

# SZAKDOLGOZAT

Balázs Dóra Szakdolgozat

Balázs Dóra

2023.11.06.



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

Enzimkezelt fagyasztott tojásból készült termékek  
minőségének vizsgálata

Balázs Dóra Szakdolgozat

Balázs Dóra

Budapest

2023.11.06

*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: Balázs Dóra

A szakdolgozat címe: Enzimkezelt fagyasztott tojásból készült termékek minőségének vizsgálata

Konzulens: Hidas Karina Ilona  
Külső konzulens esetén tanszéki felelős: -

Beadás dátuma: 2023. november 6.



szakedolgozat készítés helyének vezetője  
Dr. Friedrich László Ferenc



konzulens  
Hidas Karina Ilona



Dr. Friedrich László Ferenc  
Állattermék technológiák és minőségügy ismeretkör felelős

# Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés.....</b>	<b>1</b>
<b>2. A munka célja .....</b>	<b>2</b>
<b>3. Irodalmi áttekintés .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1. A tojás felépítése .....</b>	<b>3</b>
<b>3.2. A tojás kémiai összetétele és alapvető tulajdonságai.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2.1. A tojásfehérje kémiai összetétele.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2.2. A tojássárgája kémiai összetétele .....</b>	<b>6</b>
<b>3.3. A fagyasztás során bekövetkező változások nagy fehérjetartalmú termékekben .....</b>	<b>9</b>
<b>3.3.1. A húsok fagyasztása, felengedtetése során bekövetkező változások .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3.2. A tej fagyasztása, felengedtetése során bekövetkező változások.....</b>	<b>10</b>
<b>3.3.3. A tojássárgájale fagyasztása, felengedtetése során bekövetkező változások .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3.4. A teljes tojásle fagyasztása, felengedtetése során bekövetkező változások</b>	<b>12</b>
<b>3.4. Különböző módszerek használata a tojássárgája fagyasztás során bekövetkező gélesedésének megelőzésére .....</b>	<b>13</b>
<b>3.4.1. Enzimek használata a tojás fagyasztás-felengedtetés hatására bekövetkező gélesedésének megelőzésére .....</b>	<b>13</b>
<b>3.5. Az folyékony minták reológiai viselkedése és a tojáslevek reológiája .....</b>	<b>14</b>
<b>3.6. Késztermékek állományának mérése során alkalmazható módszerek bemutatása .....</b>	<b>16</b>
<b>4. Anyagok és módszerek .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1. Anyagok.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2. A kísérlet felépítése .....</b>	<b>18</b>
<b>4.3. Késztermék készítési módszerek .....</b>	<b>19</b>
<b>4.3.1. Majonéz készítése .....</b>	<b>19</b>
<b>4.3.2. Piskóta készítése.....</b>	<b>20</b>
<b>4.4. Mérési módszerek .....</b>	<b>20</b>
<b>4.4.1. pH mérés.....</b>	<b>20</b>
<b>4.4.2. Színmérés.....</b>	<b>21</b>
<b>4.4.3. Tojáslevek reológiai tulajdonságainak vizsgálata rotációs reométerrel.....</b>	<b>22</b>
<b>4.4.4. Majonéz reológiai vizsgálata SMS állománymérő készülékkel.....</b>	<b>23</b>
<b>4.4.5. Piskóta állományának vizsgálata SMS állománymérő készülékkel.....</b>	<b>24</b>
<b>4.4.6. Késztermékek érzékszervi vizsgálata.....</b>	<b>24</b>
<b>4.4.7. Statisztikai elemzés .....</b>	<b>25</b>

<b>5. Kísérleti eredmények és értékelésük.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1. Az enzimkezelés és a fagyasztás-felengedtetés hatása a tojáslevek tulajdonságaira .....</b>	<b>26</b>
5.1.1. Tojássárgájale pH mérésének eredményei.....	26
5.1.2. Teljes tojásle pH mérésének eredményei .....	27
5.1.3. Tojássárgájale színmérésének eredményei .....	27
5.1.4. Teljes tojásle színmérésének eredményei .....	30
<b>5.2. Az enzimkezelés és a fagyasztás-felengedtetés hatása a késztermékek tulajdonságaira .....</b>	<b>36</b>
5.2.1. Majonéz színmérésének eredményei.....	36
5.2.2. Piskóta színmérésének eredményei.....	38
5.2.3. Majonéz állománymérésének eredményei .....	40
5.2.4. Piskóta állománymérésének eredményei.....	42
5.2.5. Majonéz érzékszervi bírálatának eredményei .....	45
5.2.6. Piskóta érzékszervi bírálatának eredményei .....	46
<b>6. Összefoglalás .....</b>	<b>48</b>
<b>Irodalomjegyzék .....</b>	<b>50</b>

Balázs Dóra Szakdolgozat

## 1. Bevezetés

A tojás az emberi táplálkozás egyik alapvető és sokoldalú összetevője, amely hosszú ideje fontos szerepet játszik az élelmiszeriparban és a háztartásokban egyaránt. Az egészséges táplálkozás egyik fontos eleme, mivel magas fehérje- és kitűnő tápanyagtartalommal rendelkezik, kiváló forrása az esszenciális aminosavaknak és vitaminoknak. Az élelmiszeripar számos termékben használja, mint például majonézben, salátaöntetekben, süteményekben és piskótákban.

Az élelmiszeriparban a különböző termékek gyártása során a héjas tojás helyett gyakran tojástermékeket alkalmaznak a kisebb munkaerő igény, az egyszerűbb kezelés és könnyebb adagolhatóság miatt. A feldolgozott tojástermékek közé tartoznak többek között a tojáslevek, amelyek között megkülönböztetünk tojássárgájából, tojásfehérjéből készült termékeket, valamint a teljes tojáslevet.

A tojás héj feltörése után a tojás elveszíti a fizikai védelmét. A feltört és homogenizált tojáslevek minden tápanyagot tartalmaznak, ami a mikroorganizmusok szaporodásához szükséges, emiatt hamar megromlanak. Ennek köszönhetően rövid felhasználhatósági idővel rendelkeznek, ami kihívást jelent az élelmiszeripar számára.

A tojáslevekhez a hosszabb eltarthatóság érdekében tartósítószeret szoktak adni, azonban jelenleg az élelmiszeriparban uralkodó trendeknek megfelelően a gyártók keresik azokat a tartósító eljárásokat, amelyek mellett nem szükséges a tartósítószer és adalékanyagok használata.

Egy lehetséges megoldás a tojáslevek eltarthatósági idejének megnövelésére a fagyasztás, amely lehetővé teszi a tojáslevek hosszabb tárolását. Azonban a fagyasztás során a tojáslevekben gélesedés tapasztalható, ami negatívan befolyásolhatja a késztermékek minőségét is. Ennek elkerülése érdekében fontos olyan megoldást találni, amely megszünteti a gélesedést, így a fagyasztott tojáslevekből készült élelmiszerek továbbra is kiváló minőségűek lehetnek. Több kutatásban is foglalkoztak a gélesedés megelőzésével, különböző krioprotektív hatású anyagokat alkalmaztak, amelyek lehetnek például a szacharóz, a konyhasó vagy különböző enzimek készítmények.

A tojás hosszú ideje fontos eleme az emberi étrendnek, és az élelmiszeriparban is elengedhetetlen alapanyag. A fagyasztott tojáslevek alternatív megoldást kínálnak a tojás tartósítására és felhasználására, miközben megoldást kell találni a gélesedés problémájára, hogy a fagyasztott-felengedett tojássárgája állománya a friss tojássárgájához közeli állapotba kerüljön annak érdekében, hogy a késztermékek minősége megmaradjon.

## 2. A munka célja

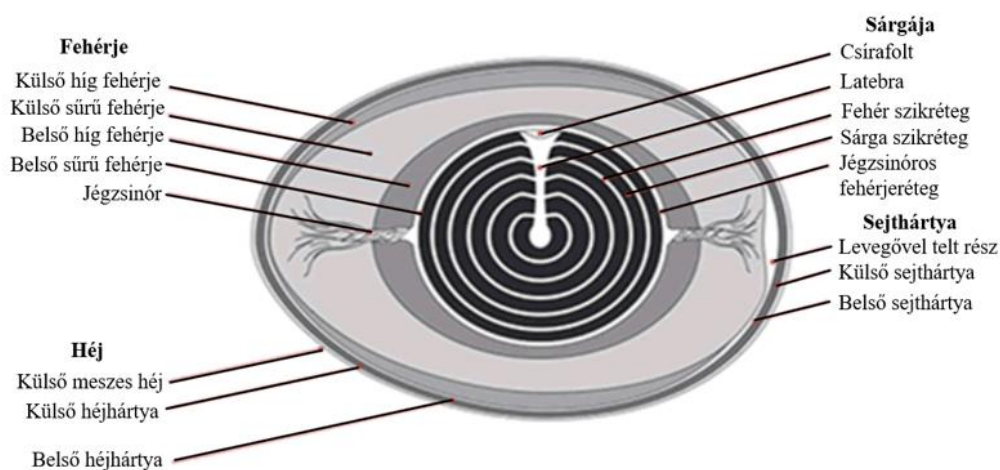
A tojássárgájale és a teljes tojásle a lassú fagyasztás, majd felengedtetés hatására nagymértékű állományváltozáson esik át. Kutatásom során egy kereskedelmi forgalomban kapható aminosavaktíváló aktivitással rendelkező enzimkészítmény (Biocatalysts Flavorpro™ 750MDP) hatását vizsgáltam erre az állományváltozásra, illetve a tojásleveköl készített késztermékekre.

- Kutatásom során célul tűztem ki, hogy megvizsgáljam, hogy a fentebb említett enzimkészítmény különböző koncentrációkban (0,05 m/m%; 0,3 m/m%; 0,5 m/m%) alkalmazva hogyan befolyásolja a tojáslevek színét, pH-ját és reológiai tulajdonságait.
- Célom meghatározni, hogy hogyan hat a fagyasztás az enzimkezelt tojáslevek színére, pH-értékére és reológiai tulajdonságaira.
- Célom az enzimkezelés hatásának vizsgálata a teljes tojásleből készített piskóta és a tojássárgájából készített majonéz színének, állományának tulajdonságaira.
- Ezenkívül célul tűztem ki, hogy megvizsgáljam, hogy hogyan hat a fagyasztás az enzimkezelt teljes tojásleből készült piskóta és az enzimkezelt tojássárgájaleből készült majonéz színének, állományának tulajdonságaira.

### 3. Irodalmi áttekintés

#### 3.1. A tojás felépítése

A tojás egy olyan tápanyagforrás, amely egy könnyen felszívódó, ideális tápanyagösszetétellel rendelkező táplálék. Ez annak is köszönhető, hogy az állatvilág legnagyobb petesejtje, így tartalmaznia kell az összes energia- és tápanyagforrást az embrió fejlődéséhez (Nys & Guyot, 2011). Alakja alul gömbölydedebb, felső része pedig hegyesebb. A tyúktojások tömege általánosan 50-63 g között mozog, ebből a tojássárgája nagyjából 30-33% a fehérje pedig 60% körül mozog (Stadelman és mtsai., 1995). A tyúktojás szerkezeti felépítését az 1. ábra mutatja részletesen.



1. ábra A tojás szerkezeti felépítése (Kaufman, 2017)

A tojás fő alkotórészei közé sorolható a tojássárgája, a tojásfehérje és a héj.

A **sárgája** sötétebb és világosabb részekből áll, a közepén helyezkedik el egy világos rész, a latebra, illetve ezen található a csírafolt. Ezeket a részeket a szikhártya veszi körül. A tojássárgája színének kialakulását több tényező is befolyásolja. Ilyen például a takarmányozás és állattartás körülményei, a tojóállat kora, vagy a genetikai tényezők (Nys & Guyot, 2011).

A sárgáját a **fehérje** veszi körbe, amely négy különböző viszkozitással rendelkező rétegből tevődik össze (Stadelman és mtsai., 1995). A tojássárgája helyzetét a fehérjében a spirál alakban feltekeredett jégzsinórok rögzítik úgy, hogy a héj két végéhez kötik a sárgája két végét. Ezek a jégzsinórok a belső sűrű fehérjeréteg feltekeredéséből alakultak ki. A jégzsinórban található lizozim enzim feladata, csíraölő hatásából adódóan, hogy a hosszabb tárolás során se következzen be a tojás romlása (Shawkey és mtsai., 2008). A belső sűrű



fehérje a tojásfehérje kb. 2,7%-a. Ez a réteg a tárolás hatására egyre hígabb lesz a vízkilépés hatására, így a belső sűrű fehérjével szomszédos híg fehérje aránya növekedik a tárolás időtartamának növelésével. A belső híg fehérje a tojásfehérje 17,3%-át teszi ki. A tojás külső része felé haladva a külső sűrű fehérje található meg legnagyobb arányban a fehérjében, ez 57%. A fehérjeréteg negyedik, legkülső rétege a fehérje 23%-át adó külső híg fehérjeréteg. A tojásfehérjét két sejthártya, másnéven héjhártya veszi körül, a belső héjhártya vékonyabb, 20  $\mu\text{m}$ , a belső fehérjéhez tapad, a külső pedig vastagabb, 50  $\mu\text{m}$  és a tojás héjához tapad (Légrády, 2001). Általában a tojás tompább oldalán, a külvilágba kerülés során a belső és a külső hártya közé levegő jut, ennek következményeként alakul ki a légkamra. Ennek mérete a vízveszteség miatt a tojás tárolásával nő, tehát minél frissebb a tojás, annál kisebb a légkamra (Suhajda és mtsai., 2011).

A tojáshéj egy olyan meszes héj, amely védi a fejlődő embriót a fizikai sérülésektől és a mikroorganizmusok által okozott szennyeződésektől is. A meszes héj legnagyobb része kristályos formájú kalcium-karbonát, emellett megtalálható még benne magnézium-karbonát, kalcium-foszfát, nátriumsó és káliumsó, ezen kívül fehérjéket is tartalmaz. A meszes héjban található pórusok azt a célt szolgálják, hogy a fejlődő embriónak rendelkezésre álljon a megfelelő oxigénbevitel, illetve a felesleges szén-dioxid és a víz is ezeken a nyílásokon tud távozni.

A tojáshéjat a kutikularéteg vonja be, elzárva a meszes héj pórusait és ezzel megakadályozva a mikroorganizmusok bejutását a tojásba, illetve a kutikularéteg épségben tartása által a belső nedvesség elpárolgásának időtartama, így a tojás eltarthatóságának ideje is hosszabb lesz. A tojás mosásával eltávolítjuk ezt a kutikularéteget, amely az eltarthatósági idő csökkenését eredményezi (O'Bryan és mtsai., 2017).

## **3.2. A tojás kémiai összetétele és alapvető tulajdonságai**

### **3.2.1. A tojásfehérje kémiai összetétele**

A tojásfehérje fő alkotói 88% víz és 11% fehérjék. Ezenkívül található még szénhidrátok, ásványi anyagok és lipidek is a tojásfehérjében. A szárazanyag-tartalom legnagyobb részét, kb. 90%-át a fehérjék képezik, ezek többségében globuláris harmadlagos szerkezettel rendelkező glikoproteinek. A tojásfehérjében található fehérjék aránya, molekulatömege, izoelektromos pontja és a vízben történő denaturálódás hőmérséklete az 1. táblázatban látható.

**1. táblázat** A tojásfehérjét alkotó fehérjék megnevezése, előfordulási aránya a fehérjében, molekulatömege, izoelektromos pontja és denaturálódási hőmérséklete vízben (Hidas, 2022; Li-Chan és mtsai., 1995)

Fehérje	Előfordulási arány (%)	Molekulatömeg (kDa)	Izoelektromos pont (pH)	Denaturálódás vízben (°C)
Ovalbumin	54	45	4,5	84
Ovotranszferrin	12	76	6,1	61
Ovomukoid	11	28	4,1	77
Ovomucin	3,5	5,5-8,4×10 <sup>3</sup>	4,5-5,0	-
Lizozim	3,4	14,3	10,7	75
G2 globulin	4,0	30-45	5,5	92,5
G3 globulin	4,0	-	4,8	-
Ovoinhibitor	1,5	49	5,1	-
Ovoglikoprotein	1,0	24,4	3,9	-
Ovoflavoprotein	0,8	32	4	-
Ovomkroglobulin	0,5	769	4,5	-
Cisztatin	0,05	12,7	5,1	-
Avidin	0,05	68,3	10	85

A tojásfehérjét alkotó fehérjékből a legnagyobb arányban, 54%-ban ovalbumin található meg a tojásfehérjében. Az ovalbumin a szerpinek családjába tartozik, egy olyan glikoprotein amely foszfort, illetve szabad szulfhidril csoportokat tartalmaz és 385 aminosavból áll, így egyedülálló szerkezettel rendelkezik (Nisbet és mtsai., 1981). Az ovalbumin külső mechanikai hatások esetén könnyen denaturálódik, a hővel szemben viszont ellenálló. Tárolás hatására az ovalbumin átalakul S-ovalbuminná, ami egy hőstabilabb fehérje (Stadelman és mtsai., 1995).

Az ovotranszferrin vagy más néven konalbumin a tojásfehérje fehérjetartalmában 12%-ban fordul elő. Ez a fehérje képes megkötni a vasat, ennek eredményeképpen baktérium-gátló hatással bír. Legnagyobb mértékben a Gram-negatív baktériumokat tudja gátolni úgy, hogy megnehezíti a mikroorganizmusok vashoz való hozzájutását. Az ovotranszferrin az ovalbuminhoz képest kevésbé hajlamos felszíni denaturálódásra, viszont a hőérzékenysége nagyobb. A fémionokat megkötve hőstabil kelát-komplexet alkot, így a hőstabilitása is nő (Chang és mtsai., 1970).

Az ovomukoid 11%-ban található meg a tojásfehérjében. Ez egy oldatban hőstabil, glikolizált tripszin inhibitor fehérje, amelynek fontos jellemzője, hogy hosszabb ideig, magas hőmérsékleten (100°C) tartó hőkezelés hatására sem változnak meg a fiziko-kémiai tulajdonságai (Abdou és mtsai., 2013). A tojásfehérjében található fő allergén fehérjeként jelenik meg (Urisu és mtsai., 1997).

Az ovomucin 3,5 %-ban található meg a tojásfehérjében. Ez a fehérje egy rendkívül viszkózus, szulfáttartalmú glikoprotein. Megtalálhatók benne oldható és oldhatatlan komponensek is. Két alegységből, ( $\alpha$  és  $\beta$ ) áll, ezeket oldhatóságuk alapján azonosították. Az egyik egy szénhidrátban szegény, a másik pedig egy szénhidrát gazdag rész (X. Wang és mtsai., 2015). A két alegységet diszulfid-híd kötések tartják össze. A tojásfehérje gélszerű állagáért ez a fehérje felelős, illetve szilálsav tartalma miatt képes megvédeni a sejteket az enzimes hidrolízistől is (Sun és mtsai., 2016).

A lizozim szintén egy hőstabil fehérje, ennek magyarázata, hogy 4 diszulfidhíddal rendelkezik (Wan és mtsai., 2006). A lizozim fontos baktériumölő hatással rendelkezik. Ezt a hatását főleg a Gram-pozitív baktériumokra fejt ki, ugyanis a baktériumok sejtfalában található  $\beta$  1-4 glikozidos kötést hidrolizálja (Lesnierowski & Kijowski, 2007). Az összefolyt tojássárgájával rendelkező tojás a baktériumok szaporodásának kedvezőbb feltételeket biztosít, mivel a sárgája gátolja az enzim antimikrobás hatását, ha a lizozim sárgájával érintkezik (Galyean és mtsai., 1972).

Az ovoglobulin fehérje G2 és G3 frakciókra osztható. Ez a két frakció nagyon hasonlít egymáshoz, legnagyobb szerepük az élelmiszeriparban a habképzésben van (Abdou és mtsai., 2013).

Az ovoglikoprotein egy savas kémhatású fehérje, amelynek biológiai funkcióit tekintve további jellemzésre szorul, még nem tisztázottak a hatásai és felhasználási lehetőségei (Abdou és mtsai., 2013).

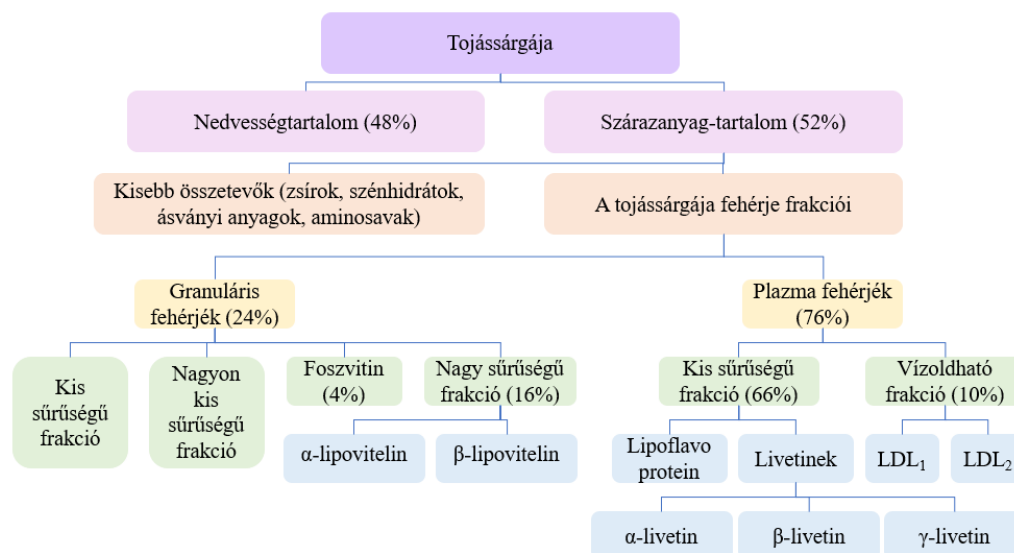
A tojásfehérjéket alkotó további fehérjék közül a kevesebb, mint 1%-ban előforduló fehérjék pontos arányai az 1. táblázatban láthatók.

### **3.2.2. A tojássárgája kémiai összetétele**

A tojássárgájában a víztartalom (50-51%) és a szárazanyag-tartalom (49-50%) mennyisége nem tér el jelentősen egymástól. A szárazanyag-tartalom főként zsírból és fehérjékből áll. Ahogy a 3. ábrán is látszik, a tojássárgájában két frakciót különíthetünk el, az egyik a folyékony plazma frakció, a másik pedig a plazmában diszpergálódott lipoprotein

granulátumok. A fehérjék denaturálódása nélkül a két frakció enyhe centrifugálással szétválasztható (Sirvente és mtsai., 2007).

A tojássárgájában található fehérjék a tojásfehérjéhez képest valamennyivel nagyobb hőmérsékleten, 67-70°C-on denaturálódnak (Chalamaiah és mtsai., 2017). A tojássárgájában található frakciók összefoglalása a 2. ábrán látható.



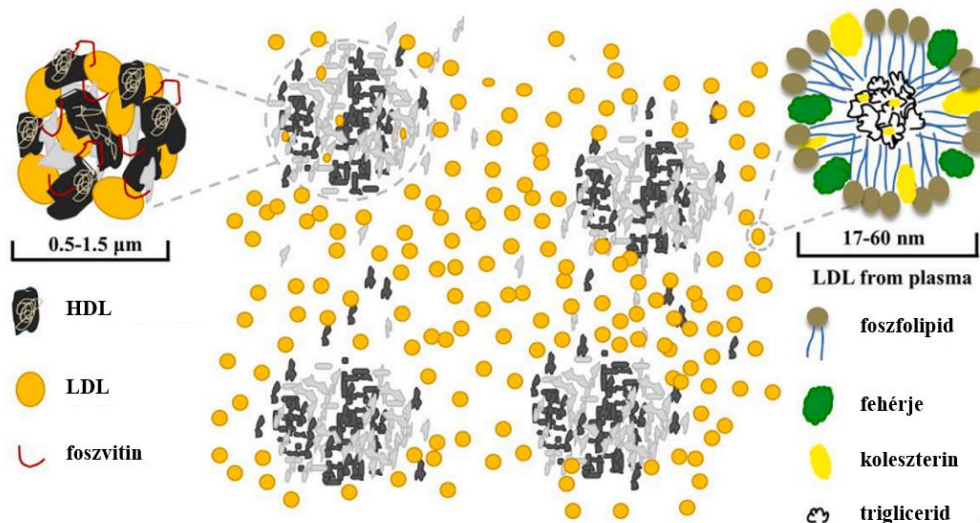
**2. ábra** A tojássárgája összetétele (Stadelman és mtsai., 1995)

A tojássárgájában megtalálható fehérjék közül a lipoproteinek közül három fajtát különböztetünk meg. Nagy sűrűségű lipoproteinek vagyis a HDL (high density lipoprotein), a kis sűrűségű LDL (low density lipoprotein) és a nagyon kis sűrűségű VLDL (very low density lipoprotein) lipoproteinek.

A plazma fehérjék a sárgája szárazanyag-tartalmának 76 %-át teszik ki. Itt található a fehérjék 52-58 %-a és a foszfolipidek 85 %-a (Sirvente és mtsai., 2007). A plazmában megtalálhatunk oldhatatlan aggregátumokat, amelyek kis sűrűségű lipoprotein frakciókat és oldható fehérjét tartalmaznak. A plazma 85 %-a LDL és 15 %-a livetin, amely nagyrészt  $\alpha$ -  $\beta$ - és  $\gamma$ - livetin (Laca és mtsai., 2015).

A granulátumok tartalmazzák HDL-t 70 %-ban, foszvitint 16 %-ban és LDL-t 12 %-ban. Az LDL a tojássárgája szárazanyag-tartalmának kb. 2/3-át teszi ki, ez a legnagyobb mennyiségben előforduló fehérje a sárgájában. Fontos szerepe van az emulgeáló hatás kialakításában és a sárgája gélesedésében (Anton és mtsai., 2001). Két csoportja van, amelyek molekulatömegükben nagyon eltérnek egymástól, ezek az LDL<sub>1</sub> és az LDL<sub>2</sub>. Az LDL molekulák 11-17 % fehérjét és 83-89 % lipidet tartalmaznak (Huopalahti és mtsai., 2007). Ezek a molekulák 17-60 nm átmérőjű gömbök, középpontjukban folyékony lipidmag

található. A lipidmag koleszterinből és trigliceridből áll, amelyet egy egyrétegű foszfolipid membrán vesz körül. A foszfolipid membránok között fehérje is megtalálható.



3. ábra A tojássárgája felépítésének sematikus ábrája (Hidas, 2022; Zhao és mtsai., 2021)

Az LDL után a második legnagyobb mennyiségben előforduló fehérjetípus a HDL, a sárgája szárazanyagtartalmának kb. 1/6-od része. Kettő típusú lipovitellin tartozik közé, az  $\alpha$ - és a  $\beta$ -lipovitellin. A HDL molekulákat 75-80 %-ban fehérje és 20-25 %-ban lipid alkotja. A lipovitellinek hőstabil fehérjék, amelyek kovalens kötéssel kapcsolódnak a galaktóz, mannóz, glükózamin és szíálsav összetételű oligoszacharidokhoz. A HDL szerkezete nem gömb alakú, mint az LDL-é, hanem hasonló a globuláris fehérjék szerkezetéhez (Huopalahti és mtsai., 2007). A HDL-ek komplex szerkezetet képesek képezni a foszvitinnel összekapcsolódva (Huopalahti és mtsai., 2007).

A foszvitin a granulátumban fordul elő, a tojássárgája szárazanyag-tartalmának 4 %-át adja. Egy olyan glikofoszoprotein, amelynek kb. 10 %-a foszfor, így a természetben való előfordulást tekintve ez az egyik leginkább foszforilált fehérje (Li-Chan & Kim, 2008). Kiemelkedő vastartalma is, ezenkívül tartalmaz kéntartalmú aminosavat is. Antibakteriális hatású a foszvitin kelátképző tulajdonsága miatt (Sattar Khan és mtsai., 2000). Tartalmaz szénhidrátokat, például hexózt, hexozamint, szíálsavat, viszont lipideket nem tartalmaz (Huopalahti és mtsai., 2007; Li-Chan & Kim, 2008).

A tojássárgájában található livetinek a plazmafehérjékhez tartoznak. Vízoldható inhomogén frakciók, melyek hőérzékenyek. Három frakciót különböztetünk meg, az  $\alpha$ -,  $\beta$ -, and  $\gamma$ -livetint, melyek közül az  $\alpha$ -livetint, amelyet csirke szérum albuminnak is nevezünk, a

tojásallergia egyik kiváltó fehérjéje, hasonlóan a fentebb említett tojásfehérjében megtalálható ovotranszferrinhez és lizozimhez (Huopalahti és mtsai., 2007).

A tojássárgája szárazanyag-tartalmának 2/3-ad részét zsírok adják. A tojássárgája lipidjeinek nagy része lipoproteinként van jelen, tehát fehérjéhez kötött formában található meg, viszont ezen kívül megtalálhatók szabadon is. A lipidek 62 %-a a trigliceridek csoportjába tartozik, 33 %-a foszfolipid, és kevesebb mint 5 %-a koleszterin (Li-Chan & Kim, 2008).

A tojásban található foszfatidok 80 %-a lecitin, 12 %-a kefalin. A lecitin az egyik legfőbb élelmiszeripari jelentőséggel bíró lipid, a jelentős emulgeáló hatása miatt, ami a benne fellelhető erősen apoláros zsírsavaknak és a poláros foszfátészternek köszönhető. Emulgeáló hatása miatt többek között a majonéz minőségének megőrzésében is fontos szerepe van (Csapó & Csapóné Kiss, 2003; Wu, 2014).

A kefalin az idegszövet egyik fontos építőköve, a megfelelő fejlődéshez elengedhetetlen ennek a foszfatidnak a jelenléte.

A tojássárgája szénhidrátartalma kb. 0,7-1,0 %, ezek főként fehérjékhez és lipidekhez kötött formában találhatók meg. Megfigyelhetünk még benne szíálsavat, bár ez leginkább a sziklártyában van jelen, kisebb mértékben a sárgájában is előfordul (Nys & Guyot, 2011).

A tojássárgája ásványianyag tartalma nagyjából 1 %. Található benne foszfor, kalcium, klór, kálium, nitrogén, kén, magnézium, mangán és vas. Megtalálható benne valamennyi zsírban oldódó vitamin, illetve vízben oldódó vitaminokat is tartalmaz (Nys & Guyot, 2011).

A tojássárgája színét a karotinoidok adják, amelyek kevesebb, mint 1 %-ban vannak jelen. Ezek az anyagok a tojó által a takarmánnyal kerülnek be a tojásba, mivel a tyúk nem képes szintetizálni a karotinoidokat (Mine, 2008).

### **3.3. A fagyasztás során bekövetkező változások nagy fehérjetartalmú termékekben**

A fagyasztás egy olyan hőelvonáson alapuló fizikai tartósítási módszer, amely során lassulnak vagy gátlódnak a kémiai folyamatok és a mikroorganizmusok növekedése. Ezáltal növekszik az eltarthatósági idő (Rahman & Velez-Ruiz, 2007). Fagyasztás során a hőmérséklet csökkenésével a víz egy része jéggé alakul, így a termékben maradt oldat koncentrációja növekszik és a vízaktivitása csökken.

A mikroorganizmusok nagy része nem képes szaporodni ilyen körülmények között. Léteznek olyanok, amelyek -5 – (-10) °C-on képesek szaporodni olyan élelmiszerben, amiben még megtalálható folyékony halmazállapotú víz. A Gram-pozitív kokkusok nagy

része és a baktériumspórák túlélhetik a fagyasztást károsodás nélkül, viszont a Gram-negatív baktériumok érzékenyebbek a fagyasztásra (Beke, 2002).

A fagyás folyamata az élelmiszerekben más, mint a víz fagyása, mivel az élelmiszer víztartalma tartalmaz oldott anyagokat, például sókat, cukrokat. Az élelmiszerek eltérnek abban is, hogy vannak olyanok, amelyek sejtszerkezettel, szövetszerkezettel rendelkeznek, és olyanok, amelyek nem. A fagyasztás-felengedtetés során a hús minőségére gyakorolt hatás eltér a tojástermékek minőségére gyakorolt hatástól, ami azzal magyarázható, hogy a tojáslé nem rendelkezik szövetszerkezettel és fizikai sejtstruktúrával (Jeremiah, 2019). A tojásban bekövetkező változások a fagyasztás során egyediek, azonban a jobb megértés érdekében bemutatom a húsok és a tej fagyasztása, felengedtetése során bekövetkező változásokat.

### **3.3.1. A húsok fagyasztása, felengedtetése során bekövetkező változások**

A fagyasztás és a felengedtetés hatására jelentősen változhat a hús szerkezete és nedvességtartalma. A húsban található fehérjék, különösen a miozin, denaturálódhatnak a fagyasztás és felengedtetés során, tehát a fehérjemolekulák szerkezete megváltozik. A miozion denaturálódásának következtében a hús állománya egyes esetekben lágyabbá, más esetekben pedig keményebbé válik. Továbbá olyan proteolitikus enzimek is jelen lehetnek a húsban, ami a fehérjék további változását idézhetik elő. A húsban található lipidek és fehérjék a fagyasztás és felengedtetés során oxidálódhatnak. Az oxidáció magában foglalja a zsírok oxidációját, amely szabad gyököket termel, valamint a fehérjeoxidációt, amely a fehérjék változásához vezet. Mindkét folyamat kedvezőtlen változásokhoz vezethet a hús színében, ízében és állományában is. A fagyasztás során keletkezett jégkristályok miatt az intracelluláris és extracelluláris tér folyadékainak koncentrációja is nő, ami a hús pH-értékének csökkenéséhez vezet a fagyasztás és felengedtetés során (Leygonie és mtsai., 2012).

### **3.3.2. A tej fagyasztása, felengedtetése során bekövetkező változások**

A tej a tojáshoz hasonlóan magas fehérjetartalommal rendelkező, folyékony élelmiszer. Fagyasztása során a tejben lévő víz fagyáspontja csökken, emiatt a tejben lévő sók és fehérjék kiválhatnak, ami a tej sűrűsödéséhez vezet. A tej fagyásakor a víz kifagy, a hátramaradó oldat koncentrációja nő. Felengedtetéskor a kialakult jégkristályokból a víz visszaáramlik a tejbe, aminek hatására hígul a tej. Előfordulhat, hogy a zsír elkülönül a tej

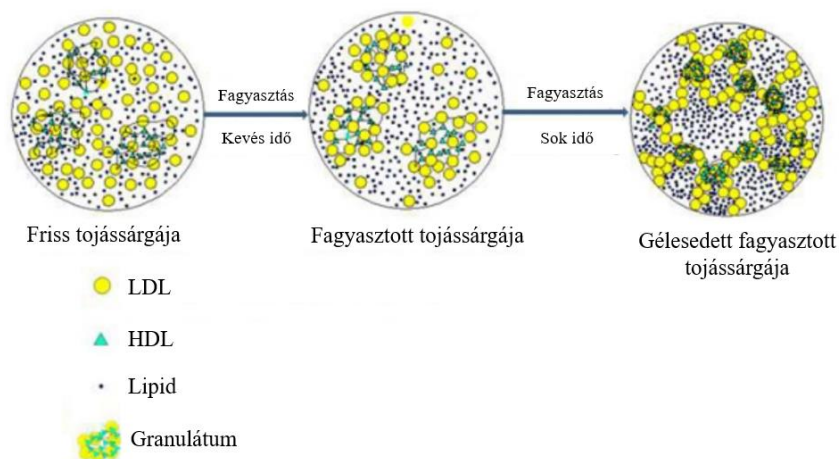
többi részétől és felhalmozódik, így felengedéskor egy lágy zsíros réteget tapasztalhatunk a tej felszínén. A tejben található fehérjék, különösen a kazein a fagyasztás és felengedtetés során hajlamosak denaturálódni, ezzel megváltozik a fehérje molekulák szerkezete, így a tej reológiai tulajdonságai is megváltoznak (Jeremiah, 2019).

### **3.3.3. A tojássárgájale fagyasztása, felengedtetése során bekövetkező változások**

A teljes tojásle és a tojássárgájale fagyasztása során a tojássárgája gélesedése figyelhető meg, ami irreverzibilis változásokat idéz elő. A tojáslevek felengedtetés után eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek, mint a friss tojás (Moran & Hardy, 1997). A 3.3.1. és 3.3.2. fejezetben említett élelmiszerek fagyasztásakor is megfigyelhető fehérjedenaturáció jelen van a tojássárgájale fagyasztása és felengedtetése esetében is. A denaturáció során a globuláris fehérjékre jellemző térszerkezet megváltozik, ami a konformációt alakító kötések átrendeződésével magyarázható (4. ábra). A fehérjedenaturáció egyik formájaként említhetjük meg a gélesedést.

Először Moran (1925) publikált a tojássárgája gélesedéséről, ami fagyasztás hatására következik be. A fagyasztva tárolás során a tojássárgája folyékonyból pasztaszerű állagot vesz fel, veszít a folyékonyágából, így a viszkozitása megnő, ezáltal a felhasználósága élelmiszeripari szempontból romlik (Powrie és mtsai., 1963). A gélesedés folyamatára, mikéntjére vonatkozóan a kutatók között nincs teljes egyetértés, viszont a leggyakoribb magyarázat az, hogy a fagyasztás során keletkező nagyméretű kristályok miatt a tojássárgája komponensei koncentrálnak, ami által a plazma LDL felhalmozódását figyelhetjük meg. Ezeknek a kis sűrűségű lipoproteineknek az aggregációját több kutatócsoport is vizsgálta. Fagyasztás és felengedés során az LDL aggregációja több tényező együttes hatásának eredménye. A folyamat során az LDL-ből felszabadulnak felszíni komponensek, amelyek az LDL részecskék felszínén aggregálódnak (Kurisaki és mtsai., 1980). Telis és Kieckbusch (1997) szerint az aggregáció oka lehet az LDL micellák felbomlása és az apoprotein fehérjék denaturálódása, de más elméletek is hangsúlyozzák a konformációs változások szerepét. Ezenkívül más komponensek, például a granulátumok és lipoprotein szemcsék is befolyásolhatják az LDL aggregációját (Powrie és mtsai., 1963). A fagyasztás hatására létrejövő jégkristályok és az LDL részecskék felbomlása is hozzájárulhat az aggregációhoz.





**4. ábra** Sematikus ábra a gélesedési folyamatok bemutatására a tojássárgája fagyasztása során (Wang és mtsai., 2020)

### 3.3.4. A teljes tojáslé fagyasztása, felengedtetése során bekövetkező változások

A teljes tojás fagyasztása és felengedése során a tojássárgájához hasonlóan gélesedés figyelhető meg, bár nem olyan nagy mértékben, mint a tojássárgájánál. Ez azzal magyarázható, hogy a tojásfehérjében csak kisebb változások figyelhetők meg fagyasztás hatására, ilyen változás például a sűrűfehérje hígulása, vagy általánosságban véve az állományváltozás (Stadelman és mtsai., 1995). Parkinson (1977) kijelentette, hogy a teljes tojáslé fehérjéinek tanulmányozásában izolált rendkívül nagy molekulású lipoproteinek a sárgájából származnak, amelyek a lipoproteineinek aggregációjával képződnek.

A tojáslé fagyasztásakor a víztartalom egy része kifagy, ennek következtében a maradék folyadékban növekszik az oldott anyagok koncentrációja és az ionerősség is. A megnövekedett ionerősség hatására a tojáslében lévő fehérjék megváltoztatják a szerkezetüket, kitekerednek, majd oldhatatlan aggregátumokat képeznek. A minta világosabbá válik, ezenkívül a pH érték is növekszik. A fagyasztott tojáslé reológiai tulajdonságai is változnak, bár kisebb mértékben, mint a tojássárgájálé esetében. A nyírófeszültség és a konzisztencia koefficiens nő, így a fagyasztott és felengedett tojáslé minták a newtoni folyadékhoz hasonlóan viselkednek. A fagyasztott-felengedett teljes tojáslé fehérjéinek denaturálódása és aggregálódása következtében a tojás felverése több időt vesz igénybe, mint a friss tojáslé esetében, így a felengedett tojásból készített piskóta állománya gumisabb, mint a friss tojásból készített piskótáé (Hidas és mtsai., 2022).

### **3.4. Különböző módszerek használata a tojássárgája fagyasztás során bekövetkező gélesedésének megelőzésére**

A kutatók számos kémiai és mechanikai eljárást alkalmaztak a tojássárgája gélesedésének megakadályozására. A kémiai eljárások közé tartozhat a tojássárgájához krioprotektív anyagok hozzáadása, amelyek használatával nemcsak a gélesedés mértéke csökken, hanem az eltarthatósági idő is nő. Ilyen adalékanyagok lehetnek a cukrok (például szacharóz, glükóz, fruktóz), aminosavak, egyéb szénhidrátok, proteolitikus enzimek, szerves szervesetlen sók (ammónium-szulfát, kálium-foszfát). Mechanikai eljárás lehet a homogenizálás, keverés vagy a kolloid őrlés (Primacella és mtsai., 2018).

A tojáslé gélesedésének mértékének csökkentésére az ipari gyakorlatban szacharózt és konyhasót alkalmaznak 1–10%-os koncentrációban. Az alkalmazott segédanyagok a végfelhasználó szükségletei szerint kerülnek kiválasztásra. A pékáruk és édesipari termékek gyártásához cukrozott tojássárgáját használnak, a majonéz és salátaöntetek gyártása során sózott tojásleveket, ezáltal az élelmiszeripari üzem a gélesedés mértékének csökkentése mellett időt és munkaerőt tud megtakarítani (ZEIDLER 2002).

Az ipari felhasználhatóság vizsgálatának érdekében fontos késztermékeket készíteni a segédanyagokkal kezelt tojáslevekből. Az édes- és sütőipari termékeket tekintve különféle piskóták és tészták készítése az, amire a teljes tojáslevet a leginkább felhasználják az ipari gyakorlatban.

A tojássárgájából számos élelmiszeripari terméket készítenek, többek között majonézt is. A majonéz készítése során fontos olyan alapanyaggal dolgozni, melynek fehérjeszerkezete és összetétele a friss tojáshoz hasonlít, mivel ezzel lehet megfelelő állományú és ízű készterméket előállítani (Stadelman és mtsai., 1995).

#### **3.4.1. Enzimek használata a tojás fagyasztás-felengedtetés hatására bekövetkező gélesedésének megelőzésére**

Az enzimek alkalmazása a tojástermékeknél nem ismeretlen terület, több célra is használhatóak. Ilyen például a tojásalapú összetevők minőségének és funkcionalitásának javítása, a tojássárgája emulzióképző teljesítményének javítása, a tojásfehérjék habzóképeségének növelése vagy mikrobiológiai állapot javítása (*The Use of Enzymes in Egg Processing*, é. n.). A foszfolipázzal enzimkezelt tojássárgájával készült majonéz hőstabilitása megnő, ami így a szétválás veszélye nélkül pasztörizálhatóvá válik (Hidas, 2022). Az élelmiszerfehérjék értékét növelni lehet a funkcionális tulajdonságaik

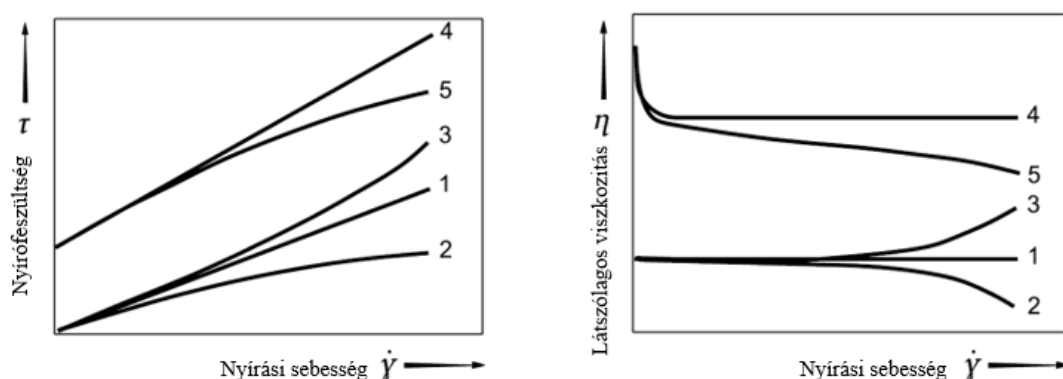
módosításával, például enzimatis hidrolízissel. Ezzel a módszerrel Garcés-Rimón és munkatársai (2016) hidrolizálták a tojásfehérjét, a tojássárgáját és a teljes tojást is, amellyel új textúrákat alakítottak ki. Ennek segítségével egy aminopeptidáz enzimet, a Biocatalysts Flavopro™ 750MDP enzimet használták, melyet az *Aspergillus oryzae* termel. A hidrolízis folyamata után a fehérjék érzékszervi tulajdonságai megváltoznak a textúra és az íz szempontjából is, ami gyakran az élelmiszer elutasításához vezet. Ezzel ellentétben a Garcés-Rimón és munkatársai (2016) által előállított termékek semleges ízűek és különféle ízesítőkkal jól keverhetőek voltak.

A tojás fagyasztása során bekövetkező gélesedést próbálták enzimatis úton is megakadályozni. Feeney és munkatársai (1954) 1 és 10 mg/ml krotoxinnal (lecitináz A) kezelték a tojássárgáját, amely hatására a gélesedés mértéke 10-20%-kal csökkent. Lopez és munkatársainak (1955) kutatása szerint a leghatékonyabb proteolitikus kezelés 0,05% papain hozzáadása volt a tojássárgájához, melyet 25 °C-on inkubáltak 15-20 percig. Ma és munkatársai (2021) szerint a neutrális proteáz a tojássárgája gélesedését mértékét nagymértékben csökkentette. Hidas (2022) kutatása eredményeként ismertette, hogy az aminopeptidáz aktivitású Flavorpro™ 750MDP enzime készítmény legalább 0,3 m/m%-os koncentrációban a tojáslehez adagolva, majd 40 °C-on 120 perc enzime kezelés hatására a tojássárgájánál megfigyelhető gélesedést és a teljes tojásle állományváltozását megakadályozta. Az enzime kezelt tojáslevek a friss tojáslevekhez viszonyítva majdnem megegyező reológiai tulajdonságokkal rendelkeztek. Ezzel az enzime készítménnyel a gélesedés megakadályozását tekintve sokkal jobb eredmények érhetőek el, mint a cukorral vagy sóval történő kezeléssel. A publikációban azonban nem vizsgálták a késztermék készítésre gyakorolt hatást, ami fontos lenne ahhoz, hogy megtudjuk, hogy az érzékszervi tulajdonságokat, illetve a technofunkciós tulajdonságokat hogyan befolyásolja a felhasznált enzime készítmény (Hidas, 2022).

### **3.5. Az folyékony minták reológiai viselkedése és a tojáslevek reológiája**

A reológiai tulajdonságok vizsgálata során az anyagok áramlását, alakváltozását vizsgáljuk erőhatások alkalmazása közben. A *Newtoni folyadékok* azok az anyagok, amelyek esetében a nyírófeszültség és a nyírési sebesség egyenes arányosságban állnak egymással. Newtoni közegek esetében a nyírófeszültséget a nyírési sebesség függvényében ábrázolva egy origón

áthaladó egyenest kapunk, ez a fajta ábrázolás a folyásgörbét adja meg. A nyírófeszültség és a nyírási sebesség diagramja a viszkozitásgörbét adja meg (Nagy, 2012).



1: Newtoni folyadék, 2: pszeudoplasztikus, 3: dilatáló, 4: Bingham plasztikus, 5: Herschel-Bulkley

### 5. ábra Folyás- és viszkozitásgörbék típusai (Figura & Teixeira, 2007)

Akkor **pszeudoplasztikus** az áramlás, amikor a nyírási sebesség növekedésével a nyírófeszültség csökkenő ütemben növekedik. A viszkozitásgörbén az látható, hogy a nyírási sebesség növekedésével a látszólagos viszkozitás csökken.

**Dilatáló** áramlási viselkedésnek nevezzük, amikor a nyírófeszültség egyre nagyobb mértékben növekedik a nyírási sebesség növekedésével. A nyírási sebesség növelésével a viszkozitás is növekszik.

A **plasztikus** viselkedést mutató közegeknél a deformáció akkor jön létre, ha a feszültség nagyobb, mint a folyáshatár. A folyásgörbén megjelenik egy folyáshatár érték, ami a nyírási sebességnél a nyírófeszültség értéket veszi fel. Elkülönítünk Bingham plasztikus áramlási görbét, ami az 5. ábra 4. görbéje, és Herschel-Bulkley féle pszeudoplasztikus görbét, amit az 5. ábra 5. görbéje mutat be.

A tojáslevek reológiai viselkedése számos kutatót foglalkoztatott, de különböző eredményekre jutottak (Hamid-Samimi és mtsai., 1984; Telis-Romero és mtsai., 2006; Tung és mtsai., 1970). A vizsgálatok egy része szerint a tojás newtoni folyadék, más kutatók szerint nem-newtoni áramlási viselkedéssel bír. A tojássárgájale reológiai tulajdonságait befolyásolja a fagyasztva tárolás ideje, a felengedtetés módja és időtartama. (Hidas és mtsai., 2020). Atilgan és Unluturk (2008) kutatásuk alapján megállapították, hogy a teljes tojásle és a tojásfehérjéle tixotrópiát mutatott 4 °C-on és a hőkezelés hőmérsékletén 1,02 és 53,7 1/s közötti nyírási tartományban. Tixotrópiának azt nevezzük, amikor állandó nyírási sebesség mellett a nyírófeszültség csökken. Tojássárgájalevet vizsgálva csak a hőkezelés hőmérsékletén, 60°C-on figyeltek meg tixotrópiát. Atilgan és Unluturk (2008) kutatásuk

eredményeként megállapították, hogy a tojáslevek reológiai viselkedése pszeudoplasztikus áramlással jellemezhetőek. A tojáslevekre a Herschel-Bulkley modell alkalmazható a legmegfelelőbbben (Tóth, 2020).

Herschel-Bulkley modell:  $\tau = \tau_0 + K \left(\frac{d\gamma}{dt}\right)^n$

Ahol  $\tau$ : a nyírófeszültség [Pa]

$\tau_0$ : folyáshatár [Pa]

$K$ : konzisztencia koefficiens [ $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ ]

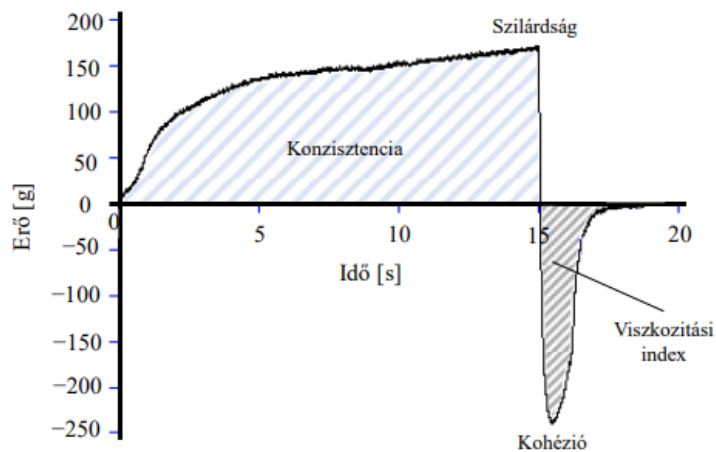
$\frac{d\gamma}{dt}$ : nyírási sebesség [1/s]

$n$ : folyásindex

### 3.6. Késztermékek állományának mérése során alkalmazható módszerek bemutatása

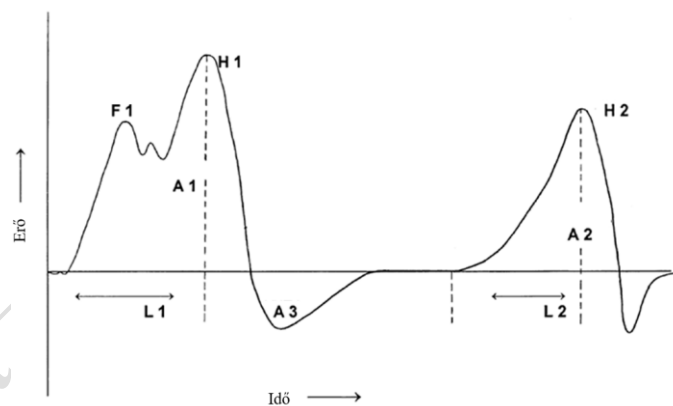
Az állománymérésére szolgáló berendezések közül a Stable Micro System (SMS) eszköz az egyik legelterjedtebb a kutatásokban és az ipari gyakorlatban. A műszeres állománymérések célja, hogy az ember által végzett érzékszervi vizsgálatokon megfigyelt állományvizsgálatot egészítse ki. Valós életkörülményeket imitálva az adatok sokkal egyszerűbb értelmezését teszi lehetővé. Az állomány vizsgálatát hasznosabb műszeresen végezni, mivel az élelmiszerek jellemzőinek változása sokszor érzékszervi vizsgálatok során nehezen értelmezhető, észrevehető. A különböző textúrájú élelmiszerek eltérő módszerekkel mérhetők (*Texture Analysis / Why measure texture?*, é. n.).

A „*back extrusion*” módszer viszkózus termékeknél, például majonéznél is jól alkalmazható (Wang és mtsai., 2020). A back extrusion módszernél két fizikai mozgás van jelen. A henger alakú mintatartályba egy lemez alakú dugót meghatározott erővel a mintaként szolgáló viszkózus anyagba engednek, így a minta egy középpontos gyűrűs térben felfelé áramlik. Így a lemez alakú dugó a teszt során, a terméket a lemez szélé mentén kinyomja (Professionals, 2015). A mérés során kialakult idő-erő görbéből (6. ábra) megállapítható a konzisztencia [g·s], a szilárdság [g], a viszkozitási index [g·s] és a kohézió [g] értéke.



6. ábra Back extrusion mérőfejjel történő mérés során létrejött idő-erő görbe (Hidas, 2022)

A **TPA módszer** (Texture Profil Analyzis) eredete Szczesniak-nak a texturális jellemzők osztályozásához vezethető vissza, aminek alapelve az volt, hogy hidat képezzen az állomány műszeres és érzékszervi értékelése között (Szczesniak és mtsai., 1963). A TPA módszer az emberi harapást modellezi, amely során a mintát meghatározott mértékű deformációnak tesszük ki egymás után kétszer. A TPA módszerrel felvett erő-idő diagramról számos paraméter leolvasható, és a leolvasott értékek alapján kiszámolható.



7. ábra Az állományprofil analízis (TPA) erő-idő görbéje (Rahman, 2005)

A görbe alatti területek ( $A_1$  és  $A_2$  terület): mindkét összenyomási ciklus kezdetétől a ciklusban mért maximális erő értékig tartanak. Az egyenletes mozgás miatt az idő átszámítható deformációra. A  $H_1$  a keménységet [N] adja meg, ez az első harapási ciklus során mért maximális erő. A kohézió az  $A_2/A_1$ , egy dimenzió nélküli érték, az alaktartósság mértékét, a belső kötőerőt adja meg. A rugalmasság [mm] a második kompresszió során mérhető deformáció, ez a minta relaxáció során eredeti alakba történő visszaalakulását jellemzi. A gumisság [g] a keménység és a kohézió szorzata, azt az erőt fejezi ki, ami a rágáshoz szükséges (Rahman, 2005).

## 4. Anyagok és módszerek

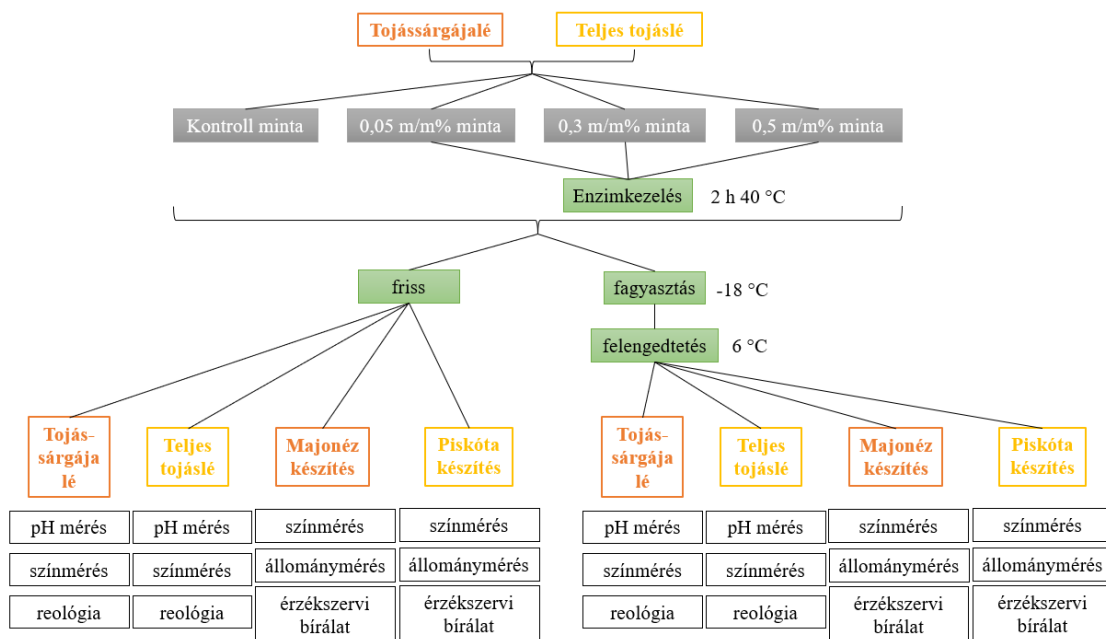
### 4.1. Anyagok

Kísérletemhez tojássárgájalevet és teljes tojáslevet használtam, amelyeket a Capriovus Kft-től kaptam. A teljes tojáslé 1 kg-os kiszerelésében körülbelül 22 db átlagos tömegű tojás beltartalma található meg. A tojásokat fertőtlenítés után feltörik, ezután homogenizálják, majd 3 percig 70 °C-on pasztörözik. Az 1 kg-os tojássárgájaleben körülbelül 63 db átlagos tömegű tojás tojássárgája található meg. A tojássárgájale a teljes tojásléhez hasonló gyártástechnológia alapján készül, a különbség a hőkezelés méretezésében van, ebben az esetben a pasztörözés 10 percig 65 °C-on történik. A tojásleveket mindkét esetben 0–4 °C-on hűtve kell tárolni, fogyaszthatósági idejük 4 nap.

A tojástermékeken kívül kereskedelmi forgalomban kapható Biocatalysts Flavorpro™ 750MDP aminosztein-aktivitással rendelkező enzimet, napraforgó étolajat, kristálycukrot, BL-55 búzafinomlisztet, ételecetet és étkezési sót használtam kísérleteim során.

### 4.2. A kísérlet felépítése

Az 8. ábrán látható a kísérlet folyamata vázlatosan összefoglalva. A tojássárgájale és a teljes tojáslé esetében is 4 különböző, egyenként 500 g tömegű mintát készítettem elő. Egy kontroll friss tojáslevet, illetve 0,05; 0,3; 0,5 m/m% enzimkoncentrációjú mintákat hoztam létre. A különböző mennyiségű por állagú enzimkészítményt analitikai pontossággal mértem ki, amit 3 ml vízben oldottam fel. Ezt követően az enzimet a tojáslevekhez adagoltam. A mintákat manuálisan kevergetve homogenizáltam, majd minden mintából 2\*20 ml-t 50 ml-es centrifugacsövekbe öntöttem, a fennmaradó mintát pedig két részre osztottam és PA-PE tasakokba öntöttem és fóliahegesztővel lezártam. Minden enzimet tartalmazó mintát 2 órán keresztül enzimkezelttem 40 °C-os vízfürdőben. Ezután a mintákat olvadó jégpelyhes vízben hűtöttem 5°C-ra. A minták egy részét frissen vizsgáltam, a másik részét -18°C-on fagyasztottam 2 héten keresztül. Ezután a fagyasztott mintákat felengedtettem 6°C-on. A friss és a fagyasztott-felengedtetett tojáslevek pH-ját, színét, reológiai tulajdonságait vizsgáltam. A teljes tojásléből piskótát, a tojássárgájaleből majonézt készítettem, majd a késztermékek színét, állományát vizsgáltam és érzékszervi bírálattal a kedveltségét vizsgáltam.



8. ábra Kísérlet felépítése

### 4.3. Késztermék készítési módszerek

#### 4.3.1. Majonéz készítése

A 4 különböző tojássárgája mintából, az enzimkezeltékből, illetve a kontrollból majonézt készítettem, fagyasztás előtt, illetve után, Huang és munkatársai (2016) és Hidas (2022) módszere alapján kis változtatásokkal. Az étolajat és a tojássárgájalevet a késztermék készítése előtt 20 °C-ra temperáltam. Kimértem az alapanyagokat 250 g majonézhez a 2. táblázatban látható receptúra alapján, majd a tojássárgáját, a cukrot és a sót egy magas falú henger alakú edénybe öntöttem, és az olajat egy mérőhengerből fokozatosan adagolva egy kézi mixer (SilverCrest Hand Blender) segítségével keverni kezdtem. Maximális fokozaton történt a keverés 4,5 percig, majd ezt követően még 1 perc alatt az ételecetet is hozzá adagoltam.



**2. táblázat** A fagyasztás előtti és fagyasztott-felengedett tojássárgájalevekből készített majonéz minták összetevői, illetve azok mennyisége (Hidas 2022)

Összetevők	Mennyiség (g/100 g)
napraforgó étolaj	71,5
tojássárgájale	23,5
kristálycukor	2,3
ételecet (20 %)	1,5
étkezési só	1,2

#### 4.3.2. Piskóta készítése

A 4 különböző kontroll, és enzimkezelt teljes tojásle mintából a majonézhez hasonlóan fagyasztás előtt és fagyasztás után is készítettem piskótát. Ezeket Hidas (2022) módszere alapján készítettem, kis változtatásokat eszközölve benne. A hozzávalók, illetve mennyiségeik a 3. táblázatban láthatók. Minden mintából 300 g-os készterméket készítettem. A kristálycukor felét először a teljes tojáslével egy műanyag tálban kézi (SilverCrest Hand Blender) mixerrel habosra kevertem 3 perc alatt, majd további 1 perc alatt a maradék cukrot is hozzáadtam és tovább kevertem. Ezután a lisztet 2 részletben adtam a masszához, egy spatulával elegyítettem tovább 2 percig, figyelve arra, hogy az állaga ne folyósodjon el túlságosan. A keveréket egy piteformába adagoltam, majd 180 °C-on sütöttem 20 percig.

**3. táblázat** A fagyasztás előtti és fagyasztott-felengedett teljes tojáslevekből készített piskóta minták összetevői, illetve azok mennyisége (Hidas 2022)

Összetevők	Mennyiség (g/100 g)
búzafinomliszt (BL 55)	35,0
kristálycukor	35,0
teljes tojásle	30,0

#### 4.4. Mérési módszerek

##### 4.4.1. pH mérés

A tojáslevek pH méréshez Testo 206 típusú szűrőelektródás pH mérő készüléket használtam. A mintákat előzetesen 20 °C-ra temperáltam. A mérés előtt a készüléket kalibráltam a leírásnak megfelelően. Mind a friss, mind a fagyasztott-felengedett mintáimmal 3-3

párhuzamos mérést végeztem, majd ezekből átlagot és szórást számítottam. A mérések között a készüléket minden esetben vízzel letisztítottam és papírtörülővel szárazra töröltem.



8. ábra Testo 206 típusú pH mérő készülék (Internet 1)

#### 4.4.2. Színmérés

A friss és fagyasztott-felengedett tojáslé, piskóta és majonéz mintáim színméréséhez Konica Minolta CR 400 színmérő készüléket használtam. Ez a készülék a xenon lámpájának segítségével méri a mérendő mintáról visszaverődő fényt. Az érzékelőbe visszajutott jeleket a színmérő készülék a CIELAB koordináta-rendszerben meghatározott pontokhoz viszonyítja. Így alakulnak ki a különböző színtényezők, amelyekkel megállapíthatók a minták közötti színkülönbségek. A méréseimnél 3 fő paramétert jegyeztem fel és hasonlítottam össze. Az  $L^*$  a világossági tényező, értéke 0 és 100 közötti, 100-hoz közelítve egyre világosabb a mintánk. Az  $a^*$  a vörös-zöld színtényező, amely pozitív irányban vörös, negatív irányban zöld színezetet jelöl és a  $b^*$  a sárga-kék színtényező, amely pozitív előjel esetén sárga, negatívánál pedig kék színezetet mutat. A minták színmérése előtt a mérőműszert a hozzá tartozó fehér kalibrációs csempén kalibráltam egy fólián keresztül, mivel a mintáimat is ilyen csomagolóanyagban tároltam.

Az emberi szem számára észrevehető színkülönbséget a teljes színingerkülönbség mutatja meg, amivel két színpont közötti térbeli távolságot fejezhetjük ki. Minél magasabb ez az érték, annál jobban látható a színváltozás a minták között. Ennek a láthatóságnak arányait a 4. táblázatban foglaltam össze. A térbeli Pithagorasz-tétel segítségével kiszámítható a két különböző minta színezete közötti színingerkülönbség a következő képlet szerint (Lukács, 1982):

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

**4. táblázat** A színingerkülönbség és vizuális színérzékelés kapcsolata (Lukács, 1982)

Szemmel érzékelhető különbség	$\Delta E^*$
Nem észrevehető	0-0,5
Alig észrevehető	0,5-1,5
Észrevehető	1,5-3
Jól látható	3-6
Nagy	6-12

**4.4.3. Tojáslevek reológiai tulajdonságainak vizsgálata rotációs reométerrel**

Mind a teljes tojáslé, mind a tojássárgájale esetében friss és fagyasztott-felengedett mintákat reológiai szempontból Anton Paar típusú MCR 92 reométer segítségével vizsgáltam, ami a 9. ábrán látható. A méréseimhez rotációs üzemmódban használtam a berendezést, az ehhez használt henger 40,003 mm hosszúságú volt, ennek a hengernek átmérője 26,651 mm, illetve az edény belső átmérője 28,920 mm volt. A mérési hőmérsékletet 20 °C-ra állítottam be. A méréseket Anton Paar RheoCompass szoftver segítségével végeztem. A méréseknél a gyorsuló szakaszban 10 és 1000 1/s közötti tartományban 31 pontot, és ehhez hasonlóan a lassuló szakaszban 1000 és 10 1/s közötti tartományban szintén 31 pontot rögzítettem. Minden minta esetében 3 párhuzamos mérést végeztem friss, majd fagyasztás utáni állapotban is. Minden mérést a mérőfej és a mérőhenger elmosásával és szárazra törlésével kezdtem, hogy a mérést ne befolyásolja az előző minta, vagy az esetlegesen a mérőhengerben maradt víz. A méréseket követően a mért adatokból folyásgörbéket vettem fel, amelyen a nyírófeszültség értékek látszódnak a nyírási sebesség függvényében. Ennek kiértékeléséhez a Herschel-Bulkey modell illesztését alkalmaztam (Altigan és Unluturk 2008), amit a legkisebb négyzetek összege elvén a Microsoft Excel 365 Solver bővítmény alkalmazásával végeztem. Ezen kívül viszkozitásgörbéket vettem fel, amely a látszólagos viszkozitást ábrázolja a nyírási sebesség függvényében.



**9. ábra** Anton Paar MCR 92 reométer (Internet 2)

#### 4.4.4. Majonéz reológiai vizsgálata SMS állománymérő készülékkel

A majonéz reológiai méréseihez egy TA.XT Texture Analyser Stable Micro System állománymérő volt a segítségemre, mely a 10. ábrán látható.



**10. ábra** TA.XT Stable Micro System (SMS) állománymérő készülék

A majonéz állományvizsgálatát az úgynevezett back extrusion módszerrel hajtottam végre. Elsőként kalibráltam a mérőfej magasságát 65 mm-re az 50 mm átmérőjű henger aljától számítva. A mérés során 35 mm átmérőjű dugattyút használtam. A 20 °C-os 80 ml térfogatú majonéz mintát egy henger alakú mintatartóba adagoltam, ügyelve arra, hogy minél kevesebb légbuborék kerüljön a mérendő mintába. A teszt sebessége 1 mm/s volt, a dugattyú pedig a mérés során 15 mm távolságot mozdult a mintába lefelé, illetve visszafelé is. A

mérőműszerhez csatlakoztatott szoftver az idő függvényében ábrázolja az erőt. A mérés során rögzített görbe először pozitív irányba halad annak hatására, hogy a dugattyú a mintában lefelé mozdult, majd eléri a maximum erő értéket és ennek hatására negatív tartományba váltanak az értékek. Ez akkor történik, mikor a dugattyú visszafelé, felfelé tartó mozgást végez. A mérés végén egy újabb emelkedés látható a diagrammon kirajzolódó görbén, végeredményben az erő értéke visszatér az origóba. A görbe alatti terület a pozitív szakasznál a minta konzisztenciáját, tehát sűrűségét mutatja, a növekvő görbe maximum pontja pedig a minta szilárdságát jelöli. A negatív szakasz minimumpontja a kohéziót, vagyis az összetartó erőt jelöli. A negatív görbe alatti területből pedig a viszkozitási index számítható.

#### **4.4.5. Piskóta állományának vizsgálata SMS állománymérő készülékkel**

A piskóta állományméréseihez egy TA.XT Texture Analyser Stable Micro System állománymérő volt a segítségemre, amely a 10. ábrán látható.

A piskóta mintáimat a Texture Profile Analysis (TPA) módszerrel vizsgáltam, amely során a mintára kétszer fejtünk ki ugyanakkora erőhatást. A két összenyomás között egy bizonyos relaxációs idő telik el, amely alatt a megfelelő rugalmassággal rendelkező minta visszanyeri az alakját. A mérések elején kalibrációra volt szükség, a mérőfej aljához képest 22 mm-es magasságra kalibráltam a mérőfejet. A minták viselkedését 50 %-os összenyomással vizsgáltam, a két mérési ciklus között 10 s relaxációs idő telt el. A piskóták közepéből kis henger formákat alakítottam ki egy 20 mm-es átmérőjű kiszúró segítségével, és a hengereket is 20 mm magasságra vágtam le. 4 féle paramétert értékeltem ki. A keménységet, a kohéziót, a rugalmasságot és a gumisságot. A keménység megmutatja azt, hogy mennyi erő szükséges az első harapási ciklus során egy adott mértékű deformáció eléréséhez. A rugalmasság értéke megmutatja, a minta eredeti alakba történő visszalakulását, deformációját a terhelést követően. A kohézió megmutatja az alaktartósság mértékét, ami egy belső kötőerőt is jelent. Értékét a két görbe alatti terület hányadosaként kaptam meg. A gumisság a rágáshoz szükséges erőt mutatja meg, amelyet a keménység és a kohézió szorzataként kaptam meg.

#### **4.4.6. Késztermékek érzékszervi vizsgálata**

A fagyasztott-felengedett tojáslevekből készült majonézekre és piskótákra fogyasztói kedveltségi vizsgálatokat végeztem el. A fogyasztói érzékszervi bírálatok során főként arra kerestem választ, hogy kiderüljön, hogy az enzimkezelés hatással volt-e a termékek

érzékszervi tulajdonságaira, illetve, ha igen, akkor valamilyen tendenciát vélek-e benne felfedezni. Minden minta egy véletlenszerű 3 jegyű kódot kapott, és a bírálóknak egy kedveltségi teszten értékelniük kellett a készterméket aszerint, hogy 1-9-ig terjedő skálán mennyire vannak megelégedve a termék színével, illatával, ízével és állományával. A 9-ig terjedő intervallumskálán minél magasabb pontszámot adott a bíráló, annál inkább meg volt elégedve a mintával (11. ábra).

Tisztelt bíráló!

Kérem, értékelje a piskóta minták érzékszervi tulajdonságait a megadott szempontok alapján! Pontozza a mintákat kedveltség szerint 1 – 9-es skálán (1 – egyáltalán nem tetszik, 9 – nagyon kedvelem)!

Minta kódja	Szín	Illat	Íz	Állomány	Összbenyomás	Megjegyzés

*11. ábra Fogyasztói kedveltségi vizsgálathoz készített bírálati lap*

#### 4.4.7. Statisztikai elemzés

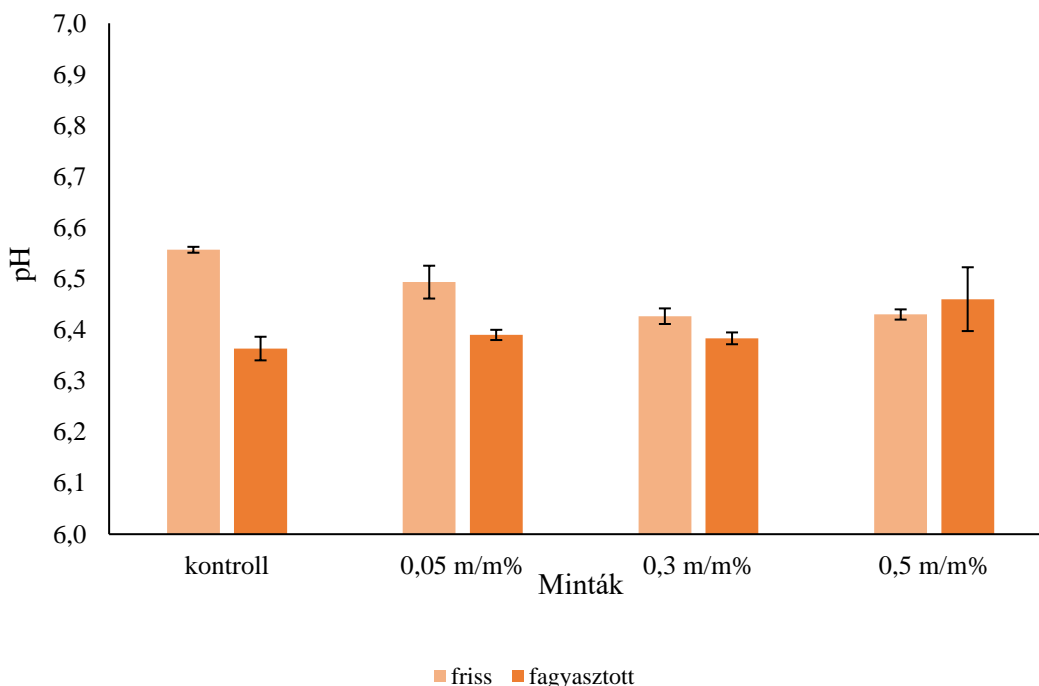
A majonéz és piskóta minták állománymérés, illetve érzékszervi bírálata során kapott eredményeket statisztikai vizsgálatnak vettem alá. A statisztikai vizsgálatot Past 4.03. szoftverrel végeztem. Az alapsokaságban lévő csoportok közötti eltéréseket egytényezős varianciaanalízissel, vagyis ANOVA-val vizsgáltam, illetve Levene-próbával ellenőriztem a szóráshomogenitást. Amennyiben az ANOVA eredménye szignifikáns, és a Levene-próba eredménye alapján megállapítható, hogy a szóráshomogenitás feltétele teljesül, páronkénti összehasonlítást végeztem Tukey-teszttel. Normalitásvizsgálathoz a Saphiro-Wilk próbát használtam. Az állománymérés eredményeit szemléltető oszlopdiagramokon az oszlopok feletti betűk jelölik a post-hoc teszt eredményeit. Az egymástól eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikánsan eltérnek egymástól.

## 5. Kísérleti eredmények és értékelésük

### 5.1. Az enzimkezelés és a fagyasztás-felengedtetés hatása a tojáslevek tulajdonságaira

#### 5.1.1. Tojássárgájale pH mérésének eredményei

A 12. ábrán a tojássárgájale pH-értékének változása látható a különböző koncentrációkban végzett enzimkezelés, illetve a fagyasztás-felengedtetés hatására.

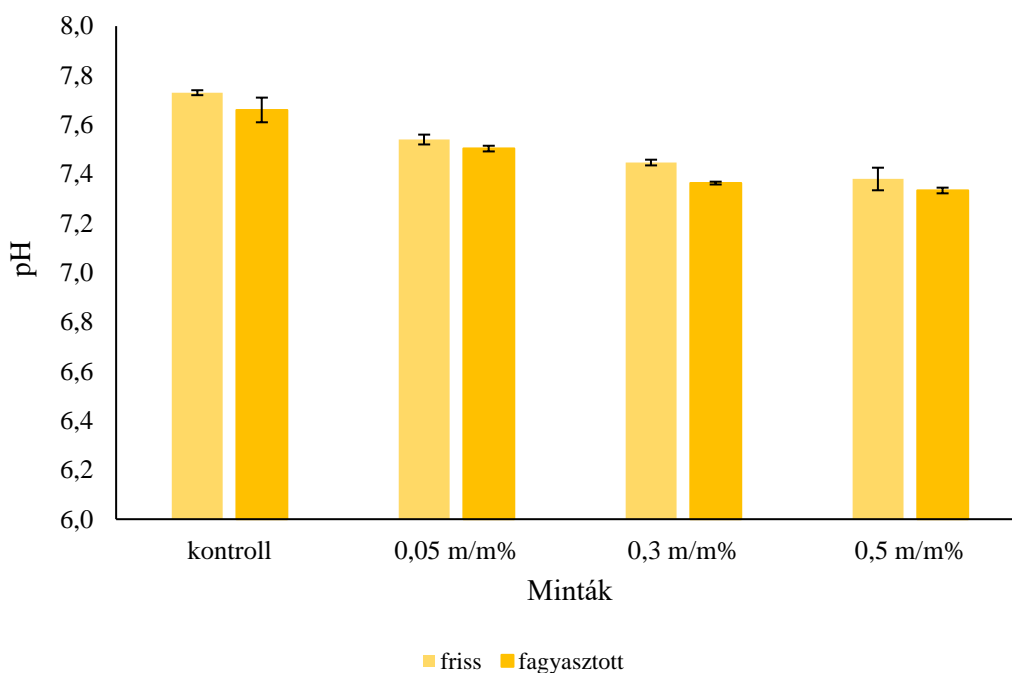


**12. ábra** Tojássárgájale pH értékének változása enzimkezelés és fagyasztás hatására

Szakirodalmi adatok alapján a tojássárgája pH-ja 6,0 körüli érték. Az általam mért adatok ennél magasabb pH-t mutattak. Ez azzal is magyarázható, hogy a tojásfehérjének magasabb a pH értéke, és a tojássárgájale feldolgozása közben kevés mennyiségű tojásfehérjével hígulhatott a minta. Ahogy Leygonie és munkatársai (2012) is megállapították, a fagyasztás során csökken a pH érték. A mérés eredményeiből is látszik, hogy a fagyasztás a friss tojássárgájalehez képest csökkentette a minták pH-ját, kivétel a 0,5 m/m%-os enzimkoncentrációjúnál, aminél valószínűleg mérési hiba is látható, mivel nagyobb a szórás, mint a többi mintánál. A tojássárgájale pH mérésének tekintetében megállapítható, hogy a nagyobb enzimkoncentrációval kezelt minták pH-ja nagyobb mértékben csökkent a kontroll mintához képest. Ezzel szemben a fagyasztott minták egyre nagyobb enzimkoncentrációnál egyre nagyobb pH értéket vettek fel.

### 5.1.2. Teljes tojáslé pH mérésének eredményei

A 13. ábrán a teljes tojáslé pH-értékének változása látható a különböző koncentrációkban végzett enzimkezelés, illetve a fagyasztás-felengedtetés hatására.



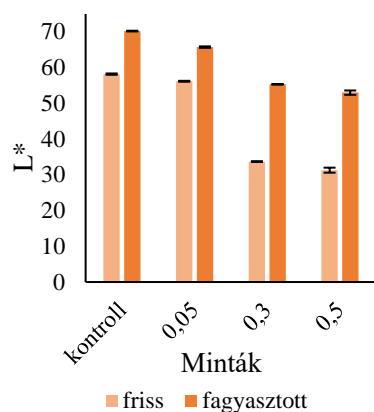
#### *13. ábra Teljes tojáslé pH értékének változása enzimkezelés és fagyasztás hatására*

A teljes tojáslé pH értékei magasabbak, mint a tojássárgájának pH értékei, mivel a teljes tojáslében lévő tojásfehérje nagyobb pH értékkel rendelkezik, mint a tojássárgája. A teljes tojáslénél a pH érték csökkenő tendenciát mutatott mind a friss, mind a fagyasztott minták változásának tekintetében. A fagyasztás hatására a pH értékek csökkenése látható a friss mintákhoz képest, illetve az enzimkoncentráció növelésével is csökkent a teljes tojáslé pH-ja.

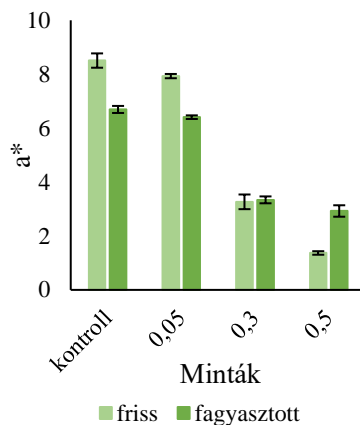
### 5.1.3. Tojássárgájale színmérésének eredményei

A 14-16. ábrán a tojássárgájale szintényezőinek változása látható a különböző koncentrációkban végzett enzimkezelés, illetve a fagyasztás-felengedtetés hatására.

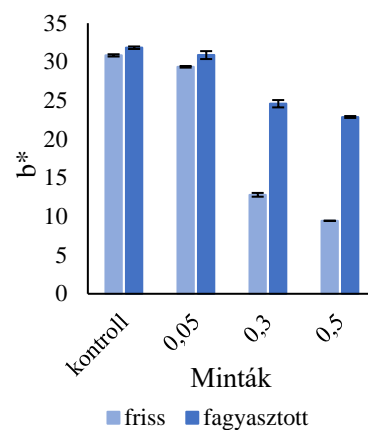




**14. ábra** Tojássárgájale világossági tényezőjének változása enzimkezelés, illetve fagyasztás hatására

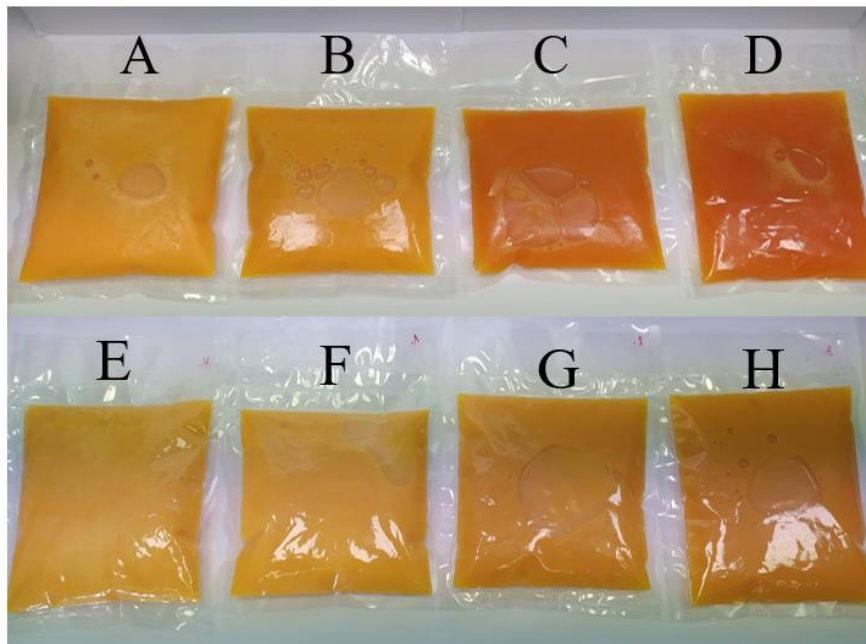


**15. ábra** Tojássárgájale a\* értékének változása enzimkezelés, illetve fagyasztás hatására



**16. ábra** Tojássárgájale b\* értékének változása enzimkezelés, illetve fagyasztás hatására

Az L\* értéke a világossági tényező. Mind a friss, mind a fagyasztott-felengedett mintáknál megfigyelhető, hogy az enzimkoncentráció növekedésével az L\* értékek csökkentek, tehát a minták egyre sötétebbek lettek, ahogy a 17. ábrán is látszik. A 14. ábra alapján megállapítható, hogy a fagyasztás hatására a minták világossági tényezője minden esetben növekedett. A legvilágosabb mintának a kontroll fagyasztott tojássárgájale bizonyult, a legalacsonyabb értékkel pedig a 0,5 %-os friss tojáslé rendelkezett. Érdekes lehet, hogy a 0,3 és 0,5 m/m%-os fagyasztott minták a kontroll és 0,05 m/m%-os friss minták L\* értékeihez hasonlóak voltak. Ez a kísérlet tekintetében pozitív, mivel célom, hogy az enzimkezeléssel a friss kontroll mintához hasonló eredményeket kapjak a fagyasztás után.



**17. ábra** A Tojássárgájalevek színének változása enzimekkel és fagyasztás hatására (A: kontroll friss, B: 0,05 m/m% enzimekkel, C: 0,3 m/m% enzimekkel, D: 0,5 m/m% enzimekkel, E: kontroll fagyasztott-felengedett, F: 0,05 m/m% enzimekkel fagyasztott-felengedett, G: 0,3 m/m% enzimekkel fagyasztott-felengedett, H: 0,5 m/m% enzimekkel fagyasztott-felengedett)

Az  $a^*$  értékek a tojássárgája esetében a pozitív tartományban mozogtak (15. ábra), tehát vöröses színezet jellemzi őket. Egyre nagyobb koncentrációjú enzimekkel hatására egyre kisebbek lettek az  $a^*$  értékek, ami azt jelenti, hogy egyre kevésbé mutattak pirosas színezetet. A kontroll és 0,05 m/m%-os minták a fagyasztás hatására alacsonyabb  $a^*$  értéket vettek fel, ezzel szemben a 0,3 és 0,5 m/m%-os minták  $a^*$  értékei a fagyasztás hatására növekedtek. Az  $a^*$  értékek változása az  $L^*$  értékekhez képest nem annyira jelentős. Itt alig változik 1 egységet a jellemző szín, míg a világossági tényezőnél 10-20 egységnyi változás is történt.

A tojássárgája minták  $b^*$  értékei pozitívak, tehát sárga színezet jellemzi őket. Ez a pirosas színezettel együtt narancssárga színt eredményez a tojássárgájánál, ami a 16. ábrán is jól látható. Az enzimek koncentrációjának növelésének hatására a minták  $b^*$  értéke egyre kisebb lett, ami azt jelenti, hogy egyre kevésbé lett sárga a minták színe. Általánosságban elmondható, hogy a fagyasztás hatására a sárgás szín jobban megjelent a mintákban, ami fogyasztói szempontból előnyös. A kontroll és 0,05 m/m%-os mintáknál a fagyasztás nem volt akkora hatással a színváltozásra, mint a másik két mintánál. Tehát általánosságban elmondható, hogy minél nagyobb az enzimek koncentráció mértéke, annál nagyobb a különbség a fagyasztott és friss minták sárgaságában (16. ábra).

Összességében elmondható, hogy a fagyasztás előtt az enzimek hatására a minták sötétedtek, a vöröses és a sárgás szín erősségében is csökkenés tapasztalható. A friss enzimekkel kezelt mintákon látható nem feltétlenül pozitív változásokra a fagyasztás jó hatással volt, a minták minden esetben a kontroll friss minta színtényezőinek eredményei felé közelítettek.

Az 5. táblázat tartalmazza a színinkerkülönbség értékeket és ezek láthatóságát a tojássárgájale mintákra vonatkoztatva a fagyasztás-felengedetetés hatására.

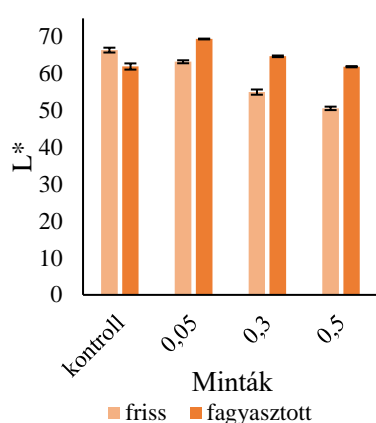
**5. táblázat** A tojássárgájale minták közötti színkülönbségek az enzimek hatására és a fagyasztás-felengedetetés hatására

	K_friss	K_fagy	0,05_friss	0,05_fagy	0,3_friss	0,3_fagy	0,5_friss	0,5_fagy
<b>K_friss</b>		nagy	észrevehető	jól látható	nagyon nagy	nagy	nagyon nagy	nagy
<b>K_fagy</b>	12,22		nagy	jól látható	nagyon nagy	nagy	nagyon nagy	nagy
<b>0,05_friss</b>	2,55	14,31		nagy	nagyon nagy	nagy	nagyon nagy	nagy
<b>0,05_fagy</b>	4,59	4,59	9,80		nagyon nagy	nagy	nagyon nagy	nagy
<b>0,3_friss</b>	30,85	41,32	28,30	36,91		nagyon nagy	jól látható	nagyon nagy
<b>0,3_fagy</b>	16,90	16,90	6,68	12,54	24,63		nagyon nagy	észrevehető
<b>0,5_friss</b>	35,09	45,21	32,53	40,87	4,54	28,47		nagyon nagy
<b>0,5_fagy</b>	11,02	19,78	8,79	15,44	21,76	2,92	25,56	

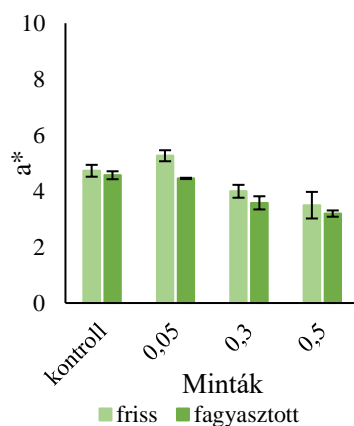
Ahogy az 5. táblázatban is látható, a tojássárgájalevek közötti színkülönbség a legtöbb esetben nagyon látható volt. A fagyasztás után a kontroll friss mintától a 0,05 m/m%-os minta tért el a legkevésbé. A többi fagyasztott minta színkülönbségei a kontroll frisshez képest mind nagyon láthatóak voltak.

#### 5.1.4. Teljes tojásle színmérésének eredményei

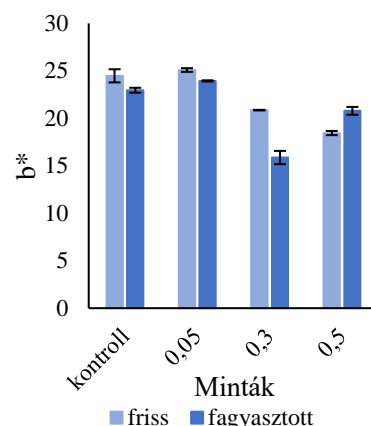
A 18-20. ábrán a tojássárgájale színtényezőinek változása látható a különböző koncentrációkban végzett enzimek hatására, illetve a fagyasztás-felengedetetés hatására.



**18. ábra** Teljes tojáslé világossági tényezőjének változása enzimkezelés, illetve fagyasztás hatására

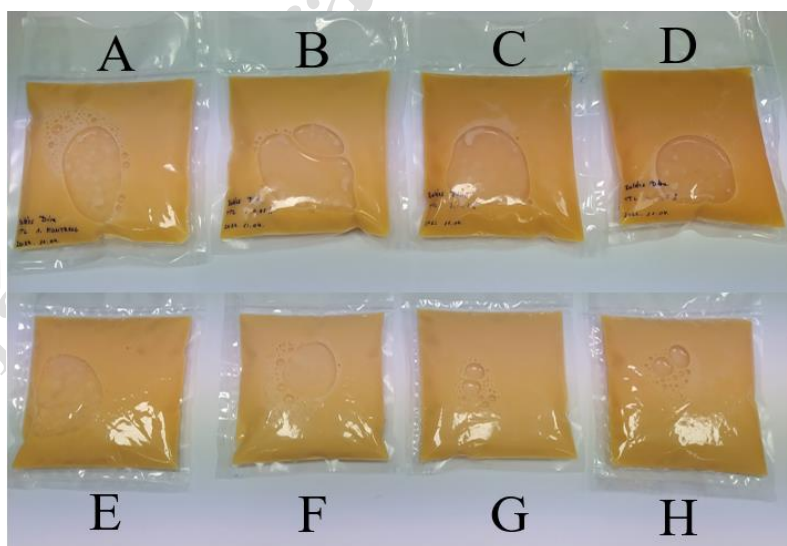


**19. ábra** Teljes tojáslé a\* értékének változása enzimkezelés, illetve fagyasztás hatására



**20. ábra** Teljes tojáslé b\* értékének változása enzimkezelés, illetve fagyasztás hatására

A teljes tojáslénél a friss mintákat tekintve az enzimkezelés koncentrációjának növekedésével a minták egyre sötétebbé váltak. A kontroll minta fagyasztás hatására alacsonyabb L\* értéket vett fel, mint a hozzá tartozó friss minta, ezzel szemben az enzimmel kezelt minták fagyasztás hatására nagyobb, világosabb értékeket mutattak (18. ábra). Az enzimkezelt fagyasztott minták közül a kontroll friss mintához legjobban a 0,3 m/m%-os minta hasonlított.



**21. ábra** A Teljes tojáslevek színének változása enzimkezelés és fagyasztás hatására (A: kontroll friss, B: 0,05 m/m% enzimkezelt, C: 0,3 m/m% enzimkezelt, D: 0,5 m/m% enzimkezelt, E: kontroll fagyasztott-felengedett, F: 0,05 m/m% enzimkezelt fagyasztott-felengedett, G: 0,3 m/m% enzimkezelt fagyasztott-felengedett, H: 0,5 m/m% enzimkezelt fagyasztott-felengedett)

Ahogy a 19. ábrán is látható, a vizsgált  $a^*$  értékek a mintáknál pozitív és kicsi értékek, tehát kissé pirosas színezete van a teljes tojásleveleknek. Az  $a^*$  értékeknél a kontroll mintához viszonyítva elmondható, hogy a 0,05 m/m%-os friss minta nagyobb értéket vett fel, majd az enzim koncentrációjának növelésével egyre alacsonyabb  $a^*$  értékeket kaptam. Fagyasztás után a kontroll friss minta vörös-zöld színezetéhez legközelebb a 0,05 m/m%-os minta került. Az enzimkomplex hozzáadásával egyre kevésbé pirosas szín érhető el. A fagyasztás hatására szintén csökkent a teljes tojáslevek  $a^*$  értéke. Azonban mindenféleképpen meg kell jegyezni, hogy az  $a^*$  értékeknek a változása elhanyagolható, annyira kis mértékűek.

A  $b^*$  értékek pozitív tartományban mozogtak (20. ábra), így sárga színűek a minták. A  $b^*$  értékeknél a friss mintánál az  $a^*$ -hoz hasonlóan észrevehető, hogy a 0,05 m/m%-os minta a kontrollhoz képest nagyobb értéket mutatott, majd az enzimkomplex koncentrációjának növelésével az eredmények csökkenő tendenciát mutattak. Fagyasztás hatására a 0,5 m/m%-os minta sárga színezete erősebbé válik, a többi mintánál a fagyasztás a sárga színre kedvezőtlen hatással volt, csökkentette. A fagyasztás után a kontroll friss mintához leginkább a 0,05 m/m%-os minta hasonlít a  $b^*$  érték tekintetében.

#### 6. táblázat Színíngerkülönbségtáblázat teljes tojáslére vonatkoztatva

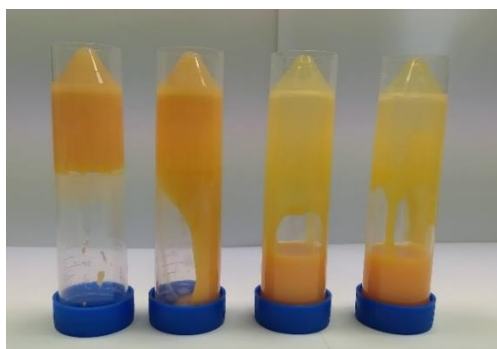
	K_friss	K_fagy	0,05_friss	0,05_fagy	0,3_friss	0,3_fagy	0,5_friss	0,5_fagy
K_friss		jól látható	jól látható	nagy	nagy	jól látható	nagy	észrevehető
K_fagy	4,70		észrevehető	nagy	nagy	jól látható	nagy	észrevehető
0,05_friss	3,27	2,58		nagy	nagy	jól látható	nagy	jól látható
0,05_fagy	7,52	7,52	6,33		nagy	jól látható	nagy	nagy
0,3_friss	11,97	7,28	9,33	14,73		nagy	jól látható	nagy
0,3_fagy	3,03	3,03	3,65	5,08	9,81		nagy	jól látható
0,5_friss	16,96	12,27	14,39	19,63	5,06	14,61		nagy
0,5_fagy	2,57	2,57	4,96	8,25	6,93	3,18	11,54	

A tojássárgájához hasonlóan fagyasztás előtt az enzimkezelés hatására a minták sötétedtek. A vörös és a sárgás szín erőssége is csökkent a 0,05m/m%-os minta kivételével. A kontroll friss mintához képest az enzimkezelt mintáknál nagy változás volt észrevehető. A 0,3 és 0,5m/m%-os minta fagyasztás után a kontroll friss minta értékei felé közelítettek, így a változás is kisebb volt, a színíngerkülönbség is csökkent.

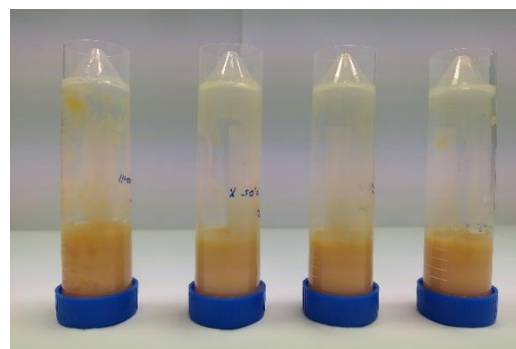
#### 5.1.5. Tojáslevek reológiai mérésének eredményei

Az enzimkezelés a reológiai tulajdonságokat erősen befolyásolta a tojássárgája gélesedésének szempontjából. A tojáslevek reológiai vizsgálatát rotációs reométer segítségével végeztem. A tojássárgájalevek felvett viszkozitásgörbéit 24. ábrán, a teljes tojáslevek viszkozitásgörbéit a 25. ábrán mutatom be. A viszkozitásgörbéken kívül a minták folyásgörbéit is bemutatom, amelyre Herschel-Bulkley modellt illesztettem. A

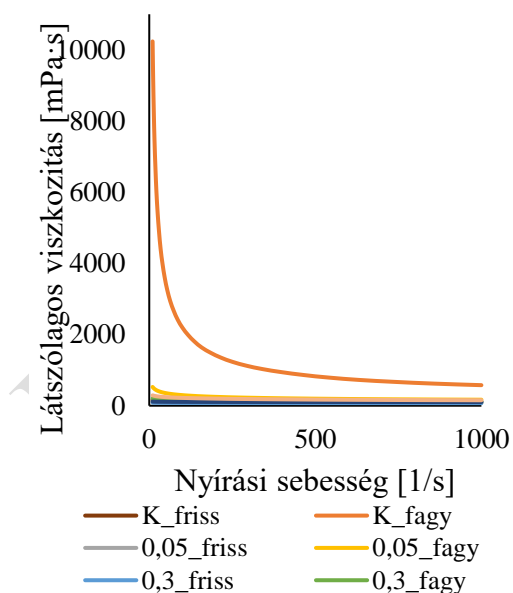
folyásgörbéken a tojáslevek mérésének lassuló szakaszának párhuzamos mérések eredményeit átlagoltam. A 26. ábrán a tojássárgájale, a 27. ábrán pedig teljes tojáslevek folyásgörbéi láthatók, a 7. táblázat pedig a Herschel-Bulkley modell paramétereit foglalja össze. A 22. és 23. ábrán is látszik a tojáslevek minták, főleg a tojássárgájale gélesedése. Szemmel látható, hogy a tojássárgájale gélesedésének megakadályozásához a 0,05 m/m%-os enzimkoncentráció nem volt elég.



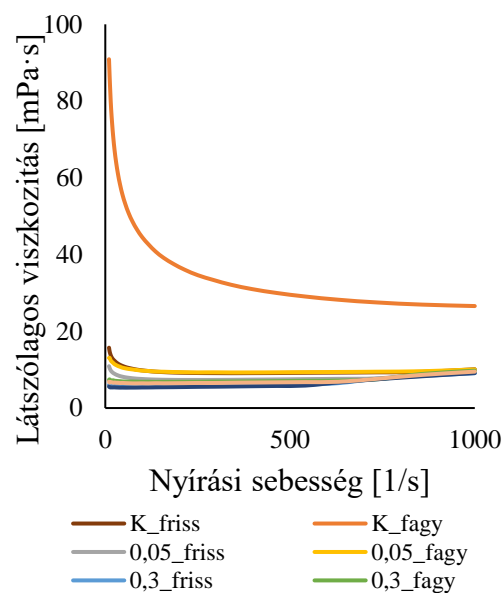
**22. ábra** Különböző koncentrációjú enzimmel kezelt tojássárgájale minták fagyasztás-felengedtetés után (minták balról jobbra: kontroll, 0,05 m/m%, 0,3 m/m%, 0,5 m/m%)



**23. ábra** Különböző koncentrációjú enzimmel kezelt teljes tojáslevek minták fagyasztás-felengedtetés után (minták balról jobbra: kontroll, 0,05 m/m%, 0,3 m/m%, 0,5 m/m%)

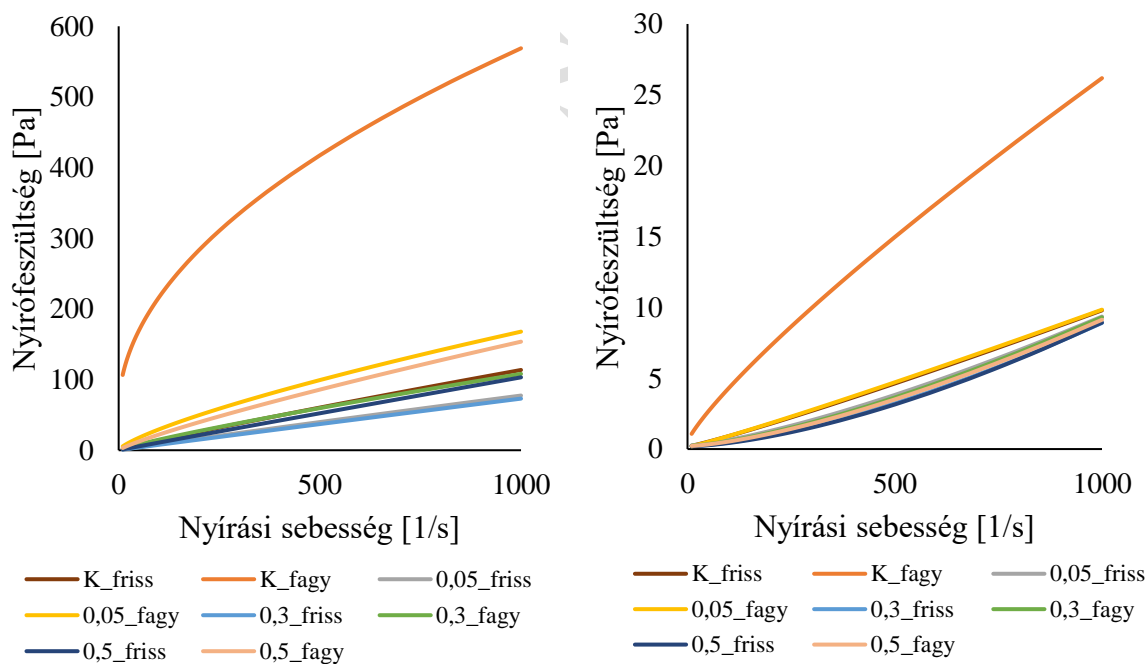


**24. ábra** Tojássárgájale viszkozitás-görbéjének változása enzimmel kezelés és fagyasztás-felengedés következtében



**25. ábra** Teljes tojáslevek viszkozitás-görbéjének változása enzimmel kezelés és fagyasztás-felengedés következtében

A kontroll fagyasztott mintáknál a látszólagos viszkozitást elemezve az értékek a többi mintához képest nagymértékben eltértek. Az enzimmel nem kezelt minták voltak a legviszkózusabbak a tojássárgájálé és a teljes tojáslé tekintetében is. A teljes tojáslé és a tojássárgájálé tengelytartománya eltérő, a tojássárgájálé viszkozitása két nagyságrenddel nagyobb, mint a teljes tojáslé viszkozitása. Mindkettő tojáslénél a kontroll fagyasztott mintáknál jól látszik a 24. és 25. ábrán, hogy a mérés kezdetén nagy látszólagos viszkozitás értéket vettek fel a friss mintákhoz képest. A látszólagos viszkozitás értékeknél az a tendencia látszik, hogy a fagyasztott minták viszkozitása minden esetben nagyobb, mint a hozzá tartozó friss minta viszkozitás értékei. A fagyasztott kontroll mintáknál látható nagymértékű viszkozitás növekedés utal a fehérjék denaturációjára, melynek hatására a tojáslevek előnyös tulajdonságai erőteljesen romlanak. (Stadelman és mtsai., 1995). A viszkozitás növekedését a gélesedés hatására korábban mért adatok is alátámasztják (Huang és mtsai., 2016). Összességében az enzimmel kezelt tojássárgájálé és teljes tojáslé viszkozitásgörbéi fagyasztás előtt és fagyasztás után is a friss tojáslevek görbéihez hasonlítottak. Ehhez hasonló eredmények születtek Hidas (2022) kutatásában is.



**26. ábra** Tojássárgájálé folyásgörbéjének változása enzimmel kezelés és fagyasztás-felengedés következtében

**27. ábra** Teljes tojáslé folyásgörbéjének változása enzimmel kezelés és fagyasztás-felengedés következtében

A tojássárgájálé és teljes tojáslé folyásgörbéjének vizsgálata során megállapítható, hogy a tojáslevek a nem-newtoni folyadékok közé tartoznak, ami azt is jelenti, hogy a nyírósebesség és nyírófeszültség között lineáris összefüggés nem áll fent.

Megállapítható, hogy a teljes tojásnél a kontroll fagyasztott minta kivételével a nagyobb nyírási sebesség érték nagyobb viszkozitást eredményezett (25. ábra), ez jellemző általánosan a dilatációs folyásgörbére. A dilatáló tulajdonságú folyásgörbénél a folyásindex nagyobb, mint 1 (7. táblázat) és a folyásgörbék homorú profilúak (27. ábra).

A tojássárgájánál a nagyobb nyírási sebesség értékhez képest a viszkozitás csökkent (24. ábra), amivel jól jellemezhetőek a pszeudoplasztikus viselkedésű közegek, amely domború profilú folyásgörbével jellemezhető (26. ábra), ahol a folyásindex kisebb, mint 1 (7. táblázat).

A tojássárgájale nyírófeszültség értékei egy nagyságrenddel magasabb értéket mutattak, mint a teljes tojásnél kapott nyírófeszültség értékek. A fagyasztott enzimkezelés nélküli teljes tojáslé szintén pszeudoplasztikus tulajdonságú volt, ez látszik a 27. ábrán a domború profilú görbéből, és a 7. táblázatban, mivel a folyásindex kisebb, mint 1.

Mindkettő fajta tojásnél látható a folyásgörbét elemezve, hogy a friss minták minden esetben kisebb nyírófeszültség értékeket vettek fel, mint a hozzá tartozó ugyanolyan enzimkoncentrációval kezelt, vagy éppen enzimmel nem kezelt kontroll fagyasztott minták. Ezzel párhuzamosan a 7. táblázatban megfigyelhető, hogy a fagyasztott minták minden minta esetében nagyobb folyáshatár ( $\tau_0$ ) értéket vettek fel a hozzájuk tartozó friss mintáknál, kivéve a teljes tojásnél a 0,05 m/m%-os minta. A folyáshatár és nyírófeszültség értékek változásával ellentétesen változnak folyásindex értékek, mivel a fagyasztott minták n értékei minden esetben kisebb értéket vettek fel, mint a hozzájuk tartozó friss minták.

Méréseim alapján megállapítható, hogy mind a tojássárgájánál, mind a teljes tojásnél a folyásgörbék kezdeti pontja az origóhoz közeli értékeket vesz fel, kivéve a fagyasztott kontroll mintánál. Ezeknél a kontroll fagyasztott mintáknál a kezdeti pont magasabb nyírófeszültség értékeket vett fel, bár a teljes tojásnél ez a folyáshatár nem kiemelkedően jelentős. A magasabb folyáshatár érték a fagyasztás során történő állapotváltozással, a gélesedéssel magyarázható (Zhao és mtsai., 2021). Általánosságba véve a tojássárgájale, illetve teljes tojáslé mintáknál megjelentek folyáshatár értékek, viszont a fagyasztott kontroll mintákhoz képest nagyon kicsi értékeket kaptam. A kontroll friss tojássárgájalehez fagyasztás után legjobban a 0,3 m/m%-os enzimkezelt minta hasonlít. A kontroll friss teljes tojásléhez pedig fagyasztás után a 0,05 m/m%-os minta hasonlít leginkább.



7. táblázat Herschel-Bulkley modell adatai tojássárgájale és teljes tojásle vizsgálata alapján

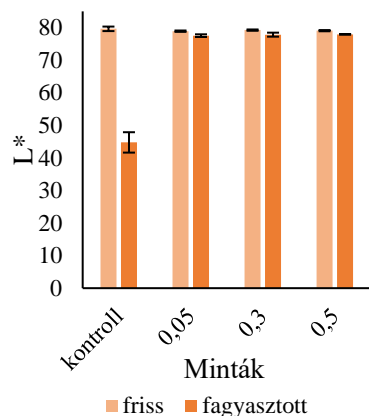
	Enzimkezelés	Folyáshatár, $\tau_{0}$ [Pa]		Konzisztencia koefficiens, K [Pas <sup>n</sup> ]		Folyásindex, n		R <sup>2</sup>
		átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	
Tojássárgájale	K_friss	0,00	0,00760	0,2076	0,00243	0,91	0,00082	0,999
	K_fagy	56,84	1,14147	15,4654	0,30790	0,51	0,00006	0,999
	0,05_friss	0,11	0,01096	0,1024	0,00052	0,96	0,00032	0,999
	0,05_fagy	0,42	0,08857	0,8780	0,10337	0,76	0,00924	0,999
	0,3_friss	0,10	0,00543	0,0819	0,00054	0,98	0,00013	0,999
	0,3_fagy	0,00	0,00000	0,2878	0,01659	0,86	0,00463	0,999
	0,5_friss	0,05	0,04132	0,1177	0,00208	0,98	0,00204	0,999
	0,5_fagy	0,00	0,00000	0,4613	0,03378	0,84	0,00506	0,999
Teljes tojásle	K_friss	0,17	0,01725	0,0046	0,00136	1,11	0,04541	0,999
	K_fagy	0,51	0,01013	0,0835	0,00168	0,83	0,00003	0,999
	0,05_friss	0,24	0,00282	0,0008	0,00003	1,35	0,00596	0,998
	0,05_fagy	0,13	0,00323	0,0055	0,00014	1,08	0,00006	0,999
	0,3_friss	0,20	0,00785	0,0002	0,00002	1,52	0,01524	0,999
	0,3_fagy	0,22	0,00407	0,0005	0,00001	1,41	0,00041	0,998
	0,5_friss	0,19	0,00609	0,0002	0,00002	1,56	0,01918	0,999
	0,5_fagy	0,21	0,00525	0,0024	0,00001	1,26	0,00008	0,998

A táblázatból is látható, hogy a kapott R<sup>2</sup> értékek, vagyis a korreláció minden mintánál 0,99 feletti értéket mutatott, tehát az illeszkedés megfelelő a Herschel-Bulkley modellel. A folyásgörbék alapján meghatározott állításokat a 7. táblázat is alátámasztja.

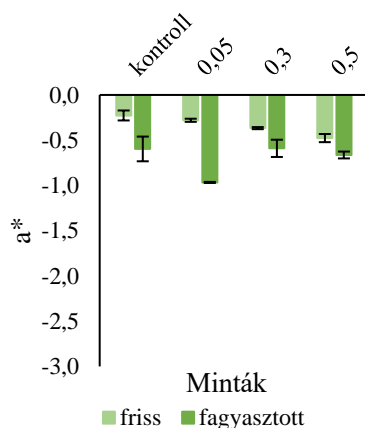
## 5.2. Az enzimkezelés és a fagyasztás-felengedtetés hatása a késztermékek tulajdonságaira

### 5.2.1. Majonéz színmérésének eredményei

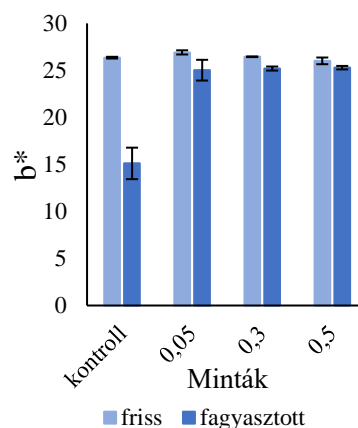
A fagyasztott-felengedett, enzimkezelt tojássárgájalevekből készült majonéz szintényezőinek vizsgálata a 28-30. ábrán látható.



**28. ábra** Majonéz világossági tényezőjének változása enzimkezelés, illetve fagyasztás hatására

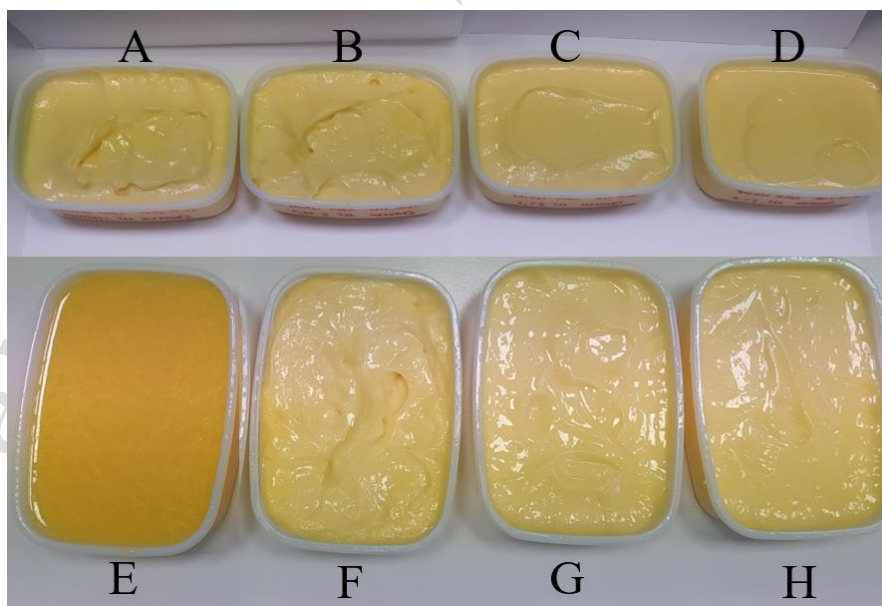


**29. ábra** Majonéz a\* értékének változása enzimkezelés, illetve fagyasztás hatására



**30. ábra** Majonéz b\* értékének változása enzimkezelés, illetve fagyasztás hatására

Ahogy a 28. ábrán is látszik, a majonézek világossági tényezőjében a kontroll fagyasztott minták kivételével nem állapítható meg nagymértékű változás. A fagyasztott kontroll majonéz mivel nem igazán homogenizálódott és nem is lehetett belőle majonézt létrehozni (31. ábra), teljesen más értékeket vett fel, mint a többi minta. Az enzimmel kezelt mintáknál megállapítható, hogy a fagyasztás hatására nagyon kismértékben csökkent az L\* értéke.



**31. ábra** A majonézek színének változása enzimkezelés és fagyasztás hatására (A: kontroll friss, B: 0,05 m/m% enzimkezelt, C: 0,3 m/m% enzimkezelt, D: 0,5 m/m% enzimkezelt, E: kontroll fagyasztott-felengedett, F: 0,05 m/m% enzimkezelt fagyasztott-felengedett, G: 0,3 m/m% enzimkezelt fagyasztott-felengedett, H: 0,5 m/m% enzimkezelt fagyasztott-felengedett)

Az a\* érték negatív értékeket vettek fel, így látható, hogy az enzimmel kezelt friss minták a koncentráció növelésével kis zöld színezetet mutattak. Megállapítható a 29. ábrát tekintve, hogy a fagyasztás minden esetben növelte a zöld szín megjelenését, erősödését, viszont ezek a változások nagyon kis mértékűek és a zöld színezet sem érvényesül.

A b\* értékek pozitívak, tehát a majonézek erőteljes sárga színezettel rendelkeznek. A sárga-kék színtényező a friss mintáknál kismértékű változást mutatott. A fagyasztás itt is alacsonyabb értékeket eredményezett a friss mintákhoz képest, tehát a minták kevésbé sárga színűek lettek. A fagyasztott kontroll minta jelentősen alacsonyabb értéket mutatott a többi mintához képest. A fagyasztás és enzimkezelés után készített majonézekről megállapítható, hogy az enzimkoncentráció növekedésével a sárga szín erőssége a zöld színhez hasonlóan nagyon kis mértékben növekedett (30.ábra).

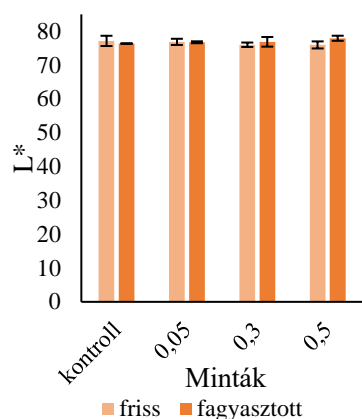
**8. táblázat Színíngerkülönbségtáblázat majonéz mintákra vonatkoztatva**

	K_friss	K_fagy	0,05_friss	0,05_fagy	0,3_friss	0,3_fagy	0,5_friss	0,5_fagy
K_friss		nagyon nagy	alig észrevehető	észrevehető	nem észrevehető	észrevehető	alig észrevehető	észrevehető
K_fagy	36,65		nagyon nagy	nagyon nagy	nagyon nagy	nagyon nagy	nagyon nagy	nagyon nagy
0,05_friss	0,91	36,14		észrevehető	alig észrevehető	észrevehető	alig észrevehető	észrevehető
0,05_fagy	2,59	34,25	2,43		észrevehető	alig észrevehető	alig észrevehető	alig észrevehető
0,3_friss	0,43	36,30	0,57	2,30		észrevehető	nem észrevehető	észrevehető
0,3_fagy	2,16	34,59	2,04	0,51	1,89		alig észrevehető	nem észrevehető
0,5_friss	0,57	36,00	0,93	1,88	0,48	1,48		alig észrevehető
0,5_fagy	2,05	34,70	1,93	0,56	1,77	0,15	1,36	

A majonézek színében észlelhető változások a 31. ábrán láthatók. A friss kontroll mintához képest a friss enzimmel kezelt mintákból készült majonéz színe alig tért el, a fagyasztott, enzimmel kezelt minták értékében kis változások láthatók a friss kontrollhoz képest. A 8. táblázatban az enzimmel kezelt mintákat egymással összehasonlítva nem látunk számottevő változásokat. A fagyasztott kontrollhoz hasonlítva a változások nagy mértéke azzal is magyarázható, hogy nem sikerült a kontroll tojássárgájából homogén majonézt készíteni, így nem meglepő, hogy ettől a mintától nagyon eltérő eredményeket kaptam. A tojássárgája színében bekövetkező változások a majonéznél nem voltak láthatóak. Ez a majonéz többi összetevőjének hozzáadásával magyarázható, leginkább az ecet jelenléte okozhatja a majonézben látható alig észrevehető változásokat.

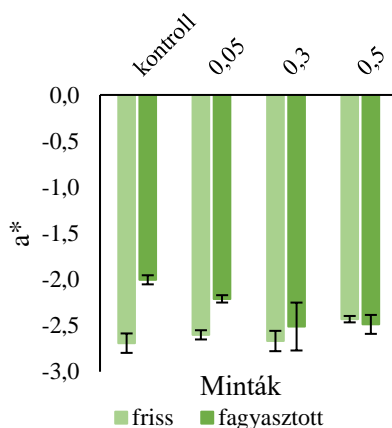
**5.2.2. Piskóta színmérésének eredményei**

A fagyasztott-felengedett, enzimkezelt teljes tojáslevekből készült piskóta színtényezőinek vizsgálata a 32-34. ábrán látható.



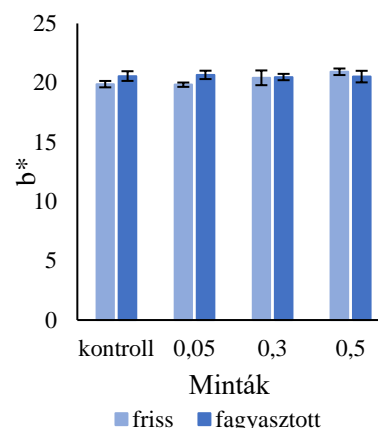
**32. ábra** Piskóta

világossági tényezőjének változása enzimkezelés, illetve fagyasztás hatására



**33. ábra** Piskóta a\*

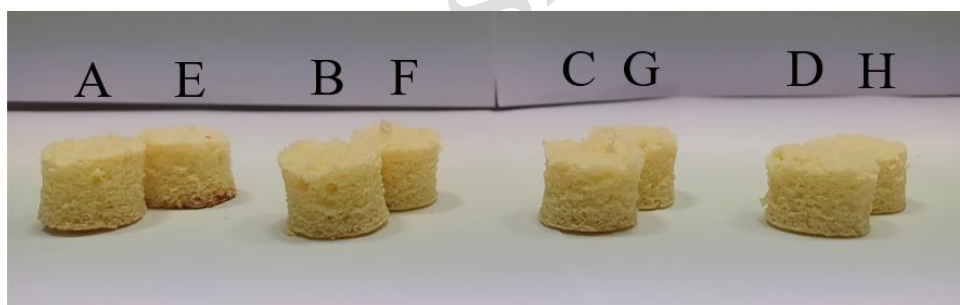
értékének változása enzimkezelés, illetve fagyasztás hatására



**34. ábra** Piskóta b\*

értékének változása enzimkezelés, illetve fagyasztás hatására

A világossági tényezők mértéke a piskótáknál változott a legkevésbé (32. ábra). A friss mintákat tekintve az enzimkoncentráció növekedésével a minták sötétedtek, a fagyasztott mintákat vizsgálva viszont a koncentráció növelésével egyre világosabb piskóta mintákat kaptam, de ezek a változások elhanyagolhatóak.



**35. ábra** A piskóták színének változása enzimkezelés és fagyasztás hatására (A: kontroll friss, B: 0,05 m/m% enzimkezelt, C: 0,3 m/m% enzimkezelt, D: 0,5 m/m% enzimkezelt, E: kontroll fagyasztott-felengedtetett, F: 0,05 m/m% enzimkezelt fagyasztott-felengedtetett, G: 0,3 m/m% enzimkezelt fagyasztott-felengedtetett, H: 0,5 m/m% enzimkezelt fagyasztott-felengedtetett)

Ahogy a 33. ábrán is látszik, a piskóták a\* értékei negatív tartományban vannak, ami a zöld színezetet jelenti. Azonban ezek a kis értékek a nagy sárga színezet értékei mellett nem dominálnak, nem látszik a zöld szín a piskótán. Megállapítható, hogy a legmagasabb enzimkoncentrációval kezelt minta kivételével a fagyasztás növelte az a\* értékeket.

A b\* értékek változása sem lett nagy jelentőséggel bíró a piskóta tekintetében (34. ábra). A fagyasztás hatása az a\*-hoz hasonlóan a 0,5 m/m%-os minta kivételével növelte az értéket,

tehat sárgább színt eredményezett. Mindhárom színtényezőnél azt állapíthatjuk meg, hogy a változás az egyes mintákat összehasonlítva nem jelentős.

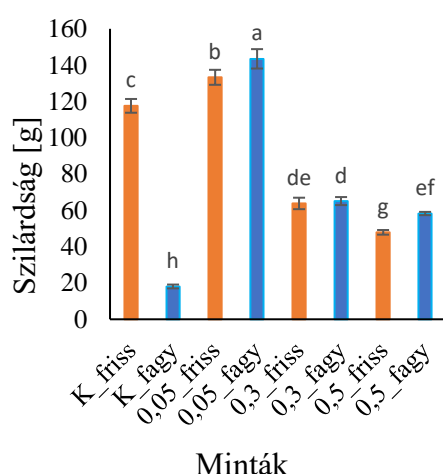
**9. táblázat Színingerkülönbségtáblázat piskóta mintákra vonatkoztatva**

	K_friss	K_fagy	0,05_friss	0,05_fagy	0,3_friss	0,3_fagy	0,5_friss	0,5_fagy
K_friss		alig észrevehető	nem észrevehető	nem észrevehető	alig észrevehető	alig észrevehető	észrevehető	észrevehető
K_fagy	1,26		alig észrevehető	nem észrevehető	alig észrevehető	alig észrevehető	alig észrevehető	észrevehető
0,05_friss	0,31	1,07		alig észrevehető	alig észrevehető	alig észrevehető	alig észrevehető	alig észrevehető
0,05_fagy	0,45	0,45	0,92		alig észrevehető	nem észrevehető	alig észrevehető	alig észrevehető
0,3_friss	1,26	0,76	1,03	0,90		alig észrevehető	alig észrevehető	észrevehető
0,3_fagy	0,73	0,73	0,65	0,37	0,88		alig észrevehető	alig észrevehető
0,5_friss	1,61	0,68	1,43	0,85	0,56	1,02		észrevehető
0,5_fagy	1,65	1,65	1,27	1,23	1,93	1,05	2,01	

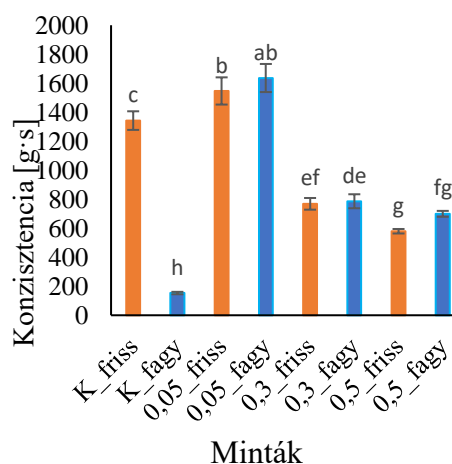
Ahogy a 35. ábrán és a 9. táblázatban is látszik, a piskóta minták színingerkülönbségének változása egyöntetűen alacsony értékeket mutatott, a legtöbb helyen alig észrevehető, illetve nem észrevehető kategóriába lehetett besorolni a minták közötti különbségeket. A 0,5 m/m%-os fagyasztott és friss minták közötti érték bizonyult a legnagyobbknak, ez már az észrevehető kategóriába sorolható. A piskóta 30%-át a tojás adta, viszont a teljes tojásleben bekövetkező színváltozások nem mutatkoztak meg a piskótában, ami fogyasztói szempontból egy előnyös tulajdonság.

### 5.2.3. Majonéz állománymérésének eredményei

A majonéz minták állományát SMS állománymérő készülék segítségével vizsgáltam, ezen belül a minták szilárdságát, konzisztencia értékét, kohézióját és a viszkozitási indexét határoztam meg.

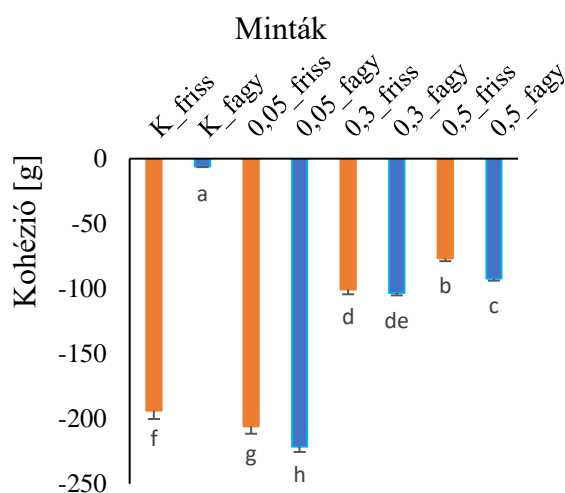


**36. ábra** Majonézek szilárdságának változása enzimezelés és fagyasztás hatására

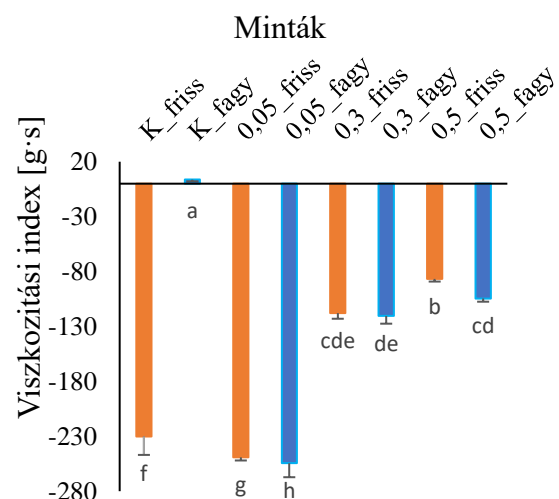


**37. ábra** Majonézek konzisztenciájának változása enzimezelés és fagyasztás hatására

Ahogy a 36. és 37. ábrán is látható, a kontroll fagyasztott minta szilárdság és konzisztencia értékei nagyon eltérőek a többi minta értékeihez képest. Ebből a kontroll fagyasztott mintából, ami enzimkezelés nélkül, fagyasztott tojássárgájából készült, nem is sikerült majonézt gyártani, inkább egy inhomogén elegyet kaptam, amelyben az olajban a gélesedett tojás úszik, ez a 31. ábrán is jól látszik. Az enzimmel kezelt mintáknál jól kivehető a szilárdságnak és a konzisztenciának a fagyasztás során bekövetkező növekedése. Minden enzimmel kezelt mintánál látható, hogy a fagyasztás hatására a szilárdság és a konzisztencia is növekedett. Statisztika alapján a szilárdság értékek közül a 0,3 m/m%-os minta nem változott szignifikánsan a fagyasztás után. A 0,05 m/m%-os és a 0,3 m/m%-os majonézek konzisztenciája sem változott szignifikánsan fagyasztás hatására. A 0,3 és a 0,5 m/m% enzimkoncentrációjú tojássárgájából készített minták szilárdság és konzisztencia értékei közelebb álltak egymáshoz, itt már akkora különbség nem látható a diagramokon. Elmondható, hogy az enzimkezelés minél nagyobb koncentrációban történt, annál kevésbé volt szilárd a majonéz. A friss tojássárgájából készült majonézhez fagyasztás után a 0,05 m/m% koncentrációjú tojássárgájából készült majonéz állt szilárdságban és konzisztenciában a legközelebb, viszont ez a minta egy kicsivel szilárdabbnak bizonyult, és nagyobb konzisztencia értékkel rendelkezett. Ezek alapján arra a következtetésre jutottam, hogy megfelelő koncentrációjú enzimmel be lehet állítani a majonéz keménységét, ami élelmiszeripari szempontból egy újabb pozitív hozadéka a tojáslevek enzimmel történő kezelésének.



**38. ábra** Majonézek kohéziójának változása enzimkezelés és fagyasztás hatására



**39. ábra** Majonézek viszkozitási indexének változása enzimkezelés és fagyasztás hatására

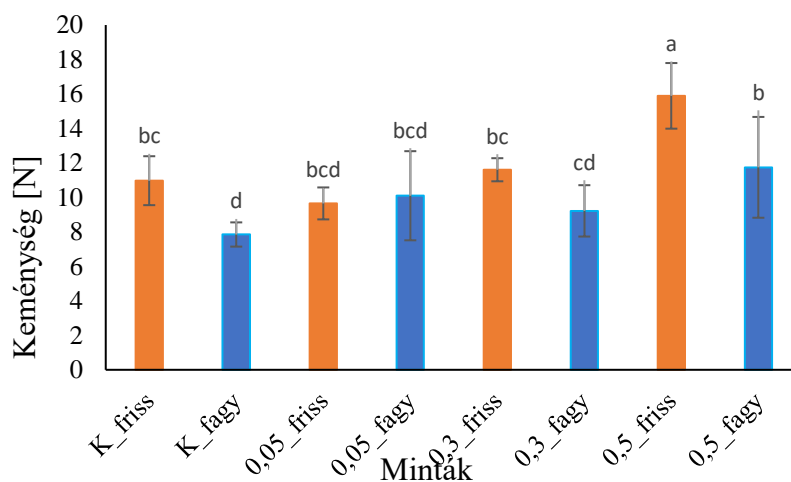
Az előző ábrákhoz hasonlóan a kohézió és a viszkozitási indexnél is elmondható, hogy a legelterőbb eredményt a fagyasztott tojássárgájából készült majonéz érte el, abszolút értéket tekintve itt a legkisebb a kohézió és viszkozitási index értéke. A viszkozitási indexnél látható pozitív érték létrejöttét az magyarázza, hogy ez a módszer nem alkalmazható a folyékony, kis viszkozitású minták mérésére, amilyen az inhomogén elegy lett a fagyasztott tojássárgájából. A friss tojásból készült majonézhez legközebb fagyasztás után a 0,05 m/m%-os minta állt, az enzimekkel itt kohézió és viszkozitási index növekedést eredményezett (38. és 39. ábra). Az enzimmel kezelt mintáknál jól kivehető, hogy a fagyasztás hatására a minták kohéziójának értékei és a viszkozitási index értékei is növekedtek. A 0,3 és 0,5 m/m%-os minták között látható a legkisebb különbség, statisztikai értékelés alapján a viszkozitási indexnél a friss és fagyasztott 0,3 m/m%-os minta között nem volt szignifikáns különbség, illetve a 0,5 m/m% fagyasztott és 0,3 m/m%-os minta között sem volt szignifikáns különbség látható. Minél nagyobb enzimkoncentrációt használtam, annál kisebb lett a kohézió és a viszkozitási index.

A tojáslé viszkozitását tekintve is hasonló eredményeket kaptam, az enzimkoncentráció növekedésével csökkent a látszólagos viszkozitás, a mintákat fagyasztás után megfigyelve a friss tojássárgájalevelekkel összehasonlítva pedig nagyobbak voltak a viszkozitás értékek.

A majonéz minták színének összehasonlításánál alig volt különbség, az állománynál ezek a változások mégis jelentősek.

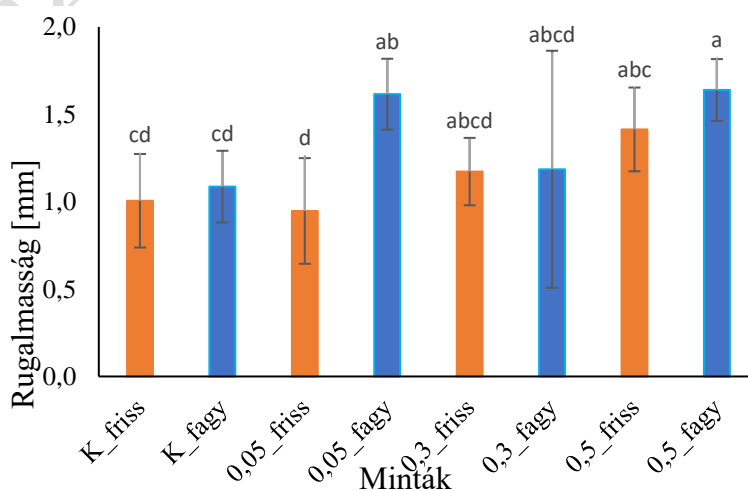
#### **5.2.4. Piskóta állománymérésének eredményei**

A késztermékek állománymérését TPA (Texture Profile Analysis) vagyis a két harapás teszt segítségével végeztem. Ennek segítségével 4 féle paramétert értékeltem ki. A keménységet (40. ábra), a kohéziót (42. ábra), a rugalmasságot (41. ábra) és a gumisságot (43. ábra). Az előforduló nagyobb szórások lehetségesek amiatt, hogy a piskóta sülése során a hó nem egyenletesen oszlott el a sütőben, illetve a piskótadarabok szeletelése és kiszúrása nem feltétlenül egy helyről történt a piskótából, ezen kívül a piskóta széle láthatóan szárazabb, keményebb, mint a közepe. Esetlegesen a mért vagy mérendő piskóta hengerek állományméréséig eltelt idő alatt a piskóta száradása is befolyásolhatta a méréseket és eredményeket.



**40. ábra** Piskóták keménységének változása enzimkezelés és fagyasztás hatására

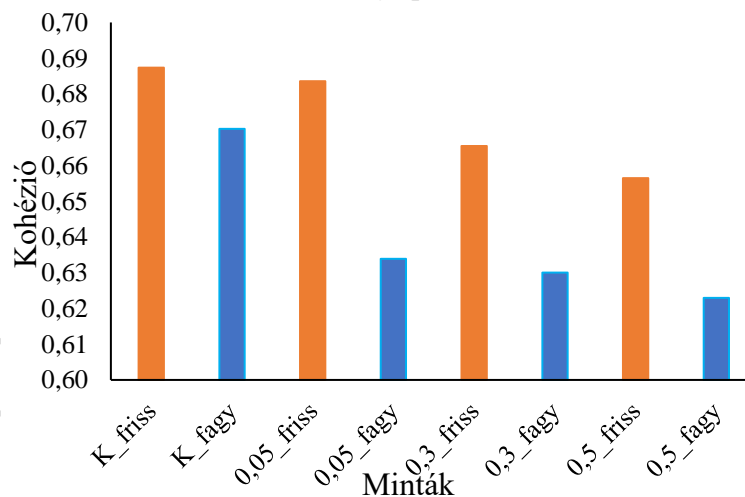
A keménység megmutatja azt, hogy mennyi erő szükséges az első harapási ciklus során egy adott mértékű deformáció eléréséhez. A 40. ábrán a friss mintákat tekintve jól kivehető, hogy az enzimmel kezelt teljes tojásléből készített piskótaminták az enzimkoncentráció növekedésével egyre magasabb keménység értéket mutattak. A friss kontroll minta keménysége ehhez képest a 0,05 m/m%-os és 0,3 m/m%-os friss minták keménységének értéke közé esett. A 0,05 m/m%-os mintát kivéve elmondható, hogy a fagyasztás során a piskóta minták keménysége csökkent. A 0,05 m/m%-os fagyasztott mintánál látható a nagyobb szórás, itt lehetséges, hogy a tendencia ezért nem kivehető. A kontroll fagyasztott minta mutatta a legkisebb keménység értéket, a legnagyobbat pedig a 0,5 m/m%-os friss tojásléből készült minta. A fagyasztott minták változása egymáshoz képest ingadozónak mondható, a fagyasztott kontroll minta kisebb, a 0,05 m/m%-os nagyobb, a 0,3 m/m%-os kisebb, a 0,5 m/m%-os nagyobb értékeket mutat. A kontroll friss mintához fagyasztás után a 0,05 m/m%-os minta hasonlított legjobban.



**41. ábra** Piskóták rugalmasságának változása enzimkezelés és fagyasztás hatására



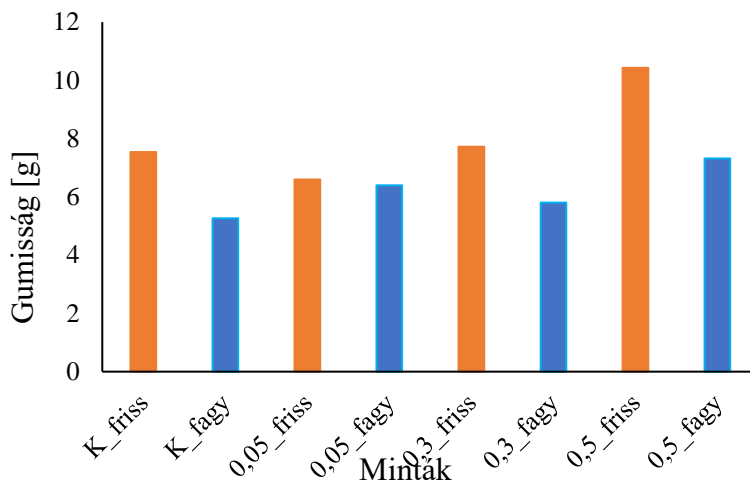
A rugalmasság értéke megmutatja, hogy a minta a relaxáció során az eredeti alakját mennyire képes felvenni. A keménységhez hasonlóan itt is látható a friss minták közötti tendencia, mely azt mutatja meg, hogy az enzimmel kezelt mintáknál minél nagyobb a koncentráció, annál nagyobb a rugalmasság (41. ábra). Ezen kívül a keménységnél látható friss kontroll minta a rugalmasságnál is megjelenik, miszerint a friss kontroll minta értéke a 0,05 és 0,3 m/m%-os minták értéke közé esik. Általánosságban az is elmondható, hogy minden mintánál a fagyasztás nagyobb rugalmasságot eredményezett, ennek a rugalmasságnak a növekedése viszont nem egyenletes. Legkevésbé rugalmas a 0,05 m/m %-os friss minta volt, a legrugalmasabb pedig a 0,5 m/m%-os fagyasztott minta, tehát a relaxációs ciklusban ez a minta nyerte vissza leginkább az eredeti magasságát. A friss kontroll mintához rugalmassági értékben legközelebb a 0,05 %-os friss minta állt. Enzimkezelés és fagyasztás után a kontroll friss mintához a 0,3 m/m%-os minta állt a legközelebb rugalmasságban. Ahogy a keménységnél is látható, a fagyasztott minták változása ingadozó volt, (a fagyasztott kontroll minta alacsonyabb, a 0,05 m/m %-os magasabb, a 0,3 m/m %-os alacsonyabb, illetve a 0,5 m/m %-os magasabb értékeket vett fel.)



**42. ábra** Piskóták kohéziójának változása enzimkezelés és fagyasztás hatására

A kohézió megmutatja az alaktartósság mértékét, ez egy belső kötőerőt is jelent. A 42. ábrán nagyon szépen láthatók és követhetők a tendenciák. A legmagasabb kohézió értéke a friss kontroll mintának volt, ehhez viszonyítva a friss mintákat, az enzimkoncentráció növekedésével a kohézió értéke csökkent. Ugyanez a tendencia a fagyasztott mintáknál is megfigyelhető, azzal a különbséggel, hogy a kontroll minta sokkal magasabb értéket mutatott, az enzimmel kezelt minták viszont egymáshoz képest kevésbé voltak eltérőek.

Összességében elmondható, hogy a legnagyobb alaktartóssági mértékkel a kontroll friss minta rendelkezett, ehhez fagyasztás után legközelebb a 0,05 m/m%-os minta állt, viszont a fagyasztás hatása a kohézió értékeknél látható csökkenést eredményezett. A legkisebb alaktartóssági mértéke a 0,5 m/m%-os fagyasztott tojásléből készült piskótának volt.

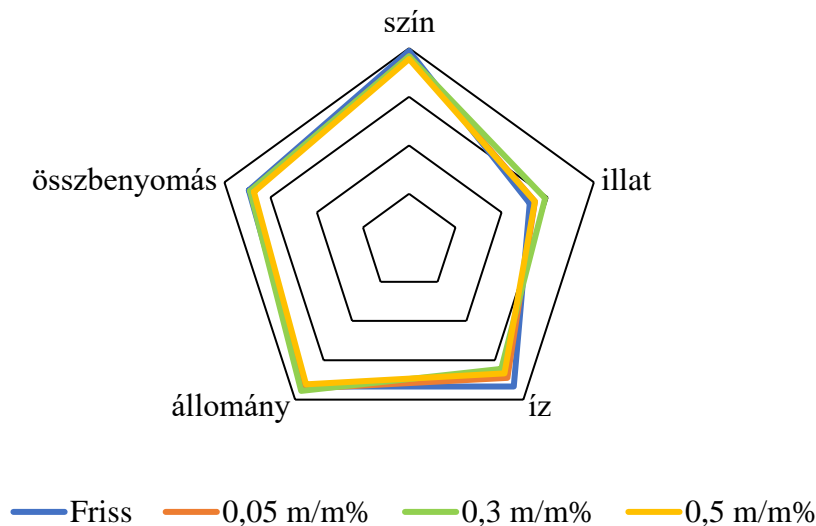


**43. ábra** Piskóták gumisságának változása enzimkezelés és fagyasztás hatására

A gumisság a rágáshoz szükséges erőt mutatja meg. A keménységhez és rugalmassághoz hasonlóan a friss mintákat tekintve itt is elmondható, hogy az enzimmel kezelt mintáknál minél nagyobb az enzimkoncentráció, annál nagyobb a gumisság értéke (43. ábra). A friss kontroll minta jelen esetben is a 0,05 és 0,3 m/m%-os minták értékei között helyezkedik el. Fagyasztás hatására minden esetben csökkent a gumisság, tehát a rágáshoz kevesebb erőt igényeltek a fagyasztott tojásléből készült minták, mint a hozzájuk tartozó friss tojásléből készült piskóták. A legmagasabb értéket a 0,5 %-os friss minta érte el, a legalacsonyabbat pedig a kontroll fagyasztott minta. Ahogy a keménységnél és rugalmasságnál is megfigyelhető volt, a fagyasztott minták változása ingadozó volt, a fagyasztott kontroll minta kisebb, a 0,05 m/m%-os nagyobb, a 0,3 m/m%-os kisebb, illetve a 0,5 m/m%-os nagyobb értékeket vett fel.

### 5.2.5. Majonéz érzékszervi bírálatának eredményei

A majonéz minták érzékszervi vizsgálatát a friss, kontroll tojássárgájából és az enzimkezelt fagyasztott-felengedett tojássárgájalevekből készült minták esetén végeztem el. Az enzimkezelés nélküli fagyasztott-felengedett tojássárgájából nem sikerült majonézt készíteni a tojássárgája gélesedése miatt, így azt az érzékszervi vizsgálatokba nem tettem bele. A majonéz minták fogyasztói érzékszervi bírálatának eredményei a 44 ábrán láthatók. Az eredményeket minden szempont alapján normális eloszlás jellemezte.



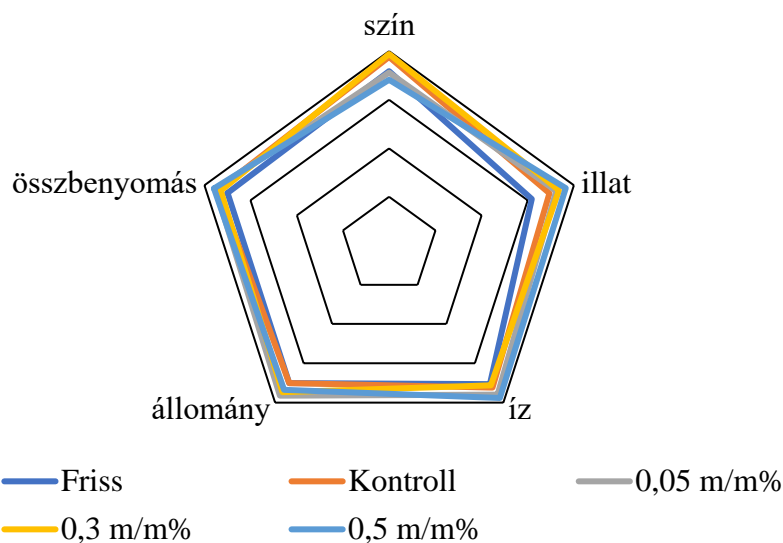
**44. ábra** A majonéz minták kedveltségi vizsgálata során kapott eredmények

A bírálók értékelése alapján a majonézek színe és illata is alig tért el a kontroll majonézhez képest. Színben legközelebb a 0,05 és 0,3 m/m%-os minta volt a friss tojássárgájából készült majonézhez. A majonéz illatát tekintve a legkedveltebb a 0,3 m/m%-os minta volt, de a különbség itt sem számottevő. A csoportok között a varianciaanalízis eredménye szerint nincs szignifikáns különbség, tehát nem végezhettem páronkénti összehasonlítást. A majonéz minták ízét tekintve a legkedveltebb a friss tojássárgájából készült majonéz volt. A 0,3 m/m%-os minta állományát kedvelték a leginkább a bírálók. Az SMS állománymérés során látható változások a majonéznél az érzékszervi bírálat alatt nem jelentek meg az állomány paraméter kedveltségi vizsgálatának értékeiben.

A majonézek érzékszervi eredményei során az összbenyomást tekintve a 0,05 m/m%-os minta bizonyult a legkedveltebbnek.

### 5.2.6. Piskóta érzékszervi bírálatának eredményei

A piskóták érzékszervi bírálatát a kontroll friss és fagyasztott teljes tojáslé mintákból és az enzimkezelt fagyasztott teljes tojáslevekből készítettem el. A piskóták érzékszervi bírálatának eredményei a 45. ábrán láthatók.



**45. ábra** A piskóta minták kedveltségi vizsgálata során kapott eredmények

A piskóták érzékszervi bírálatát tekintve a bírálók a legkedveltebb színű mintának a 0,3 m/m%-os mintát jelölték meg. Statisztikailag a varianciaanalízist tekintve nincs szignifikáns különbség a minták színe, illata, íze, állománya között. A bírálók szerint a legjobb illattal rendelkező minta 0,5 m/m%-os volt.

A magasabb pontszámot a piskóták közül ízre a 0,5 m/m%-os minta kapta, állomány szerint pedig a legkedveltebb a 0,05 m/m%-os minta volt.

Összbenyomás alapján a bírálók a 0,05 m/m%-os és 0,5 m/m%-os mintákat kedvelték a leginkább.

## 6. Összefoglalás

Az humán táplálkozásban a tojás hosszú ideje kiemelkedő szerepet játszik. Az egészséges étrend fontos részeként magas fehérje- és tápanyagtartalommal rendelkezik és kiváló forrása az esszenciális aminosavaknak és vitaminoknak. Azonban a tojás a tojáshéj feltörése után elveszíti fizikai védelmét, és a tojáslevek gyors romlása kihívások elé állítja az élelmiszeripart. A tojáslevek hosszabb tárolásának egyik lehetősége a fagyasztás, de a folyamat során jelentkező gélesedés problémája megakadályozza a fagyasztott tojáslevek optimális felhasználását. A kutatók többek között enzimek alkalmazását is vizsgálták a gélesedés megelőzésére. Az egyik lehetőség egy aminopeptidáz aktivitással rendelkező enzimekészítmény használata, melynek célja a gélesedés mértékének csökkentése és a tojáslevek reológiai tulajdonságainak javítása.

Szakedolgozatomban a tojássárgájához és teljes tojásléhez különböző koncentrációban (0,05 m/m%, 0,3 m/m% és 0,5 m/m%) aminopeptidáz aktivitású enzimekészítményt adtam, majd az enzimekelt és a kontroll tojáslevek pH-ját, színét és reológiai tulajdonságait vizsgáltam. A tojássárgájale felhasználásával majonézt, a teljes tojáslé felhasználásával piskótát készítettem, hogy megvizsgáljam az enzimekelt és fagyasztás hatását a késztermékekre. A késztermékek színét, állományát és kedveltségét vizsgáltam.

A tojássárgájale fagyasztása csökkentette a pH-t. A fagyasztott minták nagyobb enzimekcentrációnál nagyobb pH értéket mutattak. A teljes tojáslé pH értéke friss és fagyasztott minták esetében is az enzimekcentráció növelésével csökkent.

A fagyasztás és az enzimekelt a világossági tényezőre voltak a legnagyobb hatással, majd ezután a  $b^*$  értékre. A változtatások a legkisebb hatással az  $a^*$  értékre voltak. Összességében fagyasztás után a friss, kontroll tojássárgájale színéhez a 0,05 m/m%-os minta, a kontroll teljes tojásléhez a 0,3 és 0,5 m/m%-os minta színe állt a legközelebb.

A tojássárgájalenél látható kontroll fagyasztott minta látszólagos viszkozitás értékei két nagyságrenddel nagyobbak, mint a teljes tojáslé kontroll fagyasztott minta értékei, ebből is látszik, hogy a tojássárgája gélesedése jelentősebb. Az enzimekelt tojáslevek viszkozitásgörbéi a friss tojáslevek görbéihez hasonlítottak, amelyből arra következtethetünk, hogy a gélesedés mértékét csökkentette az enzimekelt. A kontroll fagyasztott minták esetében nagy folyáshatár érték látható, ami a gélesedéssel magyarázható. A kontroll friss tojássárgájalehez legjobban a 0,3 m/m%-os, a teljes tojásléhez a 0,05 m/m%-os minta hasonlított.

A fagyasztott kontroll tojássárgájából készült minta kivételével, amiből nem lehetett majonézt készíteni, a majonéz színének eredményeiben látható változások elhanyagolhatók. A piskóta színérés eredményeinek változásai is nagyon kis mértékűek a fagyasztás és az enzimkezelés hatására.

A majonéz szilárdsága és konzisztenciája a fagyasztás hatására nőtt, az enzimkezelés hatására pedig csökkent, kivéve a kontroll fagyasztott mintát, ahol a minta nagyon kis értékeket mutatott, ennek oka az lehetett, hogy a gélesedett tojássárgájából nem lehetett majonézt létrehozni. A majonéz kohéziója és viszkozitási indexe az előző paraméterekhez hasonlóan fagyasztás hatására nőtt, ami a tojássárgája reológiai mérések viszkozitás értékeinek változásával megegyezik. A kontroll fagyasztott mintánál a kohézió és viszkozitási index eredményeknél sem kaptam értelmezhető adatokat. A kontroll majonéz mintához a fagyasztás után a 0,05 m/m%-os tojássárgájából készült majonéz állt a legközelebb.

A piskóta keménysége az enzimkezelés hatására nőtt, a fagyasztás hatására csökkent. Az enzimkezelés a piskóta rugalmasságát és gumisságát növelte, a kohézióját pedig csökkentette. A kontroll mintához fagyasztás után legközelebb a 0,05 m/m%-os piskóta volt. A késztermékek kedveltségi vizsgálatánál nem voltak az eredmények között szignifikáns eltérések, sem a majonéz, sem a piskóta tekintetében.

A kísérletek eredménye alapján megállapítható, hogy a tojáslevek gélesedésének kiküszöbölésére sikeresen alkalmazható a Biocatalysts Flavorpro™ 750MDP enzimmészítmény. A tojássárgájale esetében a 0,3 m/m%-os koncentráció, a teljes tojásle esetében a 0,05 m/m%-os koncentráció bizonyult a legmegfelelőbbnek a reológiai tulajdonságokat tekintve. A késztermékek vizsgálata során viszont arra a következtetésre jutottam, hogy a 0,05 m/m%-os enzimmkonzentráció is elegendő, hogy a majonéz és a piskóta tulajdonságai a friss tojásból készült késztermékekhez hasonlóak legyenek.

További kutatások során más enzimmkonzentrációk, főképp a 0,05 és 0,3 m/m% közötti értékek vizsgálata lenne érdekes. Vizsgálni lehetne a majonéz és piskóta állományának stabilitását. Esetlegesen más tojáslevekkel készült termék állományának és szintényezőinek paramétereit is vizsgálat alá lehetne vonni.

## Irodalomjegyzék

**Abdou, A. M., Kim, M., & Sato, K. (2013).** Functional Proteins and Peptides of Hen's Egg Origin. In *Bioactive Food Peptides in Health and Disease* (o. 115–140). BoD – Books on Demand. <http://dx.doi.org/10.57772/54003>

**Anton, M., Le Denmat, M., Beaumal, V., & Pilet, P. (2001).** Filler effects of oil droplets on the rheology of heat-set emulsion gels prepared with egg yolk and egg yolk fractions. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, *21*(1), 137–147. [https://doi.org/10.1016/S0927-7765\(01\)00167-9](https://doi.org/10.1016/S0927-7765(01)00167-9)

**Atilgan, M. R., & Unluturk, S. (2008).** Rheological Properties of Liquid Egg Products (LEPS). *International Journal of Food Properties*, *11*(2), 296–309. <https://doi.org/10.1080/10942910701329658>

**Beke, Gy. (2002).** *Hűtőipari kézikönyv. 2. Technológiák.* Mezőgazda kiadó.

Chalamaiah, M., Esparza, Y., Temelli, F., & Wu, J. (2017). Physicochemical and functional properties of livetins fraction from hen egg yolk. *Food Bioscience*, *18*, 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.04.002>

**Chang, P., Powrie, W. D., & Fennema, A. (1970).** *Disc gel electrophoresis of proteins in native and heat-treated albumen, yolk, and centrifuged whole egg—Journal of Food Science—Wiley Online Library.* 774–778.

**Csapó, J., & Csapóné Kiss, Z. (2003).** *Élelmiszer-kémia.* Mezőgazda Kiadó.

Feeney, R. E., MacDonnell, L. R., & Fraenkel-Conrat, H. (1954). Effects of crotoxin (lecithinase A) on egg yolk and yolk constituents. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *48*(1), 130–140. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(54\)90314-8](https://doi.org/10.1016/0003-9861(54)90314-8)

**Figura, L. O., & Teixeira, A. A. (2007).** *Food Physics: Physical Properties — Measurement and Applications.* Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-34194-9>

**Galyean, R. D., Cotterill, O. J., & Cunningham, F. E. (1972).** Yolk Inhibition of Lysozyme Activity in Egg White. *Poultry Science*, *51*(4), 1346–1353. <https://doi.org/10.3382/ps.0511346>

**Garcés-Rimón, M., Sandoval, M., Molina, E., López-Fandiño, R., & Miguel, M. (2016).** Egg protein hydrolysates: New culinary textures. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *3*, 17–22. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2015.04.001>

- Hamid-Samimi, M., Swartzel, K. R., & Ball, H. R. (1984).** Flow Behavior of Liquid Whole Egg During Thermal Treatments. *Journal of Food Science*, 49(1), 132–136. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb13689.x>
- Hidas, K. I. (2022).** *A fagyasztás hatásai a tojáslevek minőségi jellemzőire.* MATE Élelmiszertudományi Doktori Iskola.
- Hidas, K. I., Németh, C., Visy, A., Tóth, A., Friedrich, L. F., & Nyulas-Zeke, I. C. (2020).** Comparison of different thawing methods effect on the calorimetric and rheological properties of frozen liquid egg yolk. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 16(S2), 37–44. <https://doi.org/10.1556/446.2020.20005>
- Hidas K. I., Zeke I. C. N., Tóth A. V., Visy A., Barkó A., Horváth-Mezőfi Z., Majzinger K., Ferenc F. L., & Németh C. (2022).** Teljes tojásle reológiai, kalorimetrikus és funkcionális tulajdonságainak változása a fagyasztás során. *A Hús*, 45–50. <https://doi.org/10.56616/meat.3354>
- Huang, L., Wang, T., Han, Z., Meng, Y., & Lu, X. (2016).** Effect of egg yolk freezing on properties of mayonnaise. *Food Hydrocolloids*, 56, 311–317. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.027>
- Huopalahti, R., López-Fandiño, R., Anton, M., & Schade, R. (Szerk.). (2007).** *Bioactive Egg Compounds.* Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-37885-3>
- Jeremiah. (2019).** *Freezing Effects on Food Quality.* CRC Press.
- Kaufman, I. J. (2017).** *The Recovery of Protein from Egg Yolk Protein Extraction Granule Byproduct.* <https://doi.org/10.15368/theses.2017.38>
- Kurisaki, J.-I., Kaminogawa, S., & Yamauchi, K. (1980).** Studies on freeze-thaw relation of very low density lipoprotein from hen's egg yolk. *Journal of Food Science*, 45(3), 463–466. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1980.tb04076.x>
- Laca, A., Paredes, B., Rendueles, M., & Díaz, M. (2015).** Egg yolk plasma: Separation, characteristics and future prospects. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1, Part 1), 7–10. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.048>
- Légrády, P. (2001).** *Tojás, táplálkozás, egészség.* Maecenas Könyvkiadó, Budapest.
- Lesnierowski, G., & Kijowski, J. (2007).** Lysozyme. In R. Huopalahti, R. López-Fandiño, **Leygonie, C., Britz, T. J., & Hoffman, L. C. (2012).** Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science*, 91(2), 93–98. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.01.013>
- Li-Chan, E. C. Y., & Kim, H.-O. (2008).** Structure and Chemical Compositions of Eggs. In *Egg Bioscience and Biotechnology.*



- Li-Chan, E. C. Y., Powrie, W. D., & Nakai, S. (1995).** The Chemistry of Eggs and Egg Products. In *Egg Science and Technology 4th edition* (o. 105–176).
- Lopez, A., Fellers, C. R., & Powrie, W. D. (1955).** Enzymic inhibition of gelation in frozen egg yolk. *Journal of Food Protection*, 18(3), 77–80. <https://doi.org/10.4315/0022-2747-18.3.77>
- Lukács, Gy. (1982).** *Színmérés*. Műszaki Könyvkiadó.
- Ma, Z., Ma, Y., Wang, R., & Chi, Y. (2021).** Influence of antigelation agents on frozen egg yolk gelation. *Journal of Food Engineering*, 302, 110585. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110585>
- Mine, Y. (2008).** *Egg Bioscience and Biotechnology*. John Wiley & Sons.
- Moran, T., & Hardy, W. B. (1997).** The effect of low temperature on hens' eggs. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 98(691), 436–456. <https://doi.org/10.1098/rspb.1925.0046>
- Nagy, R. (2012).** *Reológia*. Pannon Egyetem.
- Nisbet, A. D., Saundry, R. H., Moir, A. J. G., Fothergill, L. A., & Fothergill, J. E. (1981).** The Complete Amino-Acid Sequence of Hen Ovalbumin. *European Journal of Biochemistry*, 115(2), 335–345. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1981.tb05243.x>
- Nys, Y., & Guyot, N. (2011).** 6—Egg formation and chemistry. In Y. Nys, M. Bain, & F. Van Immerseel (Szerk.), *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products* (o. 83–132). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857093912.2.83>
- O'Bryan, C. A., Ricke, S. C., & Crandall, P. G. (2017).** Chapter 18—Chemical and Physical Sanitation and Pasteurization Methods for Intact Shell Eggs. In S. C. Ricke & R. K. Gast (Szerk.), *Producing Safe Eggs* (o. 373–390). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802582-6.00018-5>
- Parkinson, L. T. (1977).** The effect of pasteurisation and freezing on the low density lipoproteins of egg. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28(9), 806–810. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740280906>
- Powrie, W. D., Little, H., & Lopez, A. (1963).** Gelation of Egg Yolk. *Journal of Food Science*, 28(1), 38–46. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00156.x>
- 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>
- Professionals, T. A. (2015).** Texture Analysis Professionals Blog: Texture Analysis in action: the Back Extrusion Rig. *Texture Analysis Professionals Blog*.

<https://textureanalysisprofessionals.blogspot.com/2015/02/texture-analysis-in-action-back.html>

**Rahman, M. S. (2005).** Dried Food Properties: Challenges Ahead. *Drying Technology*, 23(4), 695–715. <https://doi.org/10.1081/DRT-200054176>

Rahman, M. S., & Velez-Ruiz, J. F. (2007). Food Preservation by Freezing. In *Handbook of Food Preservation*. CRC Press.

**Sattar Khan, M. A., Nakamura, S., Ogawa, M., Akita, E., Azakami, H., & Kato, A. (2000).** Bactericidal Action of Egg Yolk Phosvitin against Escherichia coli under Thermal Stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(5), 1503–1506. <https://doi.org/10.1021/jf990700r>

**Shawkey, Matthew, D., Kosciuch, K. L., Liu, M., Rohwer, F. C., Loos, E. R., Wang, J. M., & Beissinger, S. R. (2008).** Do Birds Differentially Distribute Antimicrobial Proteins within Clutches of Eggs? <https://doi.org/10.1093/beheco/arn019>.

**Sirvente, H., Beaumal, V., Gaillard, C., Bialek, L., Hamm, D., & Anton, M. (2007).** Structuring and Functionalization of Dispersions Containing Egg Yolk, Plasma and Granules Induced by Mechanical Treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(23), 9537–9544. <https://doi.org/10.1021/jf0719398>

**Stadelman, W. J., Newkirk, D., & Newby, L. (1995).** *Egg Science and Technology*. CRC Press.

**Suhajda, J., Fekete, K., & Dr Sahin-Tóth, G. (2011).** *Élelmiszerismeret II.: Állati eredetű élelmiszerek és élvezeti szerek*. Budapest: Műszaki Kiadó.

**Sun, X., Gänzle, M., Field, C. J., & Wu, J. (2016).** Effect of proteolysis on the sialic acid content and bifidogenic activity of ovomucin hydrolysates. *Food Chemistry*, 212, 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.153>

**Szczesniak, A. S., Brandt, M. A., & Friedman, H. H. (1963).** Development of Standard Rating Scales for Mechanical Parameters of Texture and Correlation Between the Objective and the Sensory Methods of Texture Evaluation. *Journal of Food Science*, 28(4), 397–403. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00217.x>

**Telis, V. R. N., & Kieckbusch, T. G. (1997).** Viscoelasticity of Frozen/Thawed Egg Yolk. *Journal of Food Science*, 62(3), 548–550. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb04427.x>

**Telis-Romero, J., Thomaz, C. E. P., Bernardi, M., Telis, V. R. N., & Gabas, A. L. (2006).** Rheological properties and fluid dynamics of egg yolk. *Journal of Food Engineering*, 74(2), 191–197. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.01.044>

**Texture Analysis | Why measure texture?** (é. n.)

<https://www.stablemicrosystems.com/TextureAnalysis.html>

**The Use of Enzymes in Egg Processing.** (é. n.). BioCatalysts.,  
<https://biocatalysts.com/media-resources/enzymes-for-egg-processing>

**Tóth A. (2020).** *Tojáslevek eltarthatóságának növelése kombinált kéméletes tartósítási eljárások alkalmazásával* [Phd, Szent István Egyetem (2000-2020)].  
<https://www.doi.org/10.14751/SZIE.2020.020>

**Tung, M. A., Richards, J. F., Morrison, B. C., & Wastson, E. L. (1970).** Rheology of fresh, aged and gamma irradiated egg white. *Journal of Food Science*, 35(6), 872–874.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1970.tb02016.x>

**Urisu, A., Ando, H., Morita, Y., Wada, E., Yasaki, T., Yamada, K., Komada, K., Torii, S., Goto, M., & Wakamatsu, T. (1997).** Allergenic activity of heated and ovomucoid-depleted egg white. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 100(2), 171–176.  
[https://doi.org/10.1016/S0091-6749\(97\)70220-3](https://doi.org/10.1016/S0091-6749(97)70220-3)

**Wan, Y., Lu, J., & Cui, Z. (2006).** Separation of lysozyme from chicken egg white using ultrafiltration. *Separation and Purification Technology*, 48(2), 133–142.  
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2005.07.003>

**Wang, R., Ma, Z., Du, Q., Zhao, Y., & Chi, Y. (2020).** Changes in gelation, aggregation and intermolecular forces in frozen-thawed egg yolks during freezing. *Food Hydrocolloids*, 108, 105947. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105947>

**Wang, X., Wu, S., Zhang, H., Yue, H., Qi, G., & Li, J. (2015).** Effect of dietary protein sources and storage temperatures on egg internal quality of stored shell eggs. *Animal Nutrition*, 1(4), 299–304. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.12.003>

**Wu, J. (2014).** Eggs and Egg Products Processing. In S. Clark, S. Jung, & B. Lamsal (Szerk.), *Food Processing* (1. kiad., o. 437–455). Wiley.  
<https://doi.org/10.1002/9781118846315.ch19>

**Zhao, Y., Feng, F., Yang, Y., Xiong, C., Xu, M., & Tu, Y. (2021).** Gelation behavior of egg yolk under physical and chemical induction: A review. *Food Chemistry*, 355, 129569.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129569>

Internetes források:

Internet 1. Testo 206 típusú pH mérő készülék

<https://www.testo.com/hu-HU/testo-206-ph1/p/0563-2061>

Internet 2. Anton Paar MCR 92 reométer:

<https://www.anton-paar.com/hu-hu/termekek/reszletek/reometer-mcr-72-es-mcr-92/>

Balázs Dóra Szakdolgozat

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Balázs Dóra  
A Hallgató Neptun kódja: MU7MH6  
A dolgozat címe: Enzimkezelt fagyasztott tojásból készült termékek minőségének vizsgálata  
A megjelenés éve: 2023  
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat 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 eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest, 2023.11.06.



Hallgató aláírása

## KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Balázs Dóra (hallgató Neptun azonosítója: MU7MH6) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Budapest, 2023. október 20.

  
Hidas Karina Ilona