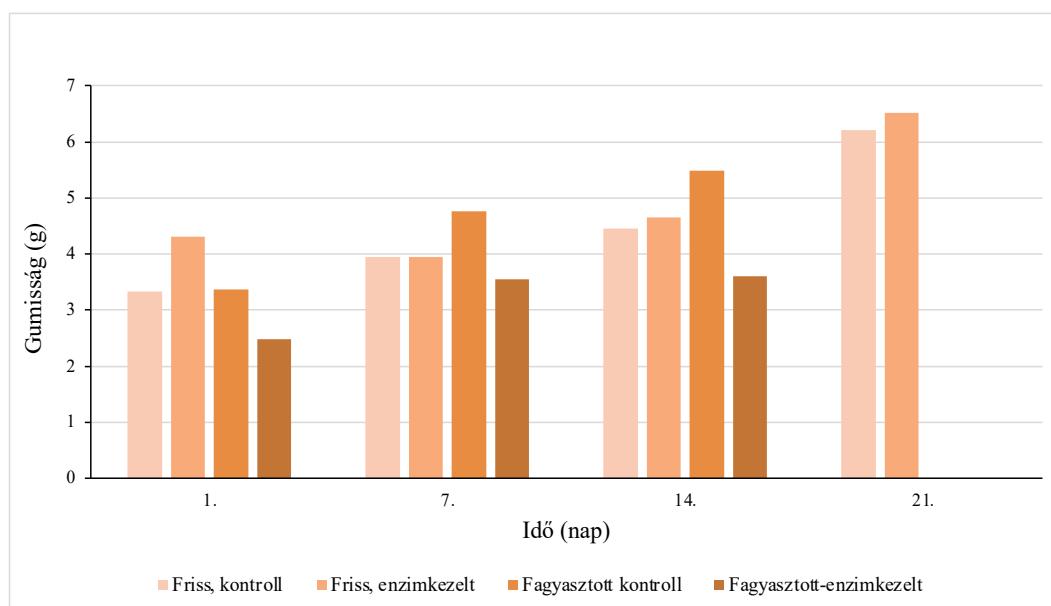
A 23. ábra a kohézió, vagyis az alaktartósság eredményeket szemlélteti a különböző mintáknál az 1., 7., 14. és 21. mérési napokon. Az ábrán az látszik általánosságban, hogy a kohézió mértéke az idő elteltével csökken. A legjobb alaktartóssággal az első napon a friss-kontroll, és a fagyasztott-kontroll minták rendelkeztek, viszont a 14. napra a friss-kontroll minta alaktartóssága 21%-kal, a fagyasztott-kontroll minta alaktartóssága pedig 13%-kal romlott. A fagyasztott-enzimkezelt minta kohézió mértéke az 1. napról a 14. napra 16%-kal csökkent, a friss-enzimkezelt piskóta mintájé csupán 12%-kal. Tehát hiába, hogy az első mérési napon a friss-kontroll minta kohéziója volt az egyik legmagasabb, amit mértem, mert a 14. napra ennek a mintának csökkent a legnagyobb százalékkal az alaktartóssága, ezáltal a 14. napon már a legkisebb kohézióval rendelkező mintává vált. A tárolás során a friss-enzimkezelt és a fagyasztott-kontroll tojásléből készült piskóta minták vesztek legkevésbé kohezivitásukból.

23.ábra: A tojáslé fagyasztás-felengedtetésének, enzimkezelésének hatása a friss és tárolt piskóta minták kohéziójára



A keménység és a kohézió szorzataként számítható gumisság értékeket a 24. ábra foglalja össze. Az első mérési napon a gumisság érték a friss-enzimkezelt tojáslével készített piskóta esetében volt a legmagasabb, a legkisebb gumisság értéket pedig a fagyasztott-enzimkezelt tojáslével készített piskótánál mértem. A piskóták gumisságának mértéke a tárolás alatt általában nőtt. Például a friss-kontroll tojásléből készült piskóta gumissága az első naphoz képest a 21. napra 1,9-szeresére nőtt, a friss-enzimkezelt tojásléből készített piskóta pedig 1,5-szeresére. A piskóták esetében a kisebb gumisság érték a kedvezőbb.

24.ábra: A tojáslé fagyasztás-felengedtetésének, enzimkezelésének hatása a friss és tárolt piskóta minták gumisságára



4.4 Érzékszervi bírálat eredményei

Két érzékszervi bírálatot hajtottam végre, annak megítélésére, hogy a teljes tojáslé enzimkezelése hatással van-e a késztermék (piskóta) érzékszervi tulajdonságaira, minőségére, illetve képesek-e laikus bírálók különbséget tenni az enzimkezelt és nem enzimkezelt tojáslevekből készült piskóták között. Az egyik érzékszervi bírálat során a friss (nem fagyasztott) tojáslevekből készült piskótákon kellett a bírálóknak háromszög-próbát elvégezni, a másik alkalommal pedig a fagyasztott tojáslevek felhasználásával készített piskótákon. A két érzékszervi bírálat eredményeit az 5. táblázat foglalja össze. Mindkét érzékszervi bírálaton 12 fő, laikus bíráló vett részt. A friss tojásléből készült piskóták esetében 12-ből 6 fő találta el helyesen a mintahármas közül a különbözőt, a helyesen válaszolók száma viszont a fagyasztott tojásléből készült piskóták érzékszervi vizsgálata során megnőtt 9 főre. Ezek szerint, míg a fagyasztott mintáknál a bírálók határozottabban képesek voltak különbséget tenni az enzimkezelt és nem enzimkezelt minták között, addig a friss mintáknál nem volt ilyen egyértelmű a különböző minta számukra.

5. táblázat: Friss- és fagyasztott tojáslevekből készített piskóták érzékszervi bírálatának eredményei

Minták megnevezése	Bírálók száma	Helyes válaszok száma	Helytelen válaszok száma
Friss tojásléből készült piskóták	12	6	6
Fagyasztott tojásléből készült piskóták	12	9	3

Az első érzékszervi bírálat során a friss-enzimkezelt mintával kapcsolatos megjegyzések: „édesebb íz és illat”, „kicsit édesebb”, „sokkal puhább, frissebb hatású”, „omlósabb és kedvezőbb az illata”.

Az első érzékszervi bírálat során a friss-kontroll mintával kapcsolatos megjegyzések: „szárazabb, tömörebb”, „vágási felülete simább”.

Az második érzékszervi bírálat során a fagyasztott-enzimkezelt mintával kapcsolatos megjegyzések: „minimálisan nedvesebb állomány, finomabb”, „sokkal lazább, porhanyósabb”.

Az második érzékszervi bírálat során a fagyasztott-kontroll mintával kapcsolatos megjegyzések: „keményebb, rágósabb”, „kevésbé puha az állaga”, „szárazabb, tömörebb”, „picit szárazabb”, „kevésbé édes, lyukacsosabb”, „szárazabb a piskóta, és szinte egyáltalán nincs édes utóíze”.

Összeségében megállapítható, hogy mindkét érzékszervi bírálat alkalmával az enzimkezelt mintákat kedvelték inkább a bírálók, mert azok puhábbak, omlósabbak, édesebbek, jobb illatúak voltak szerintük, mint a kontroll minták. Ellenben a tett megjegyzések alapján a friss és a fagyasztott kontroll minták szárazabbak, keményebbek, rágósabbak, és kevésbé édesek, mint az enzimkezelt minták.

5 Következtetések és javaslatok

Dolgozatom a kísérletek szempontjából 2 részre osztható, egyik része a tojáslevek, másik része a tojáslevek felhasználásával készült piskóták vizsgálatára irányult. Az első részben, a tojáslevekkel kapcsolatosan vizsgáltam a kereskedelmi forgalomban kapható, aminoszintáz aktivitású enzimkészítmény, illetve a fagyasztás hatásait a teljes tojáslevek habképződésére és habstabilitására. A két módszert külön-külön és kombinálva is alkalmaztam. Vizsgálataim során megfigyeltem, hogy az enzimkezelés csökkentette a tojáslevek habképző képességet és habstabilitását, viszont a fagyasztás önmagában nem volt negatív hatással a tojáslevek habképződésére. Ezenkívül több mérésnél a fagyasztás hatására még nőtt is a habstabilitás mértéke a friss, kontroll mintához képest. Ezek alapján arra a következtetésre jutottam, ha a tojáslevek magas habképződés és habstabilitás elérése a cél, akkor a fagyasztás önmagában alkalmazható, az enzimkezelés viszont nem ajánlott.

A kísérletem második részében az enzimkezelés és fagyasztás hatásait vizsgáltam, önmagukban alkalmazva és kombinálva is, a piskóták színére, állományára és érzékszervi tulajdonságaira. A színmérési eredményekből megállapítottam, hogy a piskóta minták (L*) világossági tényezőjükben egyik módszer sem okozott szignifikáns különbséget, viszont a friss kontroll minta (a*) zöld színtényező és (b*) sárga színtényező értékeihez képest szignifikáns változásokhoz vezetett az, ha az enzimkezelés fagyasztással is párosult. A piskóták (ΔE^*) színindexkülönbségére is az enzimkezelés és fagyasztás együttes alkalmazása volt leginkább hatással. Fontosnak tartom megjegyezni, hogy az emberi szem által érzékelhető színekülönbségek alapján, a friss kontroll piskótához viszonyítva, még így is mindegyik piskóta minta az 'alig észrevehető' kategóriába került, amiből azt a következtetést vontam le, hogy amennyiben a kontroll piskótához hasonló szín elérése a cél, bármelyik módszer alkalmazható, mert az emberi szem által csak alig észrevehető a színbeli különbség.

Az állománymérés eredményei alapján megállapítottam, hogy a tojáslevek fagyasztása jelentősen megváltoztatta a belőlük készült piskóták keménységét, jellemzően puhábbak voltak, mint a kontroll, az enzimkezelt-fagyasztott minta főleg. Ezek alapján, ha igazán puha piskótát szeretnénk elérni, akkor az enzimkezelés és fagyasztás kombinálását javaslom.

Az érzékszervi bírálatok során megfigyeltem, hogy a fagyasztott tojáslevekből készült piskóta mintáknál a bírálók határozottabban képesek voltak különbséget tenni az enzimkezelt és nem enzimkezelt minták között, ám a friss mintáknál nem volt ilyen egyértelmű a különböző minta számukra. Ebből azt a következtetést vonom le, hogy a fagyasztás felerősítette az enzimkezelt és nem enzimkezelt minta közti különbséget, ahogy ezt az állománymérés eredményei is

igazolják, mivel az enzimkezelt-fagyasztott minta jóval puhább volt. Továbbá mindkét érzékszervi bírálat alkalmával az enzimkezelt mintákat kedvelték jobban a bírálók, mert azok puhábbak, omlósabbak, édesebbek, jobb illatúak voltak szerintük, mint a kontroll minták. Ezek miatt a tojáslé enzimkezelését javaslom a piskóta kedvező érzékszervi tulajdonságainak eléréséhez.

A tárolás végén megfigyelhető volt a friss-kontroll tojásléből és a fagyasztott-felengedett tojáslevekből készült piskóták felületén penészgombatelepek képződése. A kísérlet folytatásaként mindenféleképpen szükséges mikrobiológiai vizsgálatok elvégzése a minták fogyaszthatósági idejének meghatározása céljából.

További mérési javaslatok:

- a piskóta minták emészthetőségének meghatározása és összehasonlítása
- maradék enzimaktivitás mérése a tojáslevek esetében
- enzimkezelt-fagyasztott-felengedett tojásléből készült további késztermékek vizsgálata

6 Összefoglalás

Az élelmiszeripari gyártók egyre inkább igényt tartanak a könnyen kezelhető és hosszabb minőségmegőrzési idővel rendelkező alapanyagokra, éppen ezért a klasszikus héjas tojás alkalmazását mára felváltották a különböző feldolgozott tojástermékek, köztük a tojáslevek. A tojásle gyártás során, a héj feltörésével a tojás természetes védelme a mikrobákkal szemben gyakorlatilag megszűnik, így a tojásleveket szükséges valamilyen módon tartósítani. Ennek leggyakoribb eszköze az ipari gyakorlatban a pasztörözés, de még pasztörözés mellett is a tojáslevek eltarthatósága csupán néhány hét. Egy másik lehetséges tartósítási mód a fagyasztás, amivel hosszabban eltartható termék érhető el. A kevert süteménygyártás legfontosabb összetevője a tojás, habképző funkciós tulajdonságai miatt. Ugyanakkor a legtöbb tojásle tartósítási módszer kedvezőtlen hatást gyakorolhatnak a tojásfehérjék funkcionális tulajdonságaira, például habképző tulajdonságára. Tehát a végső cél nemcsak a tojáslevek hosszabb eltarthatósága lenne, hanem a tojás eredeti funkcionális tulajdonságainak megőrzése is.

Korábbi kutatások alapján tudjuk, hogy a fagyasztás nemkívánatos hatásai csökkenthetőek, különböző hozzáadott anyagok alkalmazásával. A nem kívánatos hatásokat csökkentő módszerek közül ígéretesnek bizonyul a fagyasztást megelőző enzimkezelés. Friss publikációk azt mutatják, hogy ezzel megőrizhetők a teljes tojásle reológiai tulajdonságai a fagyasztás-felengedtetés során. Arról viszont még csak kevés információ áll rendelkezésünkre, hogy az enzimkezelt-fagyasztott teljes tojásle felhasználásával készített termékeknek milyen a stabilitása, milyen változások mennek végbe rajtuk. Tanulmányomban ezért az enzimkezelt fagyasztott-felengedtetett teljes tojásle hatását vizsgáltam a piskótatészta stabilitására és minőségi jellemzőire.

A dolgozatom célkitűzései közé tartoztak:

- Megvizsgálni, hogy a pasztörözött teljes tojásle habképződésére és habstabilitására milyen hatással van a fagyasztás; 0,3% (m/m) enzimkészítménnyel való kezelés; továbbá a két előbbi módszer kombinációja.
- A kontroll, a fagyasztott-kontroll, az enzimkezelt és az enzimkezelt-fagyasztott teljes tojáslevek mindegyikéből piskótát készíteni, majd 3 hetes tárolási időtartam alatt megfigyelni a minták állományában bekövetkező esetleges változásokat.
- Megfigyelni a különböző piskóta minták színbeli változásait, objektív színméréssel.
- Megállapítani, hogy 12 fős, laikus bíráló csoport képes-e különbséget tenni a különböző piskóta minták között.

Kísérleteimben vizsgáltam a tojáslevek habképző képességét és habstabilitását, a teljes tojásle minták felhasználásával készült piskóták színét és állományát. A mérések mellett a piskóta minták érzékszervi bírálatára is sor került.

Megállapítottam, hogy a teljes tojáslevek enzimekezelése csökkentette azok habképző képességet és habstabilitását, ugyanakkor a fagyasztás önmagában nem volt negatív hatással a tojáslevek habképződésére, a habstabilitás mértéke pedig a friss, kontroll mintához képest még nőtt is.

A piskóta minták színében bekövetkező változások értékeléséhez statisztikai vizsgálatot is végeztem. Az elvégzett egytényezős ANOVA (egytényezős varianciaanalízis) alapján megállapítható, 5%-os szignifikancia szinten, hogy nincs szignifikáns különbség a mintacsoportok (L*) világossági tényezője között, viszont a* esetében 5, b* esetén pedig 7 szignifikánsan különböző csoportra oszthatóak az eredmények. A színmérések alapján úgy tűnik, hogy az enzimekezelés a piskóták (a*) zöld színtényező értékének csökkenését eredményezte, továbbá a friss kontroll minta a* értékéhez képest szignifikáns különbséget okoz az, ha az enzimekezelés fagyasztással is párosul. Az enzimekezelés és fagyasztás együttes alkalmazása a (b*) sárga színtényező értékének jelentős növekedéséhez vezetett. Ezenkívül a piskóták (ΔE^*) színingerkülönbségére is az enzimekezelés és fagyasztás együttes alkalmazása volt leginkább hatással. Viszont meg kell jegyeznem, hogy a fagyasztás és az enzimekezelés egyaránt sokkal kisebb hatást gyakorolt a piskóták színére, mint magukra a tojáslevekre.

Megfigyeltem, hogy a tojáslevek fagyasztása nagyban megváltoztatta a belőlük készült piskóták keménységének alakulását, jellemzően puhábbak voltak, mint a kontroll, az enzimekezelt-fagyasztott minta főleg.

Az érzékszervi bírálatok során megfigyeltem, hogy a fagyasztott tojáslevekből készült piskóta mintáknál a bírálók határozottabban képesek voltak különbséget tenni az enzimekezelt és nem enzimekezelt minták között, ám a friss mintáknál nem volt ilyen egyértelmű a különböző minta számukra. Ebből azt a következtetést vonom le, hogy a fagyasztás felerősítette az enzimekezelt és nem enzimekezelt minta közti különbséget, ahogy ezt az állománymérés eredményei is igazolják. Megjegyezném azt is, hogy mindkét érzékszervi bírálat alkalmával az enzimekezelt mintákat kedvelték jobban a bírálók, mert azok puhábbak, omlósabbak, édesebbek, jobb illatúak voltak szerintük, mint a kontroll minták.

A friss-kontroll tojáslezből és a fagyasztott-felengedtetett tojáslevekből készült piskóták nem bírták ki a 3 hetes tárolást, a tárolás végére szemmel láthatóan megpenészesedtek. Ezért a piskóták fogyaszthatósági idejének meghatározásához mikrobiológiai vizsgálatokat javaslok.

7 Irodalomjegyzék

1. Archer, D.L., 2004. Freezing: an underutilized food safety technology? *International Journal of Food Microbiology* 90, 127–138. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00215-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00215-0)
2. Bertold S., 2021. Kombinált kíméletes technológiák kezelési sorrendjének hatása számodapürekre. PhD Dolgozat. Magyar Agrár- És Élettudományi Egyetem, Budapest. DOI: 10.54598/001190. https://phd.mater.uni-mate.hu/114/1/salamon_bertold_ertekezes_DOI.pdf
3. Chang, C.H., Powrie, W.D., Fennema, O., 1977. Studies on the Gelation of Egg Yolk and Plasma Upon Freezing and Thawing. *Journal of Food Science* 42, 1658–1665. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb08450.x>
4. Dawson, P.L., Martinez-Dawson, R., 1998. Using response surface analysis to optimize the quality of ultrapasteurized liquid whole egg. *Poultry Science* 77, 468–474. <https://doi.org/10.1093/ps/77.3.468>
5. Fang, B., Isobe, K., Handa, A., Nakagawa, K., 2021. Microstructure change in whole egg protein aggregates upon freezing: Effects of freezing time and sucrose addition. *Journal of Food Engineering* 296, 110452. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110452>
6. Gómez-Polo, C., Muñoz, M.P., Lorenzo Luengo, M.C., Vicente, P., Galindo, P., Martín Casado, A.M., 2016. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 115, 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.07.001>
7. Hidas K.I., Nyulasné Zeke I.C., Vargáné Tóth A., Visy A., Barkó A., Horváth-Mezőfi Z., Majzinger K., Friedrich L.F., Németh C., 2022. Teljes tojáslé reológiai, kalorimetrikus és funkcionális tulajdonságainak változása a fagyasztás során. *A Hús*, 45–50. <https://doi.org/10.56616/meat.3354>

8. Hidas K.I., 2022. A fagyasztás hatásai a tojáslevek minőségi jellemzőire. PhD Dolgozat. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budapest. https://www.unim-mate.hu/documents/20123/336900/Hidas_Karina_Ilona_ertekezes.pdf/flaa9a5e-3544-76a4-0a0b-15ff96f7cbc1?t=1675170065504
9. Lopez, A., Fellers, C.R., Powie, W.D., 1954. Some factors affecting gelation of frozen egg yolk. *Journal of Food Protection* 17, 334–339. <https://doi.org/10.4315/0022-2747-17.11.334>
10. Lopez, A., Fellers, C.R., Powrie, W.D., 1955. Enzymic inhibition of gelation in frozen egg yolk. *Journal of Food Protection* 18, 77–80. <https://doi.org/10.4315/0022-2747-18.3.77>
11. Mallett, C.P., 1993. Frozen Food Technology. Springer Science & Business Media.
12. Mine, Y., 2008. Egg Bioscience And Biotechnology. New Jersey: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470181249.fmatter>
13. Mine, Y., Zhang, H., 2013. Chapter 5 - Egg Components in Food Systems. In: *Biochemistry of Foods (Third Edition)*. Academic Press, pp. 215–241. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-091809-9.00005-4>
14. Muthukumarappan, K., Marella, C., Sunkesula, V., 2019. Chapter 15 - Food Freezing Technology. In: Kutz, M. (szerk.), *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering (Third Edition)*. Academic Press, pp. 389–415. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814803-7.00015-4>
15. Németh, Cs., 2012. Tojáslevek kis hőmérsékletű hőkezelése. PhD Dolgozat. Corvinus Egyetem, Budapest. https://phd.lib.uni-corvinus.hu/601/3/Nemeth_Csaba_thu.pdf
16. Németh, Cs., Friedrich, L., Pásztor-Huszár, K., Pipoly, E., Suhajda, Á., Balla, C., 2011. Thermal destruction of *Listeria monocytogenes* in liquid egg products with heat treatment at lower temperature and longer than pasteurization. *African Journal of Food Science* Vol. 5(3), pp. 161-167. <https://academicjournals.org/journal/AJFS/article-full-text-pdf/4DC1F9E3070.pdf>

17. Nys, Y., Guyot, N., 2011. 6 - Egg formation and chemistry, In: Nys, Yves, Bain, M., Van Immerseel, F. (szerk.), *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Woodhead Publishing, pp. 83–132. <https://doi.org/10.1533/9780857093912.2.83>
18. Primacella, M., Fei, T., Acevedo, N., Wang, T., 2018. Effect of food additives on egg yolk gelation induced by freezing. *Food Chemistry* 263, 142–150. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.071>
19. Seuss-baum, I., 2007. Nutritional Evaluation of Egg Compounds. In: Huopalahti, R., López-Fandiño, R., Anton, M., Schade, R. (szerk.), *Bioactive Egg Compounds*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 117–144. https://doi.org/10.1007/978-3-540-37885-3_18
20. Sipos, L., 2009. Ásványvízfogyasztási szokások elemzése és ásványvizek érzékszervi vizsgálata. PhD Dolgozat. Corvinus Egyetem, Budapest. https://www.researchgate.net/profile/Laszlo-Sipos-5/publication/279482473_Asvanyvizfogyasztasi_szokasok_elemzese_es_asvanyvizek_erzekszervi_vizsgalata/links/65b7d5cc1bed776ae31428c4/Asvanyvizfogyasztasi-szokasok-elemzese-es-asvanyvizek-erzekszervi-vizsgalata.pdf
21. Stadelman, W. J. (1995): Quality Identification of Shell Eggs. In: Cotterill, O. J., Stadelman, W. J. (szerk.), *Egg Science and Technology (Fourth Edition)*, (pp. 39-63).
22. Stadelman, W. J. (1995): The Chemistry of Eggs and Egg Products. In: Cotterill, O. J., Stadelman, W. J. (szerk.), *Egg Science and Technology (Fourth Edition)*, (pp. 105–151).
23. Szöllősi L., Molnár S., Molnár G., Horn P., Sütő Z., 2017. A tojás, mint alapvető és funkcionális élelmiszer táplálkozás-élettani jelentősége. *Táplálkozásmarketing* 4, 7–22. <https://doi.org/10.20494/TM/4/1-2/2>
24. Tóth, A., 2020. Tojáslevek eltarthatóságának növelése kombinált kéméletes tartósítási eljárások alkalmazásával. PhD Dolgozat. Szent István Egyetem, Budapest. <https://doi.org/10.14751/SZIE.2020.020>

25. Uysal, R.S., Sumnu, G., Boyaci, I.H., 2019. Effects of heat-treated liquid whole egg on cake batter rheology and the quality of baked cake. *Journal of Food Process Engineering* 42, 12977. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12977>
26. Wang, Q., Yang, Y., Li, Z., Jin, H., Shu, D., Jin, Y., Jin, G., Sheng, L., 2024. Research advances on the effects of thermal and non-thermal processing techniques on the physicochemical properties and microbiological control of liquid eggs. In: *Food Control* 155, 110106. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110106>
27. Yamamoto, T., Juneja, L.R., Hatta, H., Kim, M., 2018. Hen Eggs: Their Basic and Applied Science, 1st ed. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203752081>
28. Zeke I., 2015. Fagyasztott élelmiszer-emulziók stabilitásának vizsgálata (PhD). Corvinus University of Budapest, Budapest. <https://doi.org/10.14267/phd.2015016>

Internetes források:

http1: A tojás részei: https://weblab.deusto.es/olarex/cd/UD/Incubator_HU_final/tojs_rszei.html (letöltés dátuma: 2023.10.20)

http2: Tojástörő gép: <https://www.sanovogroup.com/> (letöltés dátuma: 2023.10.08.)

http3: Tojásfeldolgozó gépek: <https://www.briokft.hu/termek/tojastfeldolgozo-gepek/> (letöltés dátuma: 2023.10.08.)

http4: Konica–Minolta Chroma Meter-410: <https://www.konicaminolta.eu/eu-en/hardware/measuring-instruments/colour-measurement/chroma-meters/cr-400-cr-410> (letöltés dátuma: 2024.06.19.)

http5: L*a*b*-színrendszer egyszerűsített ábrázolása:

<https://www.keyence.eu/huhu/ss/products/microscope/vhx-casestudy/chemistry/rgb.jsp>

(letöltés dátuma: 2024.06.19.)

http6: SMS TA-XTplus állományvizsgáló készülék:

<https://www.stablemicrosystems.com/compression-testing.html> (letöltés dátuma: 2024.06.20.)

8 Ábrák és táblázatok jegyzéke

8.1 Ábrajegyzék

1.ábra:	A tyúktójas felépítése (http1 nyomán).....	5
2.ábra:	Tojássárgája összetétele (Li-Chan et al. 1995, 6. fejezet nyomán).....	10
3.ábra:	Tojástörő gép egy részegysége (http2)	11
4.ábra:	Tojásfeldolgozás egyes technológiai lépései (http3)	12
5.ábra:	A fagyasztási folyamat részei hőmérséklet-idő függvényében.....	14
6.ábra:	Kísérleti terv.....	17
7.ábra:	Habképződés vizsgálata 250 ml-es üveg főzőpohár űrmérték skálájának segítségével	19
8.ábra:	Piskótatészta kimérése papírformába sütés előtt.....	20
9.ábra:	CIELAB színmodel egyszerűsített ábrázolása (http5)	21
10.ábra:	SMS TA.XT Plus berendezés piskóta állománymérése közben	22
11.ábra:	Állományprofil analízis (TPA) jelleggörbéje (Hidas, 2022).....	23
12.ábra:	A fagyasztás-felengedtetés és az enzimkezelés hatása a teljes tojásle habképző tulajdonságára.....	25
13.ábra:	A fagyasztás-felengedtetés és az enzimkezelés hatása a teljes tojásleből készült hab stabilitására	26
14.ábra:	A különböző teljes tojásleből készült piskóta minták L^* (világossági tényezőjének) változása a 21 napos tárolási próba alatt.....	27
15.ábra:	Vízfürdőben a teljes tojásle minták enzimkezelés előtt és után	28
16.ábra:	A különböző teljes tojásleből készült piskóta minták a^* (vörös-zöld színezetének) változása a 21 napos tárolási próba alatt	29
17.ábra:	A különböző teljes tojásleből készült piskóta minták b^* (sárga-kék színezetének) változása a 21 napos tárolási próba alatt	30
18.ábra:	Számolt ΔE^* (színekülönbség) értékek a friss, kontroll piskóta minta és az egyéb módokon kezelt teljes tojásleből készült piskóta minták között	31
19.ábra:	A tojásle fagyasztás-felengedtetésének, enzimkezelésének hatása a friss és tárolt piskóta minták keménységére	32
20.ábra:	A tojásle fagyasztás-felengedtetésének, enzimkezelésének hatása a friss és tárolt piskóta minták második összenyomása során mért maximális erőre	33
21.ábra:	Friss-kontroll tojásleből készült piskóta (bal) és fagyasztott-kontroll tojásleből készült piskóta (jobb) a 21. napon.....	34

22.ábra:	A tojáslé fagyasztás-felengedtetésének, enzimkezelésének hatása a friss és tárolt piskóta minták második rágásánál végzett kompressziós munkára	35
23.ábra:	A tojáslé fagyasztás-felengedtetésének, enzimkezelésének hatása a friss és tárolt piskóta minták kohéziójára.....	36
24.ábra:	A tojáslé fagyasztás-felengedtetésének, enzimkezelésének hatása a friss és tárolt piskóta minták gumisságára	36

8.2 Táblázatok jegyzéke

1. táblázat:	Tojásfehérjében található főfehérjék és tulajdonságaik (Stadelman, 1995 nyomán)	8
2. táblázat:	Piskóta receptúra.....	20
3. táblázat:	Az emberi szem által érzékelhető színekülönbségek (Hidas, 2022)	22
4. táblázat:	A háromszög-próba során lehetséges minta bemutatási sorrend kombinációk változatai	24
5. táblázat:	Friss- és fagyasztott tojáslevekből készített piskóták érzékszervi bírálatának eredményei	37