

SZAKDOLGOZAT

Szilágyi Sára Szakdolgozat

Szilágyi Sára

2023

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

A tojásfehérjelé különböző tartósító kezeléseinek hatása a
tojásfehérjelé és az abból készült habcsók tulajdonságaira

Szilágyi Sára

Budapest

2023

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Szak neve: BSc Élelmiszermérnöki
Állattermék technológiák és minőségügy

Szakedolgozat készítés helye: Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

Hallgató: Szilágyi Sára

A szakdolgozat címe: A tojásfehérjélé különböző tartósító kezeléseinek hatása a tojásfehérjélé és az abból készült habcsók tulajdonságaira

Konzulens: Vargáné dr. Tóth Adrienn, Hidas Karina Ilona
Külső konzulens esetén tanszéki felelős: -

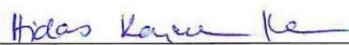
Beadás dátuma: 2023. november 6.



szakedolgozat készítés helyének vezetője
Dr. Friedrich László Ferenc



konzulens
Vargáné dr. Tóth Adrienn



konzulens
Hidas Karina Ilona



Dr. Friedrich László Ferenc
Állattermék technológiák és minőségügy ismeretkör felelős

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	1
2. A munka célja	2
3. Irodalmi áttekintés	3
3.1 A tojás felépítése.....	3
3.2 A tojásfehérjében található fehérjék	5
3.3 A tojásfehérje technofunkciós tulajdonságai	6
3.3.1 A tojásfehérje habképző és gélképző tulajdonságai.....	6
3.4 A tojás és a feldolgozott tojáskészítmények jogi szabályozása	7
3.5 Tojáslevek gyártástechnológiája	8
3.5 A hőkezelés hatása a tojásfehérjére	10
3.6 A fagyasztás hatása a tojásfehérjére	11
3.7 A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés hatása a tojásfehérjére.....	12
4. Anyag és módszer	12
4.1 Mintaelőkészítés	12
4.1.1 Fagyasztás	14
4.1.2 Nagy hidrosztatikus nyomású kezelés	14
4.1.3 Habcsókok készítése.....	15
4.2 Módszerek.....	17
4.2.1 pH-érték meghatározása.....	17
4.2.2 Színmérés	17
4.2.3 Szárazanyag-tartalom meghatározása	19
4.2.4 Habstabilitás	20
4.2.5 Viskozitás meghatározása.....	21
4.2.6 Állománymérés	22
4.2.7 Érzékszervi minősítés.....	22
5. Kísérleti eredmények és értékelésük.....	24
5.1 A különböző tartósítási kezelések hatása pH-érték változására	24
5.2 A különböző tartósítási módok hatására bekövetkező színváltozások	25
5.3 A tojásfehérjelevek szárazanyag-tartalmának alakulása	28
5.4 A tojásfehérje habok habstabilitási eredményei	29
5.5 A tojásfehérjelevek reológiai tulajdonságainak változása különböző tartósító eljárások hatására.....	30
5.6 A habcsókok állománymérésének eredményeire	31
5.7 A habcsókok érzékszervi minősítésének eredményei	32

6. Összefoglalás	34
7. Irodalomjegyzék	36

Szilágyi Sára Szakdolgozat

1. Bevezetés

A tojás élettani szempontból egy megnagyobbodott petesejt, amelynek feladata, hogy megfelelő körülményeket és teljes értékű táplálékot biztosítson a fejlődő embrió számára. Az egyik elsődleges forrása a fehérjéknek, vitaminoknak és ásványi anyagoknak, így az egyik legsokoldalúbb emberi táplálék. A tojást tekintik napjainkban a legolcsóbb állati eredetű fehérje, A-vitamin, B12-vitamin, vas és kolin forrásnak. Egyes tévhitek szerint a tojás magas koleszterinszintet okoz, emiatt nagyobb a kockázata a szív- és érrendszeri megbetegedéseknek. Ezeket a tévhiteket kutatások cáfolták meg, így kijelenthetjük, hogy a tojás fogyasztása nem befolyásolja nagymértékben a vér koleszterinkoncentrációját (Réhault-Godbert és mtsai., 2019).

A tojásfehérje fehérjéi táplálkozási értékei mellett kedvező funkcionális tulajdonságokkal rendelkeznek. Remek gélképző, habképző és emulgeáló tulajdonságaik miatt széles körben alkalmazzák cukrászati termékek (pl.: habcsók, piskóták) gyártása során (Razi és mtsai., 2023).

Egyes becslések szerint a tojások 70%-át friss, étkezési tojás formájában fogyasztják el, míg 30%-át feldolgozott tojástermékek formájában (Chen és mtsai., 2023). A feldolgozott tojástermékek között megkülönböztethetünk főtt, porított és lé tojástermékeket.

A tojáslevek közé tartoznak a szeparált termékek, tehát a tojásfehérjelé és a tojássárgájale, illetve a teljes tojáslé. A tojáslevek gyártása során a tojás héjának eltávolításával a fizikai védelmi vonal megszűnik, a feltört tojás nagyon rövid idő alatt romlásnak indul tartósító eljárás alkalmazása nélkül. A termékminőség és az élelmiszerbiztonság érdekében tartósítási eljárásokat alkalmaznak az iparban (Zhang és mtsai., 2023). A leggyakrabban alkalmazott tartósítási eljárásnak tekinthető a pasztörözés, amelyen 100 °C alatti hőkezelést értünk. Pasztörözéssel csökkenthető a termékben lévő romlást okozó mikroorganizmusok száma, így a termék eltarthatósága növelhető. Alkalmazható szintén a hagyományos tartósítási eljárások közé tartozó fagyasztás. A fagyasztás egy olyan hőelvonáson alapuló tartósítási mód, amely során a termékben lévő mikroorganizmusok élettevékenysége lelassul. Manapság egyre gyakrabban alkalmaznak kémia-mentes tartósítási eljárásokat. Az egyik ilyen tartósítási mód a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés (HHP), amely a leggyakrabban alkalmazott nem termikus fizikai elven alapuló tartósítási mód. A művelet során a terméket rövid ideig nagy nyomáson kezelik (Balasubramaniam, 2021).

Szakdolgozatomban a hőkezelés, HHP technológia és a fagyasztás hatását vizsgálom a tojásfehérjeleveken, tojásfehérjehabon és habcsókon keresztül.

2. A munka célja

Dolgozatom készítése során célom megvizsgálni, hogy a fagyasztás és a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés a pasztörözéssel kombinálva milyen változásokat idéz elő a tojásfehérjében. A kísérleteim során pasztörözött, homogénezett tojásfehérjelevekkel dolgozok, így kontroll mintámnak a hőkezelt tojásfehérjelevet tekintem a méréseim során. Kísérleteim során összehasonlítom a különböző tartósítási módokkal kezelt tojásfehérjeleveket, illetve az azokból készített félkész terméket (tojásfehérjehabot), illetve a készterméket (habcsókot).

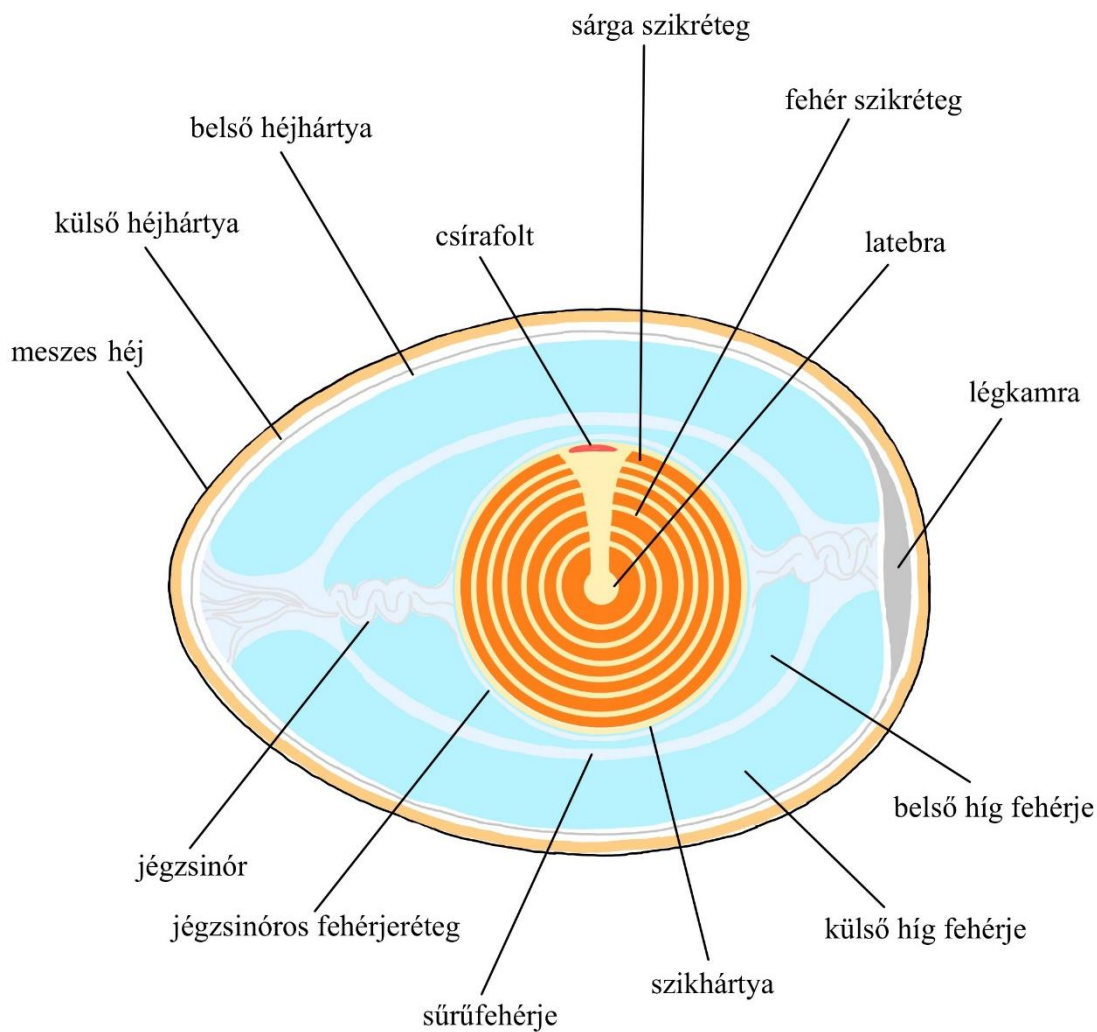
Munkám során az alábbi célokat tűztem ki:

- Célom megvizsgálni, hogy a fagyasztás és a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés milyen hatással van a tojásfehérjére és az abból készült tojásfehérjehab és a habcsók színére.
- Méréseim során kíváncsi voltam, hogy a tartósítási eljárások megváltoztatják-e a tojásfehérjére és a habcsók pH-értékét, és ha igen, akkor milyen mértékben teszik.
- Célom megvizsgálni a hőkezeléssel, fagyasztással és nagy hidrosztatikus nyomáskezeléssel tartósított tojásfehérjelevek reológiai paramétereinek változását, valamint egy fontos technofunkciós tulajdonság, a habstabilitás változását.
- Keresem a választ arra a kérdésre, hogy történik-e a habcsók állományában változás a kezelések hatására.
- Valamint foglalkozok azzal, hogy fogyasztói szemmel milyen érzékszervi változások következnek be a habcsókban a különböző kezelések hatására.

3. Irodalmi áttekintés

3.1 A tojás felépítése

A tojás jól elkülöníthetően az alábbi három fő részből áll: meszes héj, tojásfehérje, tojássárgája. További alkotórészei a kutikula, jégzsinór, légkamra, héjhártya és a csírafolt. A tojás részletes szerkezeti felépítését az 1. ábra mutatja.



1.ábra: A tojás szerkezeti felépítése (Internet 1 alapján)

A tojás külső felületét 5–10 μm vastag **kutikula** réteg borítja. Javarészt (>85%) fehérjék alkotják, melyeknek feladata, hogy kitöltsék a meszes héj pórusait, ezzel meggátolva az élelmiszer-eredetű kórokozók (*Salmonella* fajok) bejutását a tojásba (Rose-Martel és mtsai 2012). A kutikula réteg vastagsága és minősége összefügghet a tyúk genetikájával, táplálásával. A tojásfeldolgozás során a kutikulakárosodás elkerülése és a

rossz tartási körülmények elfedése céljából tilos az étkezési tojások mosása, amelyet az 589/2008 EK rendelet szabályoz (Kulshreshtha és mtsai. 2018).

A vékony kutikula réteget közvetlenül a kemény, **meszes héj** követi. A tojáshéj átlagosan teljes tojás tömegének a 10–11%-át teszi ki. A meszes héj döntő többségében (95%) kalcit formájában CaCO_3 -ból áll. A fennmaradó 5%-ot megannyi ásványi anyag (többek között magnézium és foszfor) és fehérjék teszik ki. Funkcióját tekintve az embrió védelméül szolgál, valamint szilárdsága szükséges a feldolgozás során a károsodás (megrepedés, törés) elkerüléséhez (Nys és mtsai, 2004).

A meszes héj és a tojásfehérje között foglal helyet a **kettős héjhártya**, amely rosthálózatból áll. A külső héjhártya erősen a héjhoz tapad, míg a belső a fehérjéhez. A **légkamra** a kettős héjhártyából akkor alakul ki, amikor a tojás a külvilágba jut. Ekkor a hőmérséklet különbség (a tojó testmelege és a levegő hőmérséklete között) hatására a pórusokon keresztül a tojás tompább végén levegő kerül a két hártya közé. A légkamra mérete és a héj fényáteresztése kihasználható többféle tojás frissességi módszer méréséhez. Lámpázással, a tojást átvilágítva a légkamra méretéből következtethető a frissessége. A légkamra mérete friss tojás esetében legfeljebb 6 mm, tárolás hatására nő a mérete, ugyanis a tojás belső tartalma párolgással csökken, így a beáramló levegő tölti ki a tojástartalom helyét. Egy másik mérési módszer, amikor 10%-os NaCl oldatban „úsztatjuk” a tojást. Abban az esetben, ha a tojás az oldat felszínén lebeg, arra következtetünk, hogy nem friss, a légkamra megnőtt, míg a friss tojás lesüllyed az oldatban (Légrády 2001).

A **tojásfehérje** a teljes tojás tömegének mintegy 56%-át teszi ki. Három rétegben veszi körül a sárgáját, egy külső híg fehérje rétegben, egy belső híg fehérje rétegben és a két réteget elválasztó sűrű fehérje rétegben. A tojásfehérje nagy mennyiségben vizet (88%) és kisebb mennyiségben (11%) szárazanyagot tartalmaz. A **jégzsinór** fehérjék fonata, ovomucin alkotja, a tojás hosszanti irányába fut, amely a tojássárgáját a helyén tartja. Egy további frissesség meghatározási módszer, amikor a tojást keményre főzik, majd kettévágják. A sárgája hosszanti irányú elhelyezkedéséből következtethetünk a tojás frissességére, ugyanis a jégzsinór feladata a tojássárgáját a helyén tartani. Abban az esetben, ha a sárgája nem középen helyezkedik el, hanem a légkamra irányába, arra következtethetünk, hogy csökkent a jégzsinór rugalmassága, a sárgája elmozdult a légkamra irányába, tehát a tojás már nem friss.

A **tojássárgáját** egy vékony (10 μm vastag) **szikuhártya** réteg veszi körül, amelynek feladata egyben tartani és elválasztani a közel gömb alakú sárgáját a fehérjétől (Xiao és mtsai. 2020). A tojás tömegének megközelítőleg 33%-át alkotja. Átlagosan 50%-ban vizet

és 50%-ban szárazanyagot (30%-ban lipideket, 17% fehérjét, valamint gazdag vitaminokban és ásványi anyagokban) tartalmaz a tojássárgája (Wang és mtsai. 2023). A színe függ a takarmányozástól, a tyúk fajtától és az évszaktól is. A szín kialakításáért a zsírban oldódó karotinoidokban lévő kettős kötések a felelősek. A sárgájában található a 3–4 mm átmérőjű **csírafolt**, ami közvetlenül a szikhártya alatt helyezkedik el (Légrády 2001).

3.2 A tojásfehérjében található fehérjék

A tojásfehérje vízből (88%), fehérjékből (11%), szénhidrátokból, ásványi anyagokból és lipidekből áll. A tojásfehérjét alkotó fehérjék százait azonosították már a kutatások során. Fő fehérjének tekintik az ovalbumint, konalbumint, ovomukoidot, lizozimet és az ovomucint. Kisebb fehérjék közé tartozik az avidin, cisztatin, ovoflavoprotein, ovomakroglobulin és ovoglikoprotein. Esszenciális aminosav tartalmuk és rendkívül jó funkcionális tulajdonságaik miatt különösen kedvelt élelmiszer összetevő (Razi és mtsai. 2023). A tojásfehérje főbb fehérjéinek összfehérjére vonatkoztatott százalékos arányát az 1. táblázat tartalmazza.

1.táblázat: A tojásfehérjét alkotó főbb fehérjék százalékos aránya és izoelektromos pontja (Li és mtsai 2022)

Fehérje	Összes fehérje százaléka (%)	Izoelektromos pont (pH)
Ovalbumin	54	4,5
Konalbumin	12–13	6,1
Ovomukoid	11	4,1
Lizozim	3,4–3,5	10,7
Ovomucin	1,5–3,5	4,5–5
Ovomakroglobulin	0,5	4,5
Avidin	0,05	10

Az tojásfehérje 54%-át a tojó petevezetékében szintetizálódott **ovalbumin** teszi ki. Az élelmiszeriparban gyakran használják a tojásfehérjét habcsók, sütőipari termékek készítéséhez, ami annak is köszönhető, hogy az ovalbumin 385 aminosavat tartalmazó peptidláncában az aminosavak több mint 50%-a hidrofób, ez biztosítja a habosító és emulziós képességét a fehérjének (Mao és mtsai. 2023).

A **konalbumin** egy 686 aminosavból álló vaskötő glikoprotein. Molekulatömege 76 kDa, izoelektromos pontja pH 5,8–6 és a fehérjének a 12%-át teszi ki. Antimikrobiális és antioxidáns tulajdonságú és vasmegkötő képességekkel rendelkező fehérje (Benedé és Molina 2020). A legkevésbé hőstabil a tojásfehérje fő fehérjéi közül, ugyanis denaturációs hőmérséklete 61 °C.

Az **ovomucin** egy nagy molekulatömegű glikoprotein, mely a tojásfehérje fehérjének 3,5%-át teszi ki. A sűrű tojásfehérjében viszkózus anyagként a gélszerű tulajdonságokért felelős, valamint a jégzsinórt alkotja (Wang és mtsai. 2018).

Az **ovomukoid** molekulatömege 28 kDa, izoelektromos pontja pH 3,9–4,5 (Abeyrathne és mtsai., 2013). A fehérjék 11%-át teszi ki, amely összetétel szempontjából 20–25% szénhidrátot tartalmaz. Hődenaturációval szemben igencsak ellenálló, valamint kis mennyiségben is allergiát okozhat, ennek a tulajdonságának köszönhetően jelző fehérjeként alkalmazzák az élelmiszerekben a tojás jelenlétének kimutatására (Julià és mtsai. 2007).

A fehérjék 3,4–3,5%-át a 129 aminosavból álló **lizozim** alkotja. Elsősorban a Gram-pozitív baktériumokkal szemben antimikrobiális hatást mutat a kutatások alapján (Rogowska és mtsai. 2023). A lizozim-ovomucin komplex jelentősen növeli a habfilm stabilitását és szilárdságát. Lizozim hiánya esetén a habstabilitás nagy mértékben csökken (Razi és mtsai. 2023).

Az **avidin** egy erősen bázikus glikoprotein, a tojásfehérje egyik kisebb fehérjéje. Mindössze a fehérjéknek 0,05%-át teszi ki. Molekulatömege 68,3 kDa. Az avidin 70 °C-on irreverzibilisen denaturálódik. Egyes kutatások azt bizonyítják, hogy a fehérje avidin tartalma szignifikánsan nő a tyúk első tojásától a 15-ig, majd állandóvá válik (Zhu és mtsai. 2018).

3.3 A tojásfehérje technofunkciós tulajdonságai

A tojásnak számos funkcionális tulajdonságát ismerjük, mint például a habzó és emulgeáló képességét, egyedi szín és íz kialakítás, melyek az élelmiszerek előállítása során fontos tulajdonságok (Uysal és mtsai. 2019).

3.3.1 A tojásfehérje habképző és gélképző tulajdonságai

A tojásfehérje habok többfázisú, határfelülettel elválasztott heterogén, diszperz rendszerek. A habok komponensei a folytonos víz fázis és a benne diszpergált gázbuborékok (Zeke, 2015). Hab képzése során a fehérjék a gázbuborékok felületére tapadnak

stabilizálódnak és egy adszorpciós fehérjeréteget hoznak létre, míg a folyadékfázisban nem folytonos levegőfázisok diszpergálják a habokat. A tojásfehérje habzási tulajdonságait jó néhány tényező befolyásolja, többek között a fehérje pH-ja, a tojás frissessége, a fehérjék koncentrációja (Liu és mtsai. 2009).

A hab stabilitása és a habképzés a fehérjehab értékelésének két fontos mutatója. A hab stabilitása meghatározható a felvert tojásfehérje habból kiváló léeresztés mérésével az idő függvényében. A habképző képesség a tojásfehérje azon tulajdonsága, amikor levegőt épít be a fehérjeoldatba, ami a habtérfogat növekedése alapján mérhető (Ding és mtsai. 2022).

A gél kétfázisú rendszer, amely egy köztes halmazállapotú forma a cseppfolyós és a szilárd anyagok között. Halmazállapotuk jellemzően szilárd, kocsonyás. Gél állapot során a kolloid részecskék hidrát burokkal körülvéve összekapcsolódnak (Zeke, 2015). A gélesedés több esetben is előfordulhat, mint pl.: melegítés vagy hűtés során. A gélek tulajdonságát befolyásolja az oldat pH-ja és a fehérjekoncentráció is (Razi és mtsai. 2023).

Általánosan elmondható, hogy a technofunkciós tulajdonságok a tojásfehérje fő fehérjéinek (ovalbumin, konalbumin, ovomukoid, ovomucin és lizozim) köszönhető (Jin és mtsai. 2023). A tojásfehérjében megtalálható fehérjék eltérő habképzési tulajdonságokkal rendelkeznek. Az ovalbumin hozzájárul a fehérjék habképző és gélképző tulajdonságaihoz. Egyes kutatások azt bizonyítják, hogy ovalbumint tartalmazó habok nagyobb habstabilitással bírnak (Croguennec és mtsai. 2007). A konalbumin nem tartozik a habképző tulajdonságokkal rendelkező fehérjék csoportjába és fehérjék közül a legkevésbé hőstabil (denaturációs hőmérséklete 61 °C). Gélképző tulajdonságai is igen csekélyek, habár más fehérjefrakciókkal alkotott komplexe javíthatja a technofunkciós tulajdonságait (Razi és mtsai. 2023).

3.4 A tojás és a feldolgozott tojáskészítmények jogi szabályozása

A tojásra vonatkozó fogalommeghatározások az Európai Parlament és a Tanács 1308/2013/EU (2013) rendelete szerint:

„Héjas tojás”: baromfitojás héjában, frissen, tartósítva vagy főzve.

„Teljes termékek”: emberi fogyasztásra alkalmas madártojás héj nélkül, cukor vagy más édesítőanyag hozzáadásával is.

„Keltetőtojás”: keltetési célú baromfitojás.

A tojásra az élelmiszer-higiéniáról szóló, 852/2004/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet, valamint az állati eredetű élelmiszerek különleges higiéniai szabályainak megállapításáról szóló, 853/2004/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet vonatkozik (589/2008/EK rendelete 2008).

Az 1029/2006/EK rendelet vonatkozik a tojás forgalmi előírásaira, valamint 1907/90/EGK rendelet szabályozza a tojások jelölését (Campden & Chorleywood Élelmiszeripari Fejlesztési Intézet Magyarország Kht. 2009).

A tojásra és tojáskészítményekre (fagyasztott tojás, pasztörözött tojás, friss étkezési tojás) vonatkozó mikrobiológiai határértékeket a 4/1998. (XI. 11.) EüM rendelet határozza meg.

3.5 Tojáslevek gyártástechnológiája

Az ipari gyakorlatban a tojást különböző feldolgozottsági szinteken használják. A legelterjedtebb formája a héjas tojás, amely mellett megtalálhatók a feldolgozott tojástermékek is. Szakdolgozatom készítése során tojásfehérjével végeztem a méréseimet, így a továbbiakban ennek a termékcsoporthoz a gyártástechnológiáját mutatom be.

Az üzembe beérkező tojásokat felhasználást megelőzően minőség és tömeg szempontja szerint **osztályozzák** (a kereskedelemben a fogyasztó minőségi szempontból csak „A” osztályú, azaz tiszta, törésmentes, friss tojást talál). A tömeg szerinti osztályba sorolást a 2. táblázatban mutatom be. Feldolgozásig a tojás hőmérsékleti optimumán, maximum 15,4 °C hőmérsékleten, 70%-os relatív páratartalom mellett tárolják (Parkhurst és mtsai. 2012).

2.táblázat: Az „A” osztályú tojás tömeg szerinti osztályba sorolása (Internet 2)

Tömeg szerinti besorolás	Tömeg (g)
XL-nagyon nagy	legalább 73
L-nagy	63–73
M-közepes	53–63
S-kicsi	kevesebb, mint 53

A tojást mikrobiális romlásának elkerülése érdekében csak közvetlenül a feldolgozás előtt **tisztítják**. A tisztítást mechanikusan végzik kefék berendezéssel. A tisztítás hatásfokának növelésére mosást alkalmaznak. A művelet során a vízhez fertőtlenítőszereket

(1,2%-os aktív klór tartalmú oldatot) is hozzáadhatnak a jobb fertőtlenítő hatás eléréséért. A tojás mosására a legalkalmasabb a vibrációs kefék tojásmosó berendezés. Technológiától függően UV fénnel és ózonos fertőtlenítéssel is kezelhetik a tojást (Tanács és Pinnyey 2018).



2.ábra: Tojástörő berendezés (Internet 3)

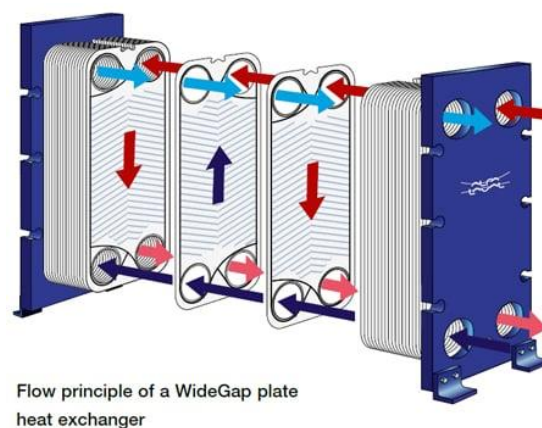
A tojás **feltörése** során a meszes héjat szétválasztják a tojás beltartalmától. A műveletet egy tojástörő berendezés (2. ábra) végzi. A tojástörő berendezéssel lehetőség nyílik a tojássárgáját és a fehérjét szétválasztani. Törés után gyűjtő tartályokba szivattyúzzák a beltartalmat, ahol a feldolgozás következő lépéséig 4 °C hőmérsékleten tárolják.

A következő technológiai lépés a tojáslé **szűrése**, amikor a törés során a tojáslébe került szennyeződések és a tojáshéjat távolítják el. A szűrést ikerszűrők alkalmazásával végzik, mely során fémszítákon szivattyúzzák át a tojás beltartalmát. Szükség esetén kombinálható homogénezéssel is (Tanács és Pinnyey 2018).

A **pasztőrözés** a tojáslé tartósítási műveletei közé tartozik. Ahogy korábban említettem, az élelmiszer-eredetű megbetegedések fő okozója a *Salmonella* fajok, amelyek megfelelő hőkezeléssel 5 nagyságrenddel csökkenthetők (Németh, 2012). A pasztőrözés hőmérsékletét megfelelően kell megválasztani, ugyanis a túl magas hőmérséklet a fehérjék kicsapódását eredményezi. Ennek elkerülése érdekében a tojásfehérje leveket 56,7 °C-on 3,5 perc hőntartással vagy 55,6 °C-on 6,2 perc hőntartással hőkezelik (Froning és mtsai. 2002).



3.ábra: Tojás pasztöröző berendezés
(Internet 4)



4.ábra: Lemezes hőcserélő (Internet 5)

Pasztörözéshez lemezes hőcserélőt (3–4. ábra) alkalmaznak, akár csak a tejfeldolgozásban. A $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten tárolt tojáslevet bevezetik a pasztör előtét tartályába, amely a folyamatos tojásle adagolást biztosítja a pasztör számára. Az előtét tartályból a tojásle az előmelegítő szakaszba lép, ahol $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra melegítik fel a már pasztörözött meleg tojásle hőátadásával. Majd forró gőz segítségével felmelegítik a pasztörözés hőmérsékletére (hőntartástól függően $56,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra vagy $55,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra) és a hőntartó csőszakaszon halad át. Hőntartás befejeztével visszajuttatják a tojáslevet az előmelegítő szakaszba, ahol a még nem pasztörözött $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os tojásle és jeges víz hűti le a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os tárolási hőmérsékletre (Tanács és Pinnyey 2018).

A tojásleveket pasztörözést követően kis- és nagyfogyasztói **csomagolás**okba töltik. Abban az esetben, ha a gyártás során tartósítószeret adagoltak a tojáslehez polietilén (PE) fóliával bélelt műanyag 20 kg-os töltőtömegű kannákba töltik. Ezeknek a termékeknek a fogyaszthatósági ideje 21 nap. Míg a tartósítószerrel nem kezelt tojásleveket 4 napos fogyaszthatósági idővel 1 kg-os töltőtömegű PE fóliával bélelt papírdobozokba csomagolják (Internet 6).

3.5 A hőkezelés hatása a tojásfehérjére

A tojásfehérje potenciális veszélyeket (mikrobiológiai, kémiai, fizikai) rejt, abban az esetben, ha feldolgozás előtt nincs megfelelően kezelve. A veszélyek elkerülése érdekében

széles körben alkalmazott hagyományos feldolgozási technológia a tojáslevek pasztörözése (Zhang és mtsai. 2023). Hőkezelés során a tojáslével akkora mennyiségű hőt közlünk, hogy elpusztítsuk a romlást okozó mikroorganizmusokat. Két módját különböztethetjük meg a hőkezelésnek: sterilizést és pasztörözést. Sterilizés során a célunk, hogy erőteljes hőkezeléssel az élelmiszerben lévő valamennyi mikroorganizmust elpusztítsuk, míg a pasztörözés egy kíméletesebb hőkezelési eljárás ($<100\text{ }^{\circ}\text{C}$), mely során a célunk az enzimek inaktiválása és a spórákat nem képző mikroorganizmusok elpusztítása (Lakatos, 2013).

A tojás okozta élelmiszer eredetű megbetegedések fő okozója a *Salmonella* Enteritidis, amely pasztörözéssel megfelelően elpusztítható. A tojáslé hőkezelése hőcserélő berendezésben történik, éppen azzal a technológiával, mint pl.: tej esetében is. Forró gőzzel/vízzel felfűtik, hőtartják, majd jeges vízzel visszahűtik a terméket (Ramachandran és mtsai. 2011).

A hőkezelés a kezeléstől és a környezeti feltételektől függően szerkezeti változásokat idézhet elő a fehérjékben (Gharbi és Labbafi 2019). Van der Plancken és mtsai (2007) végeztek egy kísérletet, amelyben a hőkezelt tojásfehérje habstabilitását vizsgálták. Megállapították, hogy a hőkezelés során a hőmérséklet növelésével arányosan csökken a képzett habok stabilitása. Ding és mtsai (2022) szerint alacsony hőmérsékleten hőkezelt tojáslevekben csak részleges hidrolízist okozott a kezelés, míg magas hőmérsékletes melegítés hatására a tojásfehérjelevek viszkozitása megnőtt. Uysal és mtsai (2017) szintén a hőkezelt tojásfehérjelevek tulajdonságait vizsgálták. Méréseik során arról számoltak be, hogy a tojásfehérjében lévő fehérjék között csökkent az oldható fehérjék száma és megváltozott a kezelt minták fehérjeösszetétele.

3.6 A fagyasztás hatása a tojásfehérjére

A fagyasztás az egyik leggyakoribb módszer az élelmiszeripari termékek eltarthatóságának meghosszabbítására, amely egy hőelvonáson alapuló fizikai tartósító eljárás (Hidas és mtsai. 2022).

Fagyasztás hatására megváltozik a tojás szerkezete, ugyanis a tojásfehérje 88 %-os víztartalma megszilárdul. Előnyös tartósítási forma, merthogy a víz mobilitásának csökkentésével lelassulnak az élelmiszerben a biokémiai folyamatok. Fang és mtsai. (2021) arról számoltak be kutatásuk során, hogy a folyékony víztartalom csökkenésével arányos nő az ionerősség a tojásfehérjében. A fehérjék fagyasztás során a hideg hatására denaturálódhatnak és a pH-érték is nagy mértékben eltolódhat (Fang és Nakagawa 2021).

3.7 A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés hatása a tojásfehérjére

A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés (high hydrostatic pressure, HHP) a leggyakrabban alkalmazott nem termikus fizikai elven alapuló tartósítási mód. A művelet során az élelmiszert rövid ideig (1–20 perc) nagy nyomáson (100–1000 MPa), hőmérséklet növelésével, vagy anélkül kezelik. A nyomás hatására 15–20%-os élelmiszer-térfogat csökkenés és hőmérséklet növekedés történik, majd a nyomás elengedésével visszaáll (Balasubramaniam, 2021). Az alakváltozás miatt a kezelendő terméket a megfelelő csomagolása után egy nyomástartó edénybe helyezik túlnyomásos folyadékkal, ami a közvetítő közeg szerepét tölti be (Gokul Nath és mtsai., 2023). Az iparban jelenleg alkalmazott nagy hidrosztatikus nyomáskezelési technológiák hatásai elsősorban csökkenti a termék mikroba szennyezettségét és intenzívebb észlelését segíti az íz- és az aromaanyagok tekintetében (Dalmadi n. a). A kezelés során az élelmiszert végig egyenletesen kezelik más tartósítási eljárásokkal szemben, nem függ az élelmiszer méretétől és alakjától, ugyanis a nyomás a tér minden irányába azonos (Misra és mtsai. 2017).

A tojásfehérjében megtalálható fő fehérjekomponens az ovalbumin konformációja még 400 MPa nyomás hatására is stabil marad (Seregély és mtsai. 2006). Mivel a fogyasztók számára fontos a termék megjelenése, ezért ez a tartósítási mód igen előnyös az ipar számára. Lényegesen kisebbek a termék színében bekövetkező változások, mint a hagyományos tartósítási eljárások alkalmazásával (Considine és mtsai., 2008). Van der Plancken és mtsai., (2007) arról számoltak be méréseik során, hogy a kontroll kezeletlen tojásfehérjéhez képest a HHP technológiával tartósított fehérjéből nagyobb térfogatú habokat tudtak előállítani. Egy másik kutatásuk során a tojásfehérje oldat zavarosságát, oldhatóságát vizsgálták. Kísérletük eredménye képp megállapították, hogy a HHP kezelés előidézte a fehérje oldhatóságának a csökkenését. A zavarosság erősen hőmérséklet függő a kísérletük alapján, ugyanis 10–25 °C-os hőmérsékleten végzett kezelés hatására zavarosságot figyeltek meg (Van der Plancken és mtsai., 2005).

4. Anyag és módszer

4.1 Mintaelőkészítés

Méréseimhez a Capriovus Kft. szigetcsépi tojásfeldolgozó üzemében előállított tojásfehérjeleveket használtam. A tojásfehérjelevelet ketreces tartásból származó M méretű tojásokból állították elő. A minták a feldolgozás során homogenizáláson és hőkezelésen

estek át, hűtést követően pedig 1 L kiszerelésű PET palackokba csomagolták. Méréseimet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Budai Campusán végeztem az Állatiermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék laboratóriumaiban.

A tojásfehérje leveket felhasználást megelőzően 2–5 °C-on tároltam a laboratóriumi hűtőszekrényben. A mérések megkezdése előtt szükséges volt a mintákat megfelelően előkészíteni. A tojásfehérjelevet 3 mintacsoportra bontottam. A kísérleteim során pasztörözött, homogénezett tojásfehérjelevekkel dolgoztam, így kontroll mintámnak a hőkezelt tojásfehérjelevet tekintem a méréseim során. Erre azért volt szükség, mert mindegyik tartósítási eljáráshoz ugyanazt a hőkezelt tojásfehérjelevet alkalmaztam. Korábbi tanszéki kutatások alapján az általam alkalmazott tartósító eljárások nem alkalmazhatók önmagukban, hanem kombinálni kell őket hőkezeléssel ahhoz, hogy a tojásfehérjelé technofunkciós tulajdonságai ne változzanak túl nagy mértékben és mikrobiológiai szempontból biztonságos terméket kapjunk. Ennek érdekében a tojáslevekből mérőhenger segítségével 9x500 ml-nyi mennyiséget mértem ki, polietilén tasakokba öntöttem és fóliahegesztővel zártam, ügyelve arra, hogy lehetőleg légmentesen végezzem a zárási folyamatot. Mindegyik tasakot felcímkéztem a kezelésének megfelelően (hőkezelt minta, HHP kezelt minta, fagyasztott minta). A mintaelőkészítést a 5. ábra szemlélteti.



5.ábra: A tojásfehérjelé előkészítése a tartósító kezelésekhöz

A HHP kezeléshez az előkészített mintákat még egy-egy nagyobb polietilén tasakba helyeztem és MULTIVAC vákuumcsomagoló gép segítségével zártam. Erre azért volt szükség, ugyanis a kezelés során 15–20%-os térfogatváltozás megy végbe. A kezelés hatására az élelmiszer térfogata lecsökken, majd a kezelés befejeztével kitágul. Így annak

érdekében használtam ezt a csomagolási módszert, hogy a tasakok ne szakadjanak szét és a hegesztés ne engedjen el.



6.ábra: MULTIVAC vákuumcsomagoló berendezés

4.1.1 Fagyasztás

Az előkészített, csomagolt mintákat laboratóriumi fagyasztószekrényben $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tároltam. Ezt követően gyors minta felengedtetést alkalmaztam, ami azt jelenti, hogy szobahőmérsékleten temperáltam őket $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérséklet eléréséig. A fagyasztva tárolást az ipari gyakorlatban általában az általam alkalmazottnál hosszabb időtartammal alkalmazzák, azonban jelen esetben kísérletszervezési szempontokat figyelembe véve választottam ezt a rövid idejű kezelést. A tojásfehérjé esetében a fagyasztás során bekövetkező kisebb változások már az első naptól kezdve tapasztalhatók (Hidas, 2022).

4.1.2 Nagy hidrosztatikus nyomású kezelés

Annak érdekében, hogy reprezentatívak legyenek a mérések minden kezelést 3-3 előkészített tojásfehérjé mintával végeztem. A nyomáskezeléshez az Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológiai Tanszéken lévő Resato FPU 100–2000 típusú nyomáskezelő berendezést alkalmaztam.

A méréseimet szobahőmérsékleten végeztem vákuummal csomagolt tojásfehérjé mintákon. A készülék képes akár 2000 ml mintának az együttes kezelése is, ezért a három mintámon egyszerre végeztem a kezelést. A készülék alkalmas $100\text{--}1000\text{ MPa}$ közötti hidrosztatikus nyomás előállítására. Az én esetemben 400 MPa nyomáson 5 percig kezeltem

a mintákat. A művelet során a nyomás növelése 100 MPa/perccel történt, illetve a nyomás légköri nyomásra történő csökkentése pillanatszerűen zajlott. A HHP kezelés szobahőmérsékleten történt, valamint a nyomás növekedés és csökkenés hatására bekövetkezett hőmérsékletváltozás a mintában elenyészőnek tekinthető. A tasakok közötti teret egy nyomástovábbító közeg, olajos folyadék tette ki.



7.ábra: Resato FPU 100-2000 típusú berendezés

A különböző tartósítási módok befejezése után megkezdhettem az összehasonlító mérésekhez a mintaelőkészítést.

4.1.3 Habcsókok készítése

Egy előkísérlet során meghatároztam a habcsók készítés megfelelő receptúráját és meghatároztam a habcsók készítés optimális körülményeit. Az előkísérletben pasztörözött tojásfehérjelevet alkalmaztam.

A habcsókok készítéséhez cukrot, három féle módon tartósított tojásfehérjelevet és sót használtam. A hozzávalókat egy KERN típusú laboratóriumi mérleggel mértem ki. A felhasznált pontos mennyiségeket a 3. táblázatban tüntettem fel.

3.táblázat: A habcsók készítéséhez felhasznált anyagok és mennyiségük

Megnevezés	Mennyiség (g)
Tojásfehérjelé	100
Kristálycukor	200
Konyhasó	0,50



A



B

8.ábra: A habcsók készítéséhez használt szárítószekrény (A), a habcsókok szárítás közben (B)

A kimért alapanyagokat egy Tefal Easymax (200W) háztartási robotgéppel kevertem össze maximális fokozaton és készítettem belőlük kemény habot 8 perc alatt. A habot nyomózsákba töltöttem és 3 cm átmérőjű és 1 cm magasságú csúcs nélküli lapos habcsókokat készítettem. A szárítószekrényben szárítottam a habcsókokat. Egyszerre történt a szárítás egy szárítószekrényben, 70–75 °C hőmérsékleten, különböző időtartamig. A szárítás hosszát a habcsók állaga alapján határoztam meg. Egy kemény, nem ragacos állag elérése volt a célom, így abban a szárítási fázisában vettem ki a különböző tartósítási módokkal kezelt habcsókokat, amikor elérték ezt a pontot. A szárítási időket a 4. táblázatban tüntetem fel.

4.táblázat: A habcsókok szárítási ideje

Minta neve	Idő
Hőkezelt minta	3 óra 30 perc
HHP kezelt minta	3 óra
Fagyasztott minta	2 óra 30 perc

4.2 Módszerek

4.2.1 pH-érték meghatározása

A tojásfehérjelé minták és a felvert habok pH-értékének meghatározására Testo 206-pH1 típusú pH mérőt (9.ábra) használtam, amely ideális folyadékok mérésére.



9.ábra: Testo 206 pH1 típusú pH mérő készülék (Internet 7)

A mérés során arra törekedtem, hogy mindegyik minta azonos hőmérsékletű legyen. A méréseim megkezdése előtt a pH mérőt a kalibrációhoz szükséges 4,01 és 7,01 pH-jú puffer oldatokkal kalibráltam, desztillált vízzel öblítettem az elektródát, majd szárazra töröltem. A mintáimat főzőpohárba öntöttem és a mérőelektródát a tojásfehérjelébe helyeztem. Három párhuzamos mérést végeztem mindegyik tartósítási módú minta esetében. Az elektródát a mérések között minden alkalommal desztillált vízzel öblítettem. A párhuzamos mérések eredményéből átlagot és szórást számoltam, majd diagramon ábrázoltam.

4.2.2 Színmérés

A tartósítási módok összehasonlításának érdekében színmérést végeztem mind a tojásfehérjeleveken, a habokon és a habcsókokon is. A színmérést CHROMA METER CR-400 színmérő készülékkel végeztem. A készüléket mind a három fajta termék előtt külön kalibrálni kellett egy kalibráló csempe és a megfelelő csomagolóanyag segítségével, ugyanis a tojásfehérjelé esetében a polietilén tasakon keresztül végeztem a színmérést, míg a habok és a habcsók esetében frissen tartó fólia segítségével végeztem a méréseket. Ebben az esetben is három párhuzamos mérést végeztem a minták véletlenszerűen megválasztott pontjain.



10.ábra CHROMA METER CR-400 színmérő készülék

A készüléket a világossági tényező (L^*), a vörös-zöld színtényező (a^*) és a kék-sárga színtényező (b^*) meghatározására alkalmaztam. A mérések során kapott értékekből átlagot és szórást számoltam, ez alapján kaptam meg az L^* , a^* és b^* értékeket. Az L^* értéke 0 és 100 között mozog, az a^* negatív előjel esetén zöld színezetet, míg pozitív előjel esetén vörös színezetet jelöl. A b^* pozitív előjel esetén sárga színezetet jelöl, negatív előjel esetén kék színezetet jelöl (Minz és Saini 2021). A kapott értékekből számoltam ki a ΔE^* színekülönbséget. A színekülönbségek számszerűsített értékeit az 5.táblázat mutatja be. A ΔE^* az alábbi képlet segítségével számolható:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 + (\Delta L)^2} \quad (\text{Tóth, 2019})$$

Ahol:

$$\Delta L = L - L_0$$

$$\Delta a = a - a_0$$

$$\Delta b = b - b_0$$

5.táblázat: A vizuális színekülönbségek számszerűsített értékei (Tóth, 2019)

ΔE_{ab}^*	Vizuális színekülönbség
<0,20	észrevehetetlen
0,20>ΔE>0,50	igen csekély
0,50>ΔE>1,50	csekély
1,50>ΔE>3,00	észrevehető
3,00>ΔE>6,00	feltűnő
6,00>ΔE>12,00	erősen észlelhető
ΔE>12,00	igen nagy a különbség

4.2.3 Szárazanyag-tartalom meghatározása

A szárazanyag-tartalom meghatározása a minta víztartalmának elpárologtatásán alapszik. A szárítás után visszamaradt szilárd anyag visszamérésével határozható meg.

Méréseim során a tojásfehérjelevek szárazanyag-tartalmát határoztam meg. A mérés megkezdése előtt a méréshez használt Petri-csészéket a fedelükkel analitikai pontossággal lemértem. Kern analitikai mérleggel (11.ábra). Az üres Petri-csészék tömegét feljegyeztem, majd 1–1,5 g tojásfehérjélé mintát mértem be, amelynek szintén feljegyeztem a tömegét. A mintákat az előmelegített szárítószekrénybe helyeztem a Petri-csésze fedele nélkül és 105 °C hőmérsékleten tömegállandóságig szárítottam. Szárítás befejeztével a mintákat a Petri-csésze tetővel exszikkátorban (12.ábra) hűtöttem, annak érdekében, hogy a visszanedvesedéstől megóvjam. Lehűtést követően analitikai pontossággal visszamértem a mintákat tartalmazó Petri-csészéket. A kapott tömegből, a bemért minta tömegéből és a Petri-csésze tömegéből a következő képlettel meghatározható a minta szárazanyag-tartalma:

$$\text{Száranyag} - \text{tartalom} [\%]: \frac{m_{szm+pcs} - m_{pcs}}{m_m} * 100$$

Ahol:

$m_{szm+pcs}$ = a szárított minta és a petri – csésze tömege [g]

m_{pcs} = a petri – csésze tömege [g]

m_m = a szárítás előtt bemért minta tömege [g]



11.ábra: Kern analitikai mérleg



12.ábra: Exszikkátor (Internet 8)

A mért és kiszámolt eredményeket táblázatban rögzítettem, majd átlagot és szórás számoltam. Az eredményekből diagramot készítettem, amely segítségével megállapítható, hogy történt-e esetleg olyan lépés a tartósító kezelések során, ami befolyásolja a minták szárazanyag-tartalmát.

4.2.4 Habstabilitás

A tojásfehérje fehérjei rendkívül jó habzási tulajdonságokkal rendelkeznek, ezt kihasználva használják habcsók, tejszínhabok, piskóták készítésére. A fehérjehabokat habzóképeség, habstabilitás és habosíthatóság jellemzi. A dolgozatomban készítése során a habstabilitás vizsgálata és összehasonlítása volt a célom a különböző tartósítási eljárásokkal kezelt tojásfehérjelevek esetében.



13.ábra: A tojásfehérje habok elkészítése

A tojásfehérje mintákból mérőhengerrel 50–50 ml-nyi mennyiséget mértem ki és 700 ml-es habverő edénybe öntöttem. Egy kézi botmixer segítségével a legnagyobb fokozaton 3 perc alatt kemény habbá felvertem a mintákat. 3–3 párhuzamos mérést végeztem a különböző módokon kezelt tojásfehérjelevekből. A minták előkészítését a 13. ábra mutatja.

A felvert habokat stopper segítségével 120 percig pihentettem. Minden 15 perc elteltével leöntöttem egy mérőhengerbe a lékválást és leolvastam a kapott értéket, majd függvényt közelítettem a lékválás időbeli lefutását.



14.ábra: A tojásfehérje habok lékiválásának mérési a folyamata

4.2.5 Viskozitás meghatározása

A tartósítási módokkal kezelt minták reológiai tulajdonságait Anton Paar MCR 92 reométerrel, rotációs üzemmódban, hengeres elrendezésű mérőrendszerrel mértem.

A mérésekhez a berendezés CC27-es (koncentrikus elhelyezésű 27 mm átmérőjű) mérőfejét használtam és 20 °C hőmérsékletű tojásfehérjelé mintákkal végeztem. A mért eredményeket a műszer a hozzá csatlakoztatott számítógépen RheoCompass TM v. 1.23 program rögzítette. A mérések során a műszer 31 mérési pontot rögzített, ami alapján folyásgörbéket és viszkozitásgörbéket tudtam felvenni. A berendezés 10–1000 1/s közötti nyírási sebesség mellett mérte a nyírófeszültséget és a látszólagos viszkozitást.



15.ábra: A tojásfehérjelé viszkozitásának mérése Anton Paar MCR 92 berendezéssel

A berendezés egy állórészből és egy forgórészből áll. Az állórészébe (15.ábra jobb oldal) a jelzésig töltöttem a mintát, majd a mérőfejet a műszerbe helyeztem, elindítottam a vizsgálatot. Minden mintából 3–3 párhuzamos mérést végeztem. A mérések között fontos volt a műszer alapos tisztítása és szárazra törlése. A folyásgörbékre a Herschel-Bulkley modellt illesztettem, amely a következő képlettel írható le:

$$\tau = \tau_0 + K \left(\frac{d\gamma}{dt} \right)^n \quad (\text{Hidas, 2022})$$

Ahol:

τ : nyírófeszültség (Pa)

τ_0 : folyáshatár (Pa)

K: konzisztencia koefficiens (Pa · sⁿ)

$\frac{d\gamma}{dt}$: nyírási sebesség (1/s)

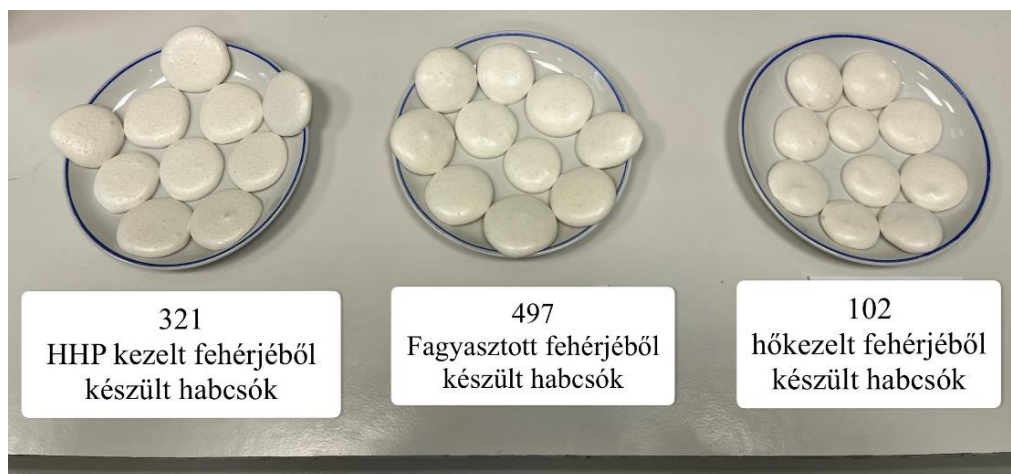
n: folyásindex

4.2.6 Állománymérés

A habcsók minták állománymérését Stable Micro System állománymérő berendezéssel végeztem. A berendezéssel a habcsókok roppanósságát figyeltem. A habcsókok ezen tulajdonságát penetrációs módszerrel vizsgáltam. Méréseim során egy hengeres 5 mm átmérőjű alumínium mérőfejjel 2 mm/s sebességgel szúrtam át a habcsókokat. A mérőfejet a habcsókok felszínéről indítottam, nem egy előre kalibrált magasságból. A mérőműszer egy számítógéphez van csatlakoztatva, amelyen a Texture Exponent 32 szoftver használatával értékeltem ki a mérési eredményeimet.

4.2.7 Érzékszervi minősítés

Az elkészített habcsókokat egy 10 főből álló bizottság bírálta. A mintákat háromjegyű, random számkódokkal láttam el, ezzel elkerülve a sorrend felállításának lehetőségét.



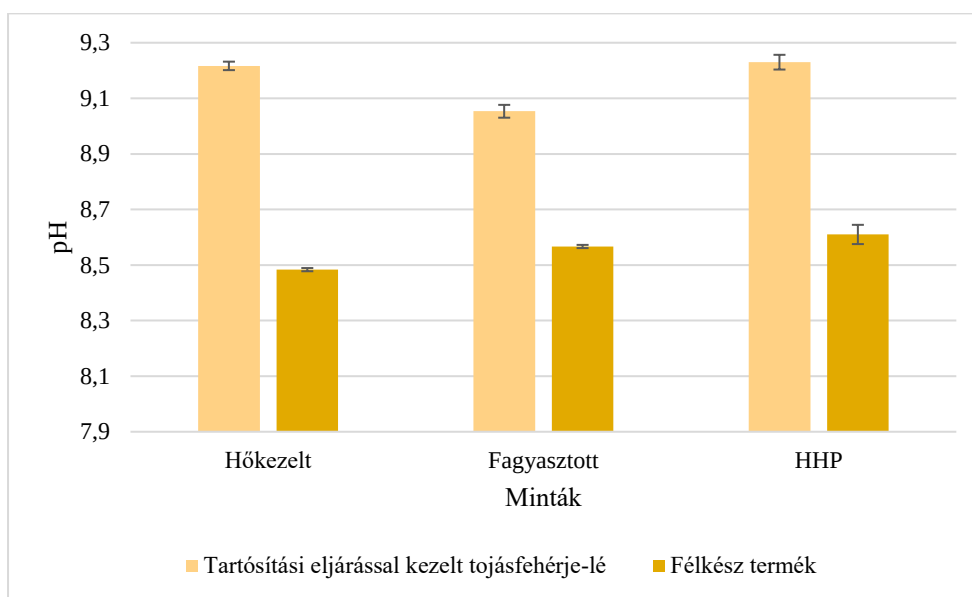
16.ábra: Az érzékszervi minősítésre készített habcsók minták

A szempontok, amiket meghatároztam a bírálat során a következők voltak: szín, illat, állomány és összbenyomás. A bírálóknak 1–10 pontrendszerben volt lehetőségük értékelni a mintákat, ahol 1 pont -legkevésbé kedvelt 10 pont - leginkább kedvelt jelentette az értékelési pontozás alapjait.

5. Kísérleti eredmények és értékelésük

5.1 A különböző tartósítási kezelések hatása pH-érték változására

Méréseim során pH-mérést végeztem mind a kiindulási tartósított tojáslé mintákon, mind pedig a félkész termékeken (habcsókok készítéséhez használt fehérjehabok). A 17. ábra mutatja be a tojásfehérjelevek pH-értékének változását.



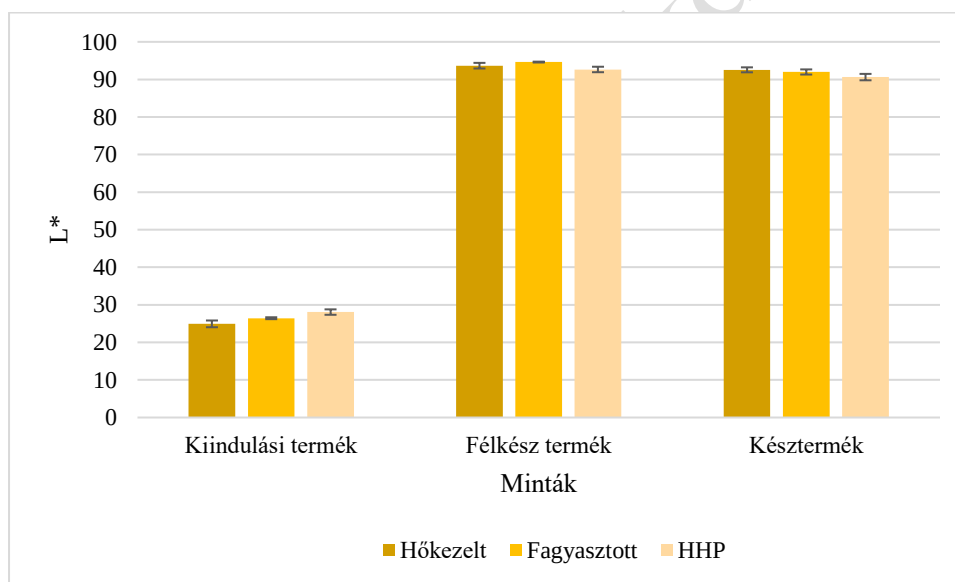
17.ábra: A tojásfehérjélé minták és a félkész termékek pH-értékének vizsgálati eredményei

Kontrollnak tekinthető a hőkezelt tojásfehérjélé, ugyanis az összes tartósítási eljárásához a hőkezelt tojásfehérjeleveket használtam kiindulási alapanyagként. Erre azért volt szükség, mert a tanszéken végzett korábbi kutatások alapján az általam alkalmazott tartósító eljárások nem alkalmazhatók önmagukban, hanem kombinálni kell őket hőkezeléssel ahhoz, hogy a tojásfehérjélé technofunkciós tulajdonságai ne változzanak túl nagy mértékben és mikrobiológiai szempontból biztonságos terméket kapjunk. A friss tojásfehérje 7,6–8 pH értékkel rendelkezik (Tóth, 2019), míg az én alapanyag mintám $9,22 \pm 0,02$ értéket mutatott a mérések során. Ez annak köszönhető, hogy az idő előrehaladtával a fehérje pH-értéke nő. Ennek tudatában arra következtetek, hogy a méréseimhez használt tojásfehérje valószínűleg több időt töltött a logisztikai rendszerben. Méréseim bebizonyították, hogy a HHP kezelés nem változtatta meg nagy mértékben a pH-értéket, míg a fagyasztás pH 0,17-es csökkenést mutatott.

A félkész termékek készítése során a tojásfehérjeleveket kemény habbá vertem mind a három esetben ugyanannyi cukor és só hozzáadásával. Megfigyelhető, hogy a felvert habok pH-értéke jelentősen csökkent a habképzés során. A hőkezelt tojásfehérje habok esetében állapítottam meg a legnagyobb, pH 0,74 csökkenést. Fagyasztott minták esetében csupán pH 0,48-as csökkenés tapasztalható.

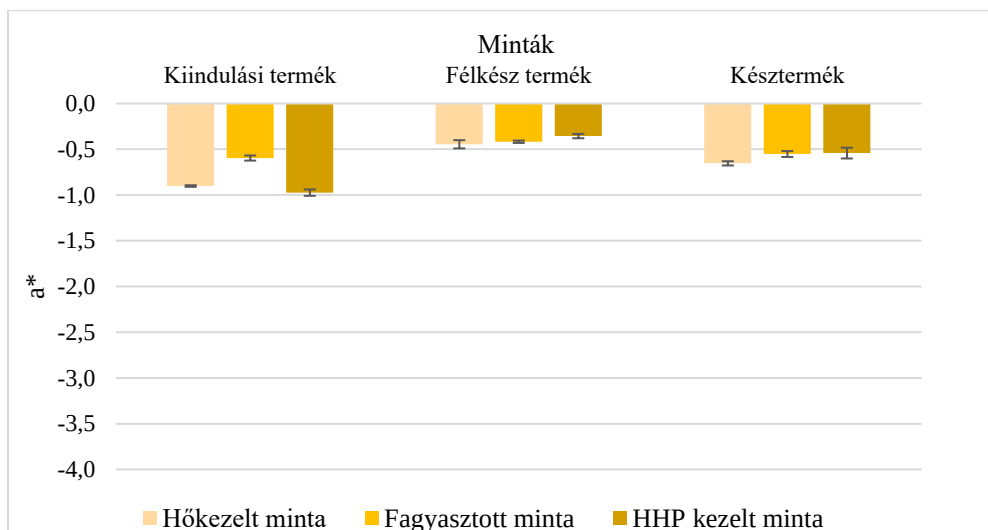
5.2 A különböző tartósítási módok hatására bekövetkező színváltozások

Az élelmiszer minőségének egyik fontos mutatója a szín. A szín az első tulajdonság általában, amelyet a fogyasztó észlel és meghatározó szerepet tölt be az élelmiszer elfogadásában vagy annak elutasításában (Pérez-Reyes és mtsai., 2021). A tojásfehérjelé mintákon a különböző tartósító kezelések hatására bekövetkezett változásokat grafikusán a 18-19-20. ábrák mutatják be.



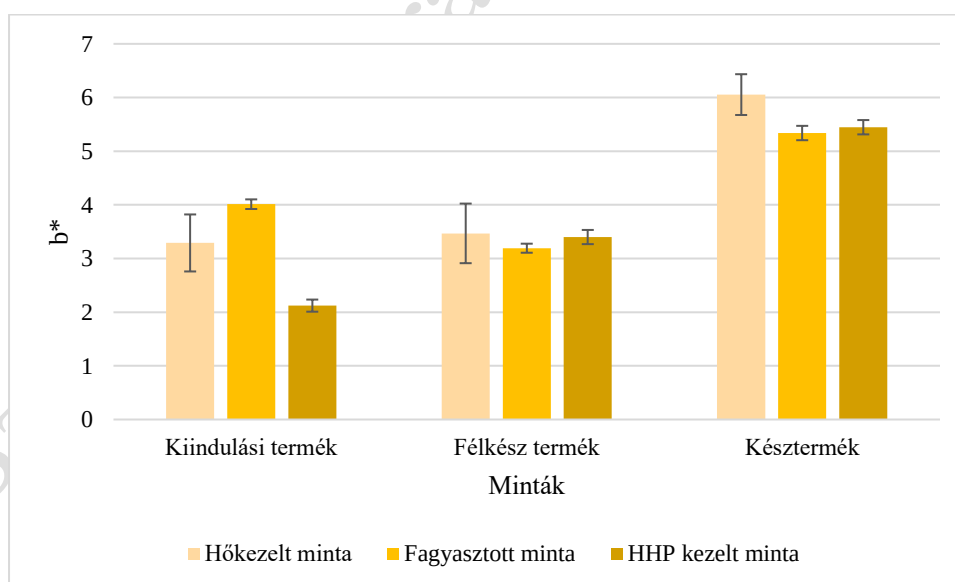
18.ábra: L* világossági tényező változása a különböző tartósítási eljárások hatására a tojásfehérjelevelekben, félkész termékekben és a késztermékekben

A 18. ábra az L* világossági tényező változását mutatja be a kiindulási termékek, azaz a tojásfehérjelevelek esetében, a félkész termékek, azaz a tojásfehérjehabok esetében és a késztermék habcsókok esetében. A világossági tényező esetében a hőkezelt tojásfehérjeléhez képest a fagyasztott és a HHP technológiával kezelt tojáslevekben nagymértékű változás nem történt, ezeknek a mintáknak a világossági tényezője 24,9–28,1 közé tehető. A tojásfehérjelevelek és a tojásfehérjehabok, valamint a habcsókok L* értéke között számottevő különbség látható, ugyanis 90-94 tartományig nőtt az érték.



19.ábra: Az a^* értékek változása a mintákban a tartósító kezelések hatására

A 19. ábra szemlélteti az a^* -vörös/zöld színezeti tényező változását a különböző termékekben a különböző tartósító kezelések hatására. Az a^* értékei a negatív, azaz a zöld színezeti tényező tartományába esnek. A kiindulási tojásfehérjelevek esetében jelentős különbség nem tapasztalható a minták között. A tojásfehérjéle habbá felverése és a habcsókok kisütése után kis mértékben csökkent a minták zöld színezete.



20.ábra: A minták b^* értékek változása a tartósítási kezelések hatására

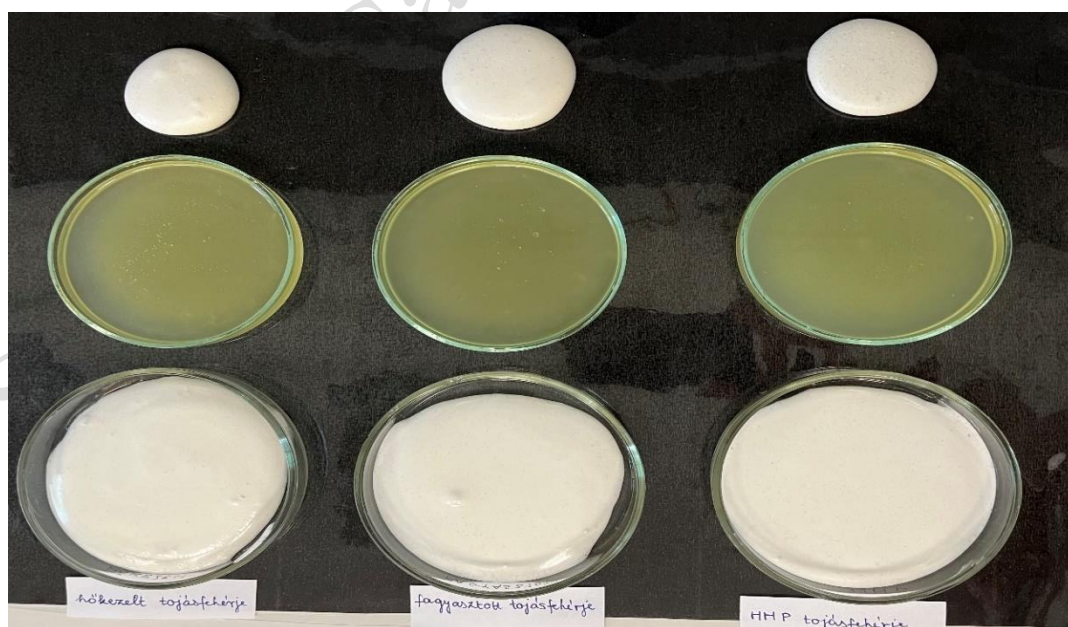
A 20. ábra a b^* sárga/kék színezeti tényező változását mutatja be. A pozitív értékek a sárga színezeti tényező tartományát mutatják, tehát a vizsgált minták enyhe sárga színezettel rendelkeznek. A félkész termékek esetében mind a három tartósítási mód azonos

eredményeket (3,1–3,4) mutat. A késztermék esetében a fagyasztott és a HHP kezelt minták sárga színezeti tényezője közel azonos. A 4.2.7 fejezet 16. ábráján látható habcsókok összehasonlítása. Az ábra jól alátámasztja a mért eredményeket, ugyanis észrevehető, hogy a csak hőkezelésen átesett minta színe kicsit sárgásabb a másik két habcsókénál.

Méréseim eredményeiből ΔE_{ab}^* értéket számoltam. Kontroll mintának mind a három (tojásfehérjelé, félkész termék, késztermék) termék esetében a hőkezelt mintát tekintettem. Az általam meghatározott ΔE_{ab}^* eredményeket a 6. táblázat mutatja.

6.táblázat: A számolt ΔE_{ab}^* értékek a fagyasztott és HHP kezelt mintákban a hőkezelt mintákhoz hasonlítva

Minta megnevezése	ΔE_{ab}^* értéke	Vizuális színkülönbség
Fagyasztott tojásfehérje-lé	1,69	észrevehetetlen
HHP kezelt tojásfehérje-lé	3,34	feltűnő
Fagyasztott félkész termék	0,99	csekély
HHP kezelt félkész termék	1,01	csekély
Fagyasztott késztermék	0,92	csekély
HHP kezelt késztermék	2,02	észrevehető



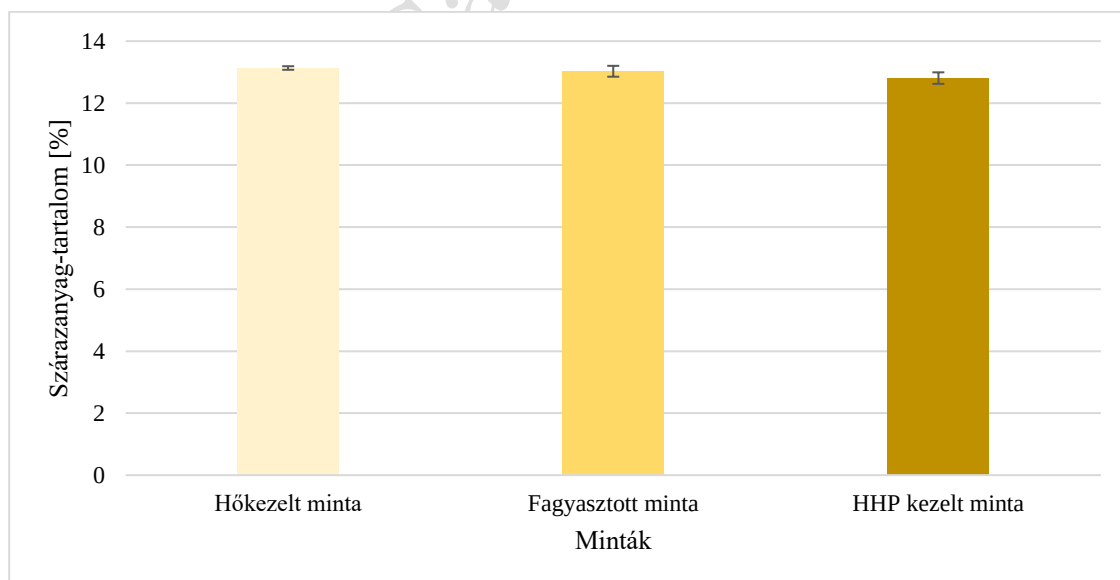
21.ábra: A hőkezelt, fagyasztott és HHP kezelt fehérjehabok, tojásfehérje-levek és habcsók

A 6. táblázat és a 21. ábra segítségével mutatom be a kísérleteim során mért színelkülönbségeket.

A ΔE_{ab}^* értékek számítása alapján a legnagyobb differenciát a HHP kezelés után tapasztaltam, ugyanis a hőkezelt minták színéhez hasonlítva a HHP kezelt tojásfehérjelé a „feltűnő”, a HHP kezelt tojásfehérjeléből készített habcsókok pedig az „észrevehető” színelkülönbségi kategóriába tartoznak. A fagyasztott minták esetében csak csekély színelkülönbség vehető észre.

5.3 A tojásfehérjelevek szárazanyag-tartalmának alakulása

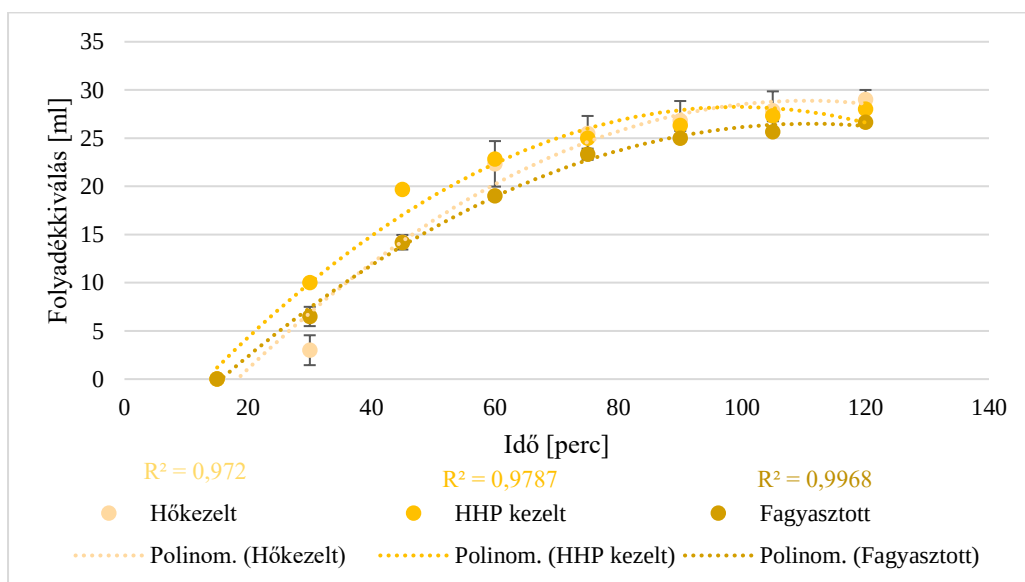
A tojásfehérjeleveken végzett szárazanyag-tartalom vizsgálatának eredményét a 22. ábra mutatja be. A tojásfehérje szárazanyag-tartalma 12% (Razi és mtsai, 2023), amelynek 90%-át a fehérjék alkotják. Méréseim során azt tapasztaltam, hogy a kiindulási hőkezelt tojásfehérjelé $13,1 \pm 0,05\%$ -os szárazanyag-tartalommal rendelkezett. Minimális csökkenés tapasztalható a fagyasztás (0,08%) és a HHP kezelés (0,33%) hatására is a minta szárazanyag-tartalmában, amely kis eltérések mérési hibából is adódhatnak. Az eredményekből megállapítható, hogy az alkalmazott fagyasztás és HHP kezelés során megfelelően záródó csomagolóanyagokat alkalmaztam, ugyanis nem változott nagy mértékben a minták szárazanyag-tartalma.



22. ábra: A tartósított tojásfehérjelevek szárazanyag-tartalmának eredményei

5.4 A tojásfehérje habok habstabilitási eredményei

A habstabilitás vizsgálatának eredményeit a 23. ábrán mutatom be. Habstabilitás esetében a tojásfehérjelé kemény habbá felverését követően a lékiválást mértem 15 percenként a 120. percig.

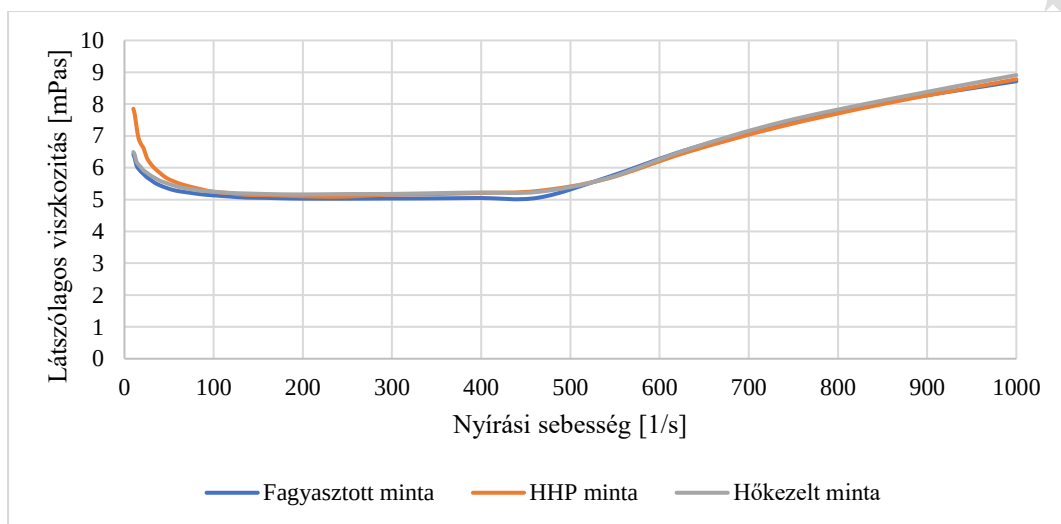


23.ábra: A tojásfehérje habok habstabilitási eredményei

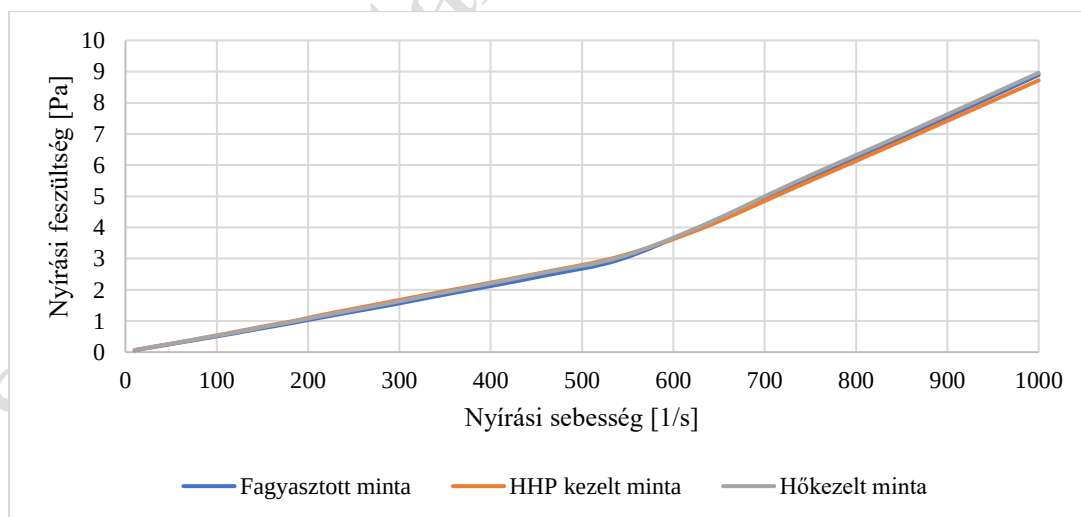
Méréseim során először a 30. percben mértem lékiválást. Megfigyelhető, hogy az első 30 perc után jelentősen megnőtt a minták folyadékkiválása. A folyadékkiválásra illesztett görbe a 45. és 60. perc közötti szakaszban a legmeredekebb, ebben az időtartományban vált ki a leggyorsabban a folyadék, majd egy telítési görbéhez hasonlóan lassult a folyadékkiválás. A mérés végére a hőkezelt tojásfehérjeléből felvert habban volt a legnagyobb mennyiségű lékiválás, azaz 29 ml-nyi minta alakult vissza folyadékká. A folyadékkiválásra a legpontosabban, megközelítőleg $R^2=1$ értékkel a polinomális modell illeszthető. Elmondható, hogy a habstabilitásra pozitívan hatott a fagyasztás és a HHP kezelés is. Ugyanis fagyasztás után ugyanannyi idő alatt csaknem 2,3 ml-el kevesebb lé vált ki, mint a hőkezelt mintából. Az eredmények alapján a fagyasztással történő tartósítási eljárást ajánlom a tartós habstabilitás szempontjából érzékeny termékek készítéséhez.

5.5 A tojásfehérjelevek reológiai tulajdonságainak változása különböző tartósító eljárások hatására

A tojásfehérjelevek viszkozitásgörbéit a 24. ábra, folyásgörbéit a 25. ábra mutatja be. A 24. ábrán a látszólagos viszkozitást ábrázoltam a nyírási sebesség függvényében a tojásfehérjelevek esetében. Ennél az ábránál az mondható el, hogy szinte fedik egymást a viszkozitásgörbék, nagy mértékű változás nem tapasztalható a kezelések hatására.



24. ábra: A tojásfehérjelevek viszkozitásgörbéje



25. ábra: A tojásfehérjelevek folyásgörbéje

A 25. ábrán mutatom be a tojásfehérjelevek folyásgörbéit. A folyásgörbék esetében a nyírási feszültséget ábrázoltam a nyírási sebesség függvényében. Az ábrát megfigyelve nem tapasztalhatunk eltérést egyik tartósítási mód esetében sem. Mind a három esetben

megfigyelhető, hogy a folyásgörbe két szakaszra osztható, az első szakaszban (10–530 1/s-ig) enyhébben, majd azt követően (530–1000 1/s között) meredekebben emelkedett a nyírási feszültség. Az ilyen jellegű folyásgörbe dilatáló reológiai viselkedésre utal, ugyanis az ilyen minták esetében a nyírófeszültség a nyírási sebesség növekedésével egyre nagyobb mértékben növekszik.

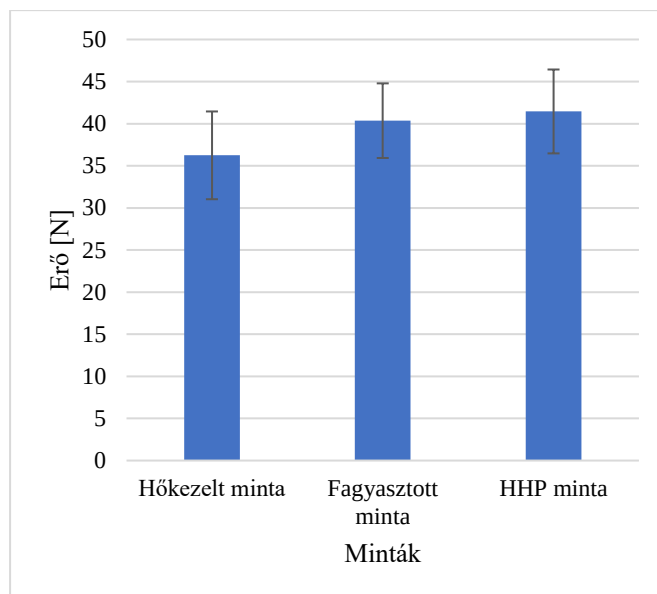
A 7. táblázatban foglaltam össze a Herschel-Bulkley modell segítségével kapott eredményeket. Az eredmények által megállapíthatjuk, hogy a τ_0 (folyáshatár) értéke a hőkezelt minta esetében kicsit nagyobbnak bizonyult, mint a fagyasztott és a HHP kezelt minta esetében. Az R^2 értéke 1-hez közeli érték, így megállapíthatjuk, hogy a modell megfelelően illeszkedik. Továbbá a táblázat eredményei alátámasztják, hogy valóban dilatáló folyadékok, ugyanis a folyásindex (n) értéke nagyobb, mint 1.

7.táblázat: A tartósítási módokkal kezelt tojásfehérjelevek folyásgörbéire illesztett Herschel-Bulkley modell eredményei

Minta megnevezése	τ_0 (Pa)	K (mPas)	n	R^2
HHP kezelt minta	$0,1335 \pm 0,11$	$0,0003 \pm 1,1E-03$	$1,4981 \pm 0,05$	$0,9968 \pm 1,5E-03$
Fagyasztott minta	$0,134 \pm 0,11$	$0,0002 \pm 1,0E-03$	$1,5787 \pm 0,07$	$0,9975 \pm 3,4E-03$
Hőkezelt minta	$0,1402 \pm 0,12$	$0,0002 \pm 1,7E-03$	$1,5504 \pm 0,10$	$0,9973 \pm 2,9E-03$

5.6 A habcsókok állománymérésének eredményeire

A tojásfehérjeléből készített habcsókok állománymérését penetrációs módszerrel végeztem. A méréseim során arra voltam kíváncsi, hogy a különböző tartósítási módok milyen módon befolyásolják a habcsókok roppanosságát. A habcsókok megroppantásához szükséges erőt a 26. ábrán mutatom be.

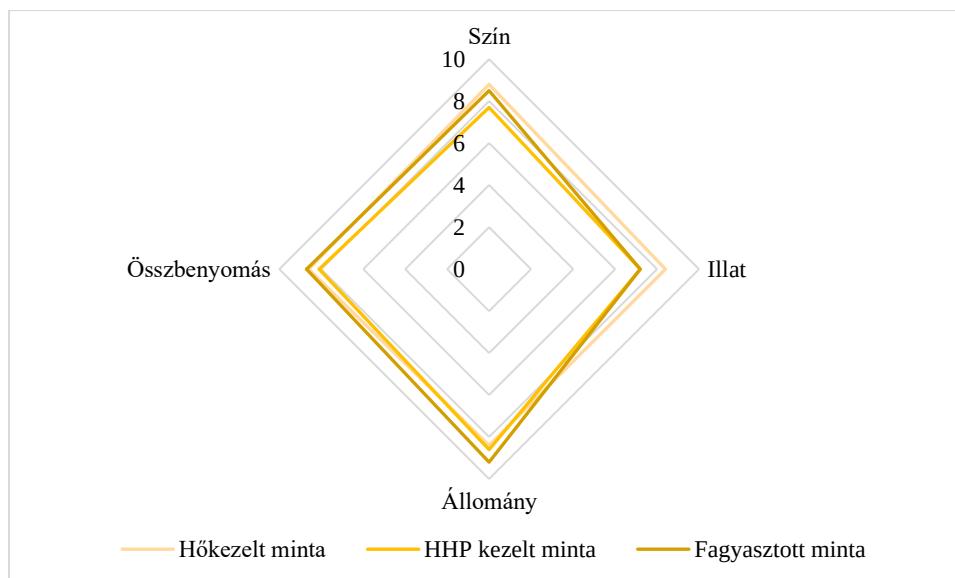


26.ábra: A tartósítási módokkal kezelt tojásfehérjeléből készített habcsókok megroppantásához szükséges erő

Méréseim során a kívánt állag eléréséhez eltérő sütési időt alkalmaztam, aminek következtében nem lehet egyértelmű következtetéseket levonni a minta állományát tekintve. A sütési idők alapján a hőkezelt mintát sütöttem a legtovább, az állománymérési adatok alapján viszont egy kevésbé kemény állagot kaptam. Ez alapján az a következtetés vonható le, hogy a HHP kezelés és a fagyasztás a habcsókoknak egy jobb, keményebb, roppanósabb állagot kölcsönöz.

5.7 A habcsókok érzékszervi minősítésének eredményei

A fogyasztók számára igen fontosak a termékek érzékszervi jellemzői. A tojásfehérjelevekben a tartósítási kezelések hatására bekövetkezett érzékszervi változások megállapítását a szakdolgozatom készítése során egy 10 fős fogyasztói bíráló csoport végezte. A késztermékeket, azaz habcsókokat szín, állomány, illat és összbenyomás alapján pontozták. Mivel a habcsókhoz hozzáadott nagy mennyiségű cukor elnyomja az ízkomponenseket, ezért a termék ízének pontozása nem került a bírálati szempontok közé. Az érzékszervi minősítés grafikus eredményeit a 27.ábra szemlélteti.



27.ábra: A tojásfehérjelevekből készült habcsók minták érzékszervi minősítésének eredményei

A kapott eredmények alapján a bírálók a minták illatát kedvelték a legkevésbé, míg az állományát a leginkább a felsorolt érzékszervi tulajdonságok közül. Az 5.6 fejezetben megállapítottam, hogy a fagyasztással és a HHP kezeléssel tartósított minták esetében egy roppanós, kemény állományt kaptam. A bírálók pontozása alapján is észrevehető, hogy habcsók készítése során a cél egy kellemes, roppanós állag elérése. A HHP technológiával tartósított tojásfehérjeléből készített habcsókot kedvelték összességében a legkevésbé a bírálók. A színt és illatot tekintve a hőkezelt minta nyerte el leginkább a bírálók tetszését. Összbenyomás és állomány alapján átlagosan a legtöbb pontot a fagyasztással tartósított mintára adták.

6. Összefoglalás

Szakdolgozatomban ipari körülmények között homogénezett, hőkezelt tojásfehérjeleveken további tartósítási eljárásokat hajtottam végre. A tojásfehérjelevet három mintacsoportra bontottam. Az első, kontroll mintacsoportot a Capriovus Kft. által pasztörözött tojásfehérjélé minta alkotta. A második mintacsoportnak a fagyasztott mintát tekintettem, amelyet lassú fagyasztással fagyasztottam, 24 órán keresztül, majd gyorsan engedtettem fel. A harmadik mintacsoportot a nagy hidrosztatikus nyomású (400 MPa) kezeléssel tartósított tojásfehérjélé tette ki.

Munkám során arra kerestem a választ, hogy az általam alkalmazott tartósítási eljárások milyen hatással vannak az egyes minták színére, pH-értékére, reológiai tulajdonságaira. Továbbá kíváncsi voltam, hogyan hatnak a kezelések a habcsók állományára és érzékszervi tulajdonságaira, valamint a tojásfehérjehabok habstabilitására. A vizsgálataimhoz a tartósítási módokkal kezelt tojásfehérjelevekből készítettem félkész terméket, azaz tojásfehérje habot, valamint késztermékképp habcsókot.

A kapott eredmények alapján a tojásfehérjélé pH-értékét kis mértékben csökkentette a fagyasztás, a HHP kezelt tojásfehérjélé pH-értéke nem változott számottevően a hőkezelt mintához képest. A tojásfehérjehabok esetében a kiindulási tojáslevekhez képest átlagosan 0,60 pH csökkenés tapasztalható. A minták színének kiértékelése során ΔE_{ab}^* értékeket számoltam, amely eredményei alapján megállapítottam, hogy feltűnő és észrevehető kategóriába sorolható vizuális színelkülönbség tapasztalható a hőkezelt és a HHP tartósítási móddal kezelt minták között, de a fagyasztás hatására csak csekély színváltozás tapasztalható.

A habstabilitás vizsgálata során a felvert tojásfehérje habok léeresztését vizsgáltam az idő függvényében. Kísérleti eredmények alapján elmondható, hogy a fagyasztott minta rendelkezett a legnagyobb habstabilitással, még a hőkezelt kontroll minta léeresztése volt a legnagyobb a 3 mintacsoport közül.

A minták szárazanyag-tartalmára a tartósítási kezelések egyike sem volt hatással.

A tojásfehérjelevek reológiai tulajdonságaira is csak csekély mértékben voltak hatással a tartósítási módszerek, az ábrázolt folyás- és viszkozitásgörbék lefutása sem különbözött jelentősen egymástól.

A habcsók állományának vizsgálata során megállapítottam, hogy a hőkezelt mintához képest a HHP kezelés és a fagyasztás pozitívan hatott a minta roppanosságára, ugyanis egy keményebb, roppanósabb jobb állagot sikerül a kezelésekkel elérni.

Az érzékszervi vizsgálatok alapján a bírálók összbenyomás szempontjából a fagyasztott mintákat kedvelték a leginkább, míg a HHP kezelt minta nyerte el a legkevésbé az összesítés alapján a bírálók tetszését.

A dolgozatomban bemutatott eredmények alapján a tartósítási eljárások között jelentős különbség nem állapítható meg. Annak érdekében, hogy megtaláljuk az optimális kezelési paramétereket további kísérletek elvégzését javaslom. Lehetőséget látok abban, hogy hosszabb időtartamú fagyasztást alkalmazzunk, HHP kezelés esetében pedig kisebb nyomással végezzük a kísérleteket. Továbbá lehetőséget látok abban, hogy a tartósító kezelések hatásának összehasonlítását nyers tojásfehérjével végezzük. Úgy gondolom érdemes lenne más termékekben pl.: piskótában is megvizsgálni a tartósító kezelések hatását.

7. Irodalomjegyzék

1. 1029/2006/EK rendelet (2009): Útmutató a tojástermékek előállítására, tojás csomagolására vonatkozó jó higiéniai gyakorlathoz
<https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/8/eb/40000/Toj%C3%A1sterm%C3%A9kek%20el%C5%91%C3%A1ll%C3%ADt%C3%A1sa%20ghp.pdf>
2. 1308/2013/EU rendelete (2013): Az Európai Parlament és a Tanács 1308/2013/EU rendelete (2013. december 17.) a mezőgazdasági termékpiacok közös szervezésének létrehozásáról, és a 922/72/EGK, a 234/79/EK, az 1037/2001/EK és az 1234/2007/EK tanácsi rendelet hatályon kívül helyezéséről. Köt. 347. (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex:32013R1308>)
3. 4/1998. (XI. 11.) EüM rendelet. (1998):
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99800004.eum>
4. A Bizottság 589/2008/EK rendelete (2008): az 1234/2007/EK tanácsi rendeletnek a tojás forgalmazása tekintetében történő alkalmazására vonatkozó részletes szabályok megállapításáról. (<http://data.europa.eu/eli/reg/2008/589/2013-07-01/hun>)
5. Abeyrathne, E. D. N. S., Lee, H. Y., & Ahn, D. U. (2013). Egg white proteins and their potential use in food processing or as nutraceutical and pharmaceutical agents—A review. Poultry Science, 92(12), 3292–3299. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03391>
6. Balasubramaniam, V. (2021). Process development of high pressure-based technologies for food: Research advances and future perspectives. Current Opinion in Food Science, 42, 270–277. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.10.001>
7. Benedé, S., & Molina, E. (2020). Chicken Egg Proteins and Derived Peptides with Antioxidant Properties. Foods, 9(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/foods9060735>
8. Chen, R., Jiang, C., Li, X., Shi, X., Zhuang, L., Zhou, W., Zhou, C., Xuan, L., Xu, G., & Zheng, J. (2023). Research on Chinese consumers' shell egg consumption preferences and the egg quality of functional eggs. Poultry Science, 102(10), 103007. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103007>
9. Considine, K. M., Kelly, A. L., Fitzgerald, G. F., Hill, C., & Sleator, R. D. (2008). High-pressure processing – effects on microbial food safety and food quality. FEMS Microbiology Letters, 281(1), 1–9. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2008.01084.x>
10. Croguennec, T., Renault, A., Beaufils, S., Dubois, J.-J., & Pezenne, S. (2007). Interfacial properties of heat-treated ovalbumin. Journal of Colloid and Interface Science, 315(2), 627–636. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2007.07.041>

11. Dalmadi I. (n.a.): Élelmiszer-tartósítás nagy hidrosztatikai nyomással, 1-3.o., <http://chemonet.hu/osztaly/kemia/tudnap13/di.pdf>
12. de Oliveira-Boreli, F. P., Pereira, D. F., Gonçalves, J. A., da Silva, V. Z., & Nääs, I. de A. (2023). Non-destructive assessment of hens' eggs quality using image analysis and machine learning. *Smart Agricultural Technology*, 4, 100161. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100161>
13. Ding, L., Xia, M., Zeng, Q., Zhao, Q., Cai, Z., & Zhu, Z. (2022). Foaming properties and aggregation mechanism of egg white protein with different physical treatments. *LWT*, 153, 112505. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112505>
14. Fang, B., & Nakagawa, K. (2021). Effect of pH, ionic strength, and freezing treatment on a colloidal suspension of egg white aggregates. *Food Structure*, 27, 100181. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2021.100181>
15. 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>
16. Froning, G. W., Peters, D., Muriana, P., Eskridge, K., Travnicek, D., & Sumner, S. S. (2002). International egg pasteurization manual.
17. Gharbi, N., & Labbafi, M. (2019). Influence of treatment-induced modification of egg white proteins on foaming properties. *Food Hydrocolloids*, 90, 72–81. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.11.060>
18. Gokul Nath, K., Pandiselvam, R., & Sunil, C. K. (2023). High-pressure processing: Effect on textural properties of food- A review. *Journal of Food Engineering*, 351, 111521. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111521>
19. Hidas, K. I., A fagyasztás hatásai a tojáslevek minőségi jellemzőire Doktori értekezés Élelmiszertudományi Doktori Iskola Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
20. Hidas, K. I., Nyulasné Zeke, I. C., Vargáné Tóth, A., Visy, A., Barkó, A., Horváth-Mezőfi, Z., & Németh, C. (2022). Teljes tojásle reológiai, kalorimetrikus és funkcionális tulajdonságainak változása a fagyasztás során. *A Hús*, 1(1-2), 45–50. <https://doi.org/10.56616/meat.3354>
21. Internet 1: A tojás szerkezeti felépítése https://mannakonyhaja.blog.hu/2012/04/12/tojas_2013
22. Internet 2: Az „A” osztályú tojás tömeg szerinti osztályba sorolása: <https://portal.nebih.gov.hu/-/amit-a-tojas-jeloleserol-tudni-kell>

23. Internet 3: A tojástartörő berendezés: <https://www.nanyoe.top/ProductDetail.aspx?iid=602399524&pr=65.88>
24. Internet 4: Tojáslé pasztörizáló berendezés: <https://eggprocessing.net/Pasteurizer-with-RSH-ru>
25. Internet 5: Lemezes hőcserélő: <https://www.alfalaval.us/microsites/gasketed-plate-heat-exchangers/types/widegap/>
26. Internet 6: <https://capriovus.eu/pasztorozott-tojasfeherje-le-1-kg/>
27. Internet 7: Testo 206 pH1 típusú készülék: <https://www.testo.com/hu-HU/testo-206-ph1/p/0563-2065>
28. Internet 9: Exsziikkátor: <https://www.acidum2.hu/exsziikkator-vakuumcsapos-fedellel-betet-nelkul-atmero-150-mm-7479>
29. Jin, H., Jin, Y., Pan, J., Mi, S., Zeng, Q., Li, Z., Wang, Q., Sun, Y., & Sheng, L. (2023). Comprehensive identification and hydrophobic analysis of key proteins affecting foam capacity and stability during the evolution of egg white foam. Food Hydrocolloids, 134, 108033. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108033>
30. Julià, S., Sánchez, L., Pérez, M. D., Lavilla, M., Conesa, C., & Calvo, M. (2007). Effect of heat treatment on hen's egg ovomucoid: An immunochemical and calorimetric study. Food Research International, 40(5), 603–612. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.11.004>
31. Kulshreshtha, G., Rodriguez-Navarro, A., Sanchez-Rodriguez, E., Diep, T., & Hincke, M. T. (2018). Cuticle and pore plug properties in the table egg. Poultry Science, 97(4), 1382–1390. <https://doi.org/10.3382/ps/pex409>
32. Lakatos, E. (2013). Élelmiszeripari Technológiák II. Mosonmagyaróvár: Palatia Nyomda és Kiadó Kft.
33. Légrády, P. (2001) Tojás, táplálkozás, egészség Budapest: Maecenas Könyvkiadó
34. Li, Z., Huang, X., Tang, Q., Ma, M., Jin, Y., & Sheng, L. (2022). Functional Properties and Extraction Techniques of Chicken Egg White Proteins. Foods, 11(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/foods11162434>
35. Liu, X. D., Han, R. X., Yun, H., Jung, K. C., Jin, D. I., Lee, B. D., Min, T. S., & Jo, C. (2009). Effect of irradiation on foaming properties of egg white proteins. Poultry Science, 88(11), 2435–2441. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00063>
36. Mao, Y., Huang, M., Bi, J., Sun, D., Li, H., & Yang, H. (2023). Effects of kappa-carrageenan on egg white ovalbumin for enhancing the gelation and rheological properties via electrostatic interactions. Food Hydrocolloids, 134, 108031. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108031>

37. Misra, N. N., Koubaa, M., Roohinejad, S., Juliano, P., Alpas, H., Inácio, R. S., Saraiva, J. A., & Barba, F. J. (2017). Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. *Food Research International*, 97, 318–339. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.001>
38. Németh, Cs. (2012) Tojáslevek kis hőmérsékletű hőkezelése. Doktori értekezés. Élelmiszertudományi Doktori Iskola, Budapesti Corvinus Egyetem
39. Nys, Y., Gautron, J., Garcia-Ruiz, J. M., & Hincke, M. T. (2004). Avian eggshell mineralization: biochemical and functional characterization of matrix proteins. *Comptes Rendus Palevol*, 3(6-7), 549-562.
40. Parkhurst, C., and J. Mountney, G. (2012). *Poultry Meat and Egg Production*. Springer Science & Business Media
41. Pérez-Reyes, M. E., Tang, J., Barbosa-Cánovas, G. V., & Zhu, M.-J. (2021). Influence of water activity and dry-heating time on egg white powders quality. *LWT*, 140, 110717. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110717>
42. Ramachandran, R., Malhotra, D., Anishaparvin, A., & Anandharamakrishnan, C. (2011). Computational fluid dynamics simulation studies on pasteurization of egg in stationary and rotation modes. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(1), 38–44. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.11.008>
43. Razi, S. M., Fahim, H., Amirabadi, S., & Rashidinejad, A. (2023). An overview of the functional properties of egg white proteins and their application in the food industry. *Food Hydrocolloids*, 135, 108183. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108183>
44. Razi, S. M., Fahim, H., Amirabadi, S., & Rashidinejad, A. (2023). An overview of the functional properties of egg white proteins and their application in the food industry. *Food Hydrocolloids*, 135, 108183. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108183>
45. Réhault-Godbert, S., Guyot, N., & Nys, Y. (2019). The Golden Egg: Nutritional Value, Bioactivities, and Emerging Benefits for Human Health. *Nutrients*, 11(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/nu11030684>
46. Rogowska, A., Król-Górniak, A., Railean, V., Kanawati, B., Schmitt-Kopplin, P., Michalke, B., Sugajski, M., Pomastowski, P., & Buszewski, B. (2023). Deciphering the complexes of zinc ions and hen egg white lysozyme: Instrumental analysis, molecular docking, and antimicrobial assessment. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 305, 123490. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2023.123490>

47. Rose-Martel, M., Du, J., & Hincke, M. T. (2012). Proteomic analysis provides new insight into the chicken eggshell cuticle. *Journal of Proteomics*, 75(9), 2697–2706. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.03.019>
48. Seregély, Z., Farkas, J., Tuboly, E., & Dalmadi, I. (2006). Investigating the properties of egg white pasteurised by ultra-high hydrostatic pressure and gamma irradiation by evaluating their NIR spectra and chemosensor array sensor signal responses using different methods of qualitative analysis. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 82(1), 115–121. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2005.04.012>
49. Tanács, L., Pinnyey, Sz. (2018) *Mezőgazdasági termékek feldolgozása 2. állati eredetű nyersanyagok feldolgozása*, Szegedi Tudományegyetem, Mezőgazdasági Kar ISBN 378-963-306-634-8
50. Tóth, A. (2019) *Tojáslevek eltarthatóságának növelése kombinált kíméletes tartósítási eljárások alkalmazásával* Doktori értekezés Élelmiszertudományi Doktori Iskola Szent István Egyetem
51. Uysal, R. S., Boyacı, İ. H., Soykut, E. A., & Ertaş, N. (2017). Effects of heat treatment parameters on liquid whole egg proteins. *Food Chemistry*, 216, 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.050>
52. 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(2), e12977. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12977>
53. Van der Plancken, I., Van Loey, A., & Hendrickx, M. E. (2005). Combined effect of high pressure and temperature on selected properties of egg white proteins. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(1), 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2004.10.002>
54. Van der Plancken, I., Van Loey, A., & Hendrickx, M. E. (2007). Foaming properties of egg white proteins affected by heat or high pressure treatment. *Journal of Food Engineering*, 78(4), 1410–1426. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.013>
55. Wang, J., Luo, W., Chen, Y., Zhang, Q., Harlina, P. W., Wang, J., & Geng, F. (2023). Quantitative metabolome analysis of boiled chicken egg yolk. *Current Research in Food Science*, 6, 100409. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.100409>
56. Wang, Z., Tu, A., Tang, D., & Shan, Y. (2018). Effectively preparing soluble ovomucin with high antiviral activity from egg white. *International Journal of Biological Macromolecules*, 118, 504–510. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.101>
57. Xiao, J., Wang, J., Cheng, L., Gao, S., Li, S., Qiu, N., Li, H., Peng, L., & Geng, F. (2020). A puzzle piece of protein N-glycosylation in chicken egg: N-glycoproteome of chicken egg

vitelline membrane. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 3125–3132.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.08.193>

58. Zeke, I. (2015). Fagyasztott élelmiszer-emulziók stabilitásának vizsgálata. Doktori értekezés. Élelmiszertudományi Doktori Iskola, Budapesti Corvinus Egyetem
59. Zhang, Y., Wang, Q., Jin, H., Yang, Y., Chen, B., & Sheng, L. (2023). Enhancement of foaming properties and storage stability of pasteurized liquid egg white through ultrasound modification. *Food Hydrocolloids*, 146, 109282.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109282>
60. Zhu, Y., Vanga, S. K., Wang, J., & Raghavan, V. (2018). Impact of food processing on the structural and allergenic properties of egg white. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 188–196. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.005>

9. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni a Capriovus Kft.-nek, hogy a szakdolgozatom méréséhez szükséges nyersanyagot biztosította számomra.

Hálásan köszönöm a konzulenseimnek, Hidas Karinának és Vargáné dr, Tóth Adriennek, akikhez bármikor kérdéssel fordulhattam, akik bízattak és szakmai tudásukkal segítettek a szakdolgozatom elkészítése során.

Külön köszönettel tartozom a családomnak, akik egyetemi tanulmányaim során mindig segítettek és bízattak.

Szilágyi Sára Szakdolgozat

10. Nyilatkozat

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és
eredetiségéről

A hallgató neve:

SZILÁGYI SARA

A Hallgató Neptun kódja:

RYR10W

A dolgozat címe:

A TOJÁSTEHÉRKÉPE KÜLÖNBÖZŐ JARTÓSI TÖREDESEINEK HATÁSA A
TOJÁSTEHÉRKÉPE ÉS AZ ÁRÓDLKESZÜLT HÁRCSOK TULAJDONSAIGAI RA

A megjelenés éve:

2023

A konzulens intézetének neve:

ÉLELMISZERTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI INTÉZET

A konzulens tanszékének a neve: ÁLLATTÉRMÉK ÉS ÉLELMISZERTARTÓSI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott
záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi
alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen
megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan 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
szellemitulajdon-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: 2023. év NOVEMBER hó 05. nap

Szilágyi Sara
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Szilágyi Sára (hallgató Neptun azonosítója: RYR10W) 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 védelemre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Budapest, 2023. október 20.



Vargáné dr. Tóth Adrienn



Hidas Karina Ilona