



# Tojáslevek kis hőmérsékletű hőkezelése

**Készítette:**  
**Németh Csaba**

**Témavezető:**  
**Dr. Balla Csaba, Egyetemi docens**

**Készült a Budapesti Corvinus Egyetem  
Élelmiszertudományi Karának  
Hűtő- és Állattermek Technológiai Tanszékén  
Budapest, 2012**

**A doktori iskola**


**megnevezése:** Élelmiszertudományi Doktori Iskola

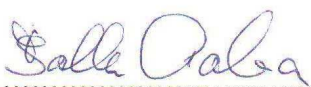
**tudományága:** Élelmiszertudományok

**vezetője:** Dr. Fodor Péter  
Egyetemi tanár, DSc  
Budapesti CorvinusEgyetem

**Témavezető:** Dr. Balla Csaba  
Egyetemi docens, PhD  
Hűtő- és Állatitermek Technológiai Tanszék  
Budapesti Corvinus Egyetem

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés nyilvános vitára bocsátható.

  
.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

  
.....  
A témavezető jóváhagyása

**A Budapesti Corvinus Egyetem Élettudományi Területi Doktori Tanács 2011. 11. 29.-ki határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi bíráló Bizottságot jelölte ki:**

**BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG:**

**Elnöke**  
**Biacs Péter, DSc**

**Tagjai**  
**Halász Anna, DSc**  
**Mohácsiné Farkas Csilla, PhD**  
**Kiskó Gabriella, PhD**  
**Janzsó Béla, CsC**

**Opponensek**  
**Tömösközi Sándor, CsC**  
**Józwiak Ákos, PhD**

**Titkár**  
**Vén Csilla, PhD**

# TARTALOMJEGYZÉK

|  |          |
|--|----------|
| <b>1. BEVEZETÉS</b> .....  | <b>4</b> |
| <b>2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS</b> .....  | <b>6</b> |
| 2.1. A TOJÁS TULAJDONSÁGAI .....   | 6        |
| 2.1.1. A tojás táplálkozásélettani jelentősége.....  | 6        |
| 2.1.2. A tojás tápanyag összetétele .....  | 7        |
| 2.1.3. A tojás zsírsav-összetétele és koleszterin tartalma.....                            | 8        |
| 2.1.4. A tojásfehérje és az azt alkotó fehérjék .....                                      | 10       |
| 2.1.5. A tojásfehérje frakcióinak jellemzése .....   | 10       |
| 2.1.5.1. Ovalbumin .....   | 10       |
| 2.1.5.2. Konalbumin (ovotranszferrin).....   | 11       |
| 2.1.5.3. Ovomukoid .....   | 11       |
| 2.1.5.4. Ovomucin .....  | 12       |
| 2.1.5.5. Lizozim .....   | 12       |
| 2.1.5.6. Ovoglobulinok.....  | 13       |
| 2.1.5.7. Ovoinhibitor .....  | 13       |
| 2.1.5.8. Ovoglikoprotein.....  | 13       |
| 2.1.5.9. Ovoflavoprotein.....  | 13       |
| 2.1.5.10. Ovomakroglobulin.....  | 14       |
| 2.1.5.11. Cisztein.....  | 14       |
| 2.1.5.12. Avidin .....   | 14       |
| 2.1.6. A tojás mikrobiológiai állapota .....   | 15       |
| 2.1.7. A tojást jellemzően szennyező patogén mikroorganizmusok.....                        | 17       |
| 2.1.7.1. Salmonella spp. ....  | 17       |
| 2.1.7.2. Escherichia coli.....   | 17       |
| 2.1.7.3. Staphylococcus aureus .....   | 18       |
| 2.2. TOJÁS FELDOLGOZÁSA.....   | 19       |
| 2.2.1. Legfontosabb tojástermékek .....  | 19       |
| 2.2.2. Tojásfeldolgozás általános technológiája .....                                      | 20       |
| 2.2.2.1. Tojás tárolása és előkészítése .....  | 20       |
| 2.2.2.2. Törés, homogénezés .....  | 21       |
| 2.2.2.3. Tojáslé pasztörözése.....   | 22       |
| 2.2.2.4. Csomagolás .....  | 24       |
| 2.2.2.5. Porlasztva szárítás .....   | 25       |
| 2.2.2.6. Főtt tojástermékek gyártása .....   | 26       |
| 2.2.3. Újszerű tojáslé tartósítási technológiák .....                                      | 26       |
| 2.2.3.1. Eljárás teljes tojáslé ultrapasztörözésére .....                                  | 26       |
| 2.2.3.2. Eljárás teljes tojáslé pasztörözésére szeparált fehérje és sárgája áramokkal..... | 27       |
| 2.2.3.3. Eljárás folyékony tojástermékek csíracsökkentő kezelésére .....                   | 27       |
| 2.2.3.4. Eljárás csökkentett tojássárgája tartalmú tojáslé-termékek pasztörözésére ...     | 28       |
| 2.2.3.5. Eljárás egész tojások pasztörözésére .....  | 28       |
| 2.2.3.6. Eljárás teljes tojáslé termékek pasztörözésére elektromos fűtéssel .....          | 28       |
| 2.2.3.7. Eljárás tojáslé termékek előállítására rövid pasztörözést követő hőtartással..... | 29       |
| 2.2.3.8. Eljárás tojáslé termék csíramentesítésére hosszantartó hőtárolással .....         | 30       |
| 2.2.4. Tojástermékekben alkalmazható tartósítószer.....                                    | 30       |
| 2.3. A SUBLETHÁLIS HŐ HATÁSA A MIKROBÁK HŐREZISZTENCIÁJÁRA.....                            | 32       |
| 2.3.1. A hő sokk-válasz jelentősége .....  | 32       |
| 2.3.2. A hő sokk válasz-mechanizmusa.....  | 34       |
| 2.3.3. Hő sokk-fehérjék (HSF).....   | 35       |
| 2.4. HABOK, TOJÁSFEHÉRJE HABOK AZ ÉLELMISZER ELŐÁLLÍTÁSBAN .....                           | 36       |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.5. TOJÁSBAN, TOJÁSTERMÉKEKBEN BEKÖVETKEZŐ VÁLTOZÁSOK VIZSGÁLATA .....  | 43        |
| 2.5.1. Tojásban bekövetkező változások vizsgálata DSC módszerrel.....  | 43        |
| 2.5.2. Tojásban bekövetkező változások vizsgálata NIR módszerrel.....  | 44        |
| 2.5.3. Elektrofretikus módszerek .....   | 46        |
| <b>3. CÉLKITŰZÉSEK .....</b>   | <b>48</b> |
| <b>4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK .....</b>   | <b>51</b> |
| 4.1. PASZTÖRÖZÉS HATÁSA A SALMONELLA TIZEDELÉSI IDEJÉRE.....   | 51        |
| 4.1.1. Anyagok .....   | 51        |
| 4.1.1.1. Tojáslé minták .....  | 51        |
| 4.1.1.2. Mikroba és eltartásuk.....  | 51        |
| 4.1.1.3. Tápközeg, segédanyagok .....  | 51        |
| 4.1.2. A minták kezelése és vizsgálata .....   | 52        |
| 4.2. S. ENTERITIDIS, E. COLI, L. MONOCYTOGENES ÉS S. AUREUS HŐREZISZTENCIÁJA A FELMELEGÍTÉSI IDŐ ÉS A KEZELÉSI HŐMÉRSÉKLET FÜGGVÉNYÉBEN..... | 54        |
| 4.2.1. Anyagok .....   | 54        |
| 4.2.2. Kísérlet felépítése .....   | 55        |
| 4.2.3. Élőcsíraszám meghatározása .....  | 56        |
| 4.3. TOJÁSFÉHÉRJE HABOK STABILITÁSÁNAK VIZSGÁLATA .....  | 57        |
| 4.3.1. Habstabilitás vizsgálatánál felhasznált anyagok .....   | 57        |
| 4.3.2. Módszerek.....  | 58        |
| 4.3.2.1. Reológiai vizsgálat .....   | 58        |
| 4.3.2.2. Habstabilitás vizsgálat .....   | 58        |
| 4.3.2.3. Állománymérés .....   | 59        |
| 4.3.2.4. Érzékszervi vizsgálat .....   | 59        |
| 4.4. 50, 55 ÉS 60°C-OS HÖNTARTÁS SORÁN BEKÖVETKEZŐ VÁLTOZÁSOK VIZSGÁLATA NIR ÉS DSC MÓDSZEREKKEL .....                                       | 59        |
| 4.4.1. A mérések során felhasznált minták .....  | 59        |
| 4.4.2. DSC mérés során felhasznált módszerek.....  | 59        |
| 4.4.3. A NIR mérések során felhasznált módszerek.....  | 60        |
| 4.4.3.1. Diszkriminancia analízis (Canonical Discriminant Analysis, CDA).....  | 60        |
| 4.4.3.2. Polár minősítő rendszer (PQS).....  | 61        |
| 4.4.3.3. Részleges Legkisebb Négyzetek módszere (PLS) .....  | 62        |
| 4.5. TARTÓSÍTÓSZEREK HATÁSA A TOJÁSFÉHÉRJE-LÉ TERMÉKEK KALORIMETRIKUS TULAJDONSÁGAIRA.....   | 62        |
| <b>5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....</b>   | <b>63</b> |
| 5.1. 55°C-OS CSOMAGOLÓANYAGBAN TÖRTÉNŐ HÖNTARTÁST MEGELŐZŐ HŐKEZELÉS HATÁSA A SALMONELLA TIZEDELÉSI IDEJÉRE.....                             | 63        |
| 5.2. S. ENTERITIDIS, E. COLI, L. MONOCYTOGENES ÉS S. AUREUS HŐREZISZTENCIÁJA A FELMELEGÍTÉSI IDŐ ÉS A KEZELÉSI HŐMÉRSÉKLET FÜGGVÉNYÉBEN..... | 68        |
| 5.3. KÜLÖNBÖZŐ MÓDON HŐKEZELT MAJD ÉDESÍTETT TOJÁSFÉHÉRJE HABOK STABILITÁSÁNAK VIZSGÁLATA .....  | 73        |
| 5.3.1. Reológiai vizsgálat .....   | 73        |
| 5.3.2. Tojáshab stabilitása.....   | 76        |
| 5.3.3. Állománymérés .....   | 77        |
| 5.3.3.1. Friss habok állománya .....   | 77        |
| 5.3.3.2. A tojáshab keménységének változása az idő függvényében .....  | 78        |
| 5.3.3.3. Az adhéziós munka változása az idő függvényében .....   | 78        |
| 5.3.4. Érzékszervi vizsgálatok.....  | 79        |
| 5.4. 50, 55 ÉS 60°C-OS HÖNTARTÁS SORÁN BEKÖVETKEZŐ VÁLTOZÁSOK VIZSGÁLATA DSC ÉS NIR MÓDSZEREKKEL .....                                       | 81        |

|   |            |
|---|------------|
| 5.5. TARTÓSÍTÓSZEREK HATÁSA A TOJÁSFEHÉRJE-LÉ HŐÉRZÉKENYSÉGÉRE..... | 90         |
| 5.5.1. PH módosításának hatása a tojáslé mintákra.....              | 90         |
| 5.5.2. Na-benzoát és kálium-szorbát hatása a tojáslevekre .....     | 94         |
| <b>6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK, TÉZISEK .....</b>                   | <b>97</b>  |
| <b>7. JAVASLATOK.....</b>   | <b>98</b>  |
| <b>7. ÖSSZEFOGLALÁS .....</b>                                       | <b>100</b> |
| <b>8. SUMMARY .....</b>   | <b>104</b> |
| <b>MELLÉKLETEK.....</b>   | <b>108</b> |
| M1 IRODALOMJEGYZÉK.....   | 108        |
| M2-M5 EGYÉB MELLÉKLETEK .....                                       | 123        |
| M6 PUBLIKÁCIÓK.....   | 126        |
| <b>KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....</b>                                     | <b>134</b> |

# 1. BEVEZETÉS

A tojás fontos táplálékforrás volt az ősember számára, amikor a legtöbb táplálékot még gyűjtögetéssel szerezte meg. Régi történelmi feljegyzések számolnak be arról, hogy a tojás csemegének számított, és amikor bőségesen rendelkezésre állt, a fő táplálékforrást jelentette. Amikor házasították a tyúkot, a tojás népszerű élelemforrás lett, amely az akkori étredekben még mindig az esszenciális tápanyagok elsődleges forrását biztosította. A tojás napjainkban is fontos táplálékforrás és számos más, világszerte fogyasztott élelmiszer összetevője.

Az élelmiszeriparban a nagyüzemi tészta-, és kekszgyártók támasztottak először igényt a tojás, mint nyersanyag „technológiához kész” formában történő előállítására. Ez azt jelenti, hogy a gyártás során felhasználásra kerülő héjas tojásokat egy, a technológia többi részétől elválasztott, külön üzemszobában dolgozták fel törés (héj eltávolítása), homogenizálás alkalmazásával úgynevezett tojáslévé, majd pasztörözést követően juttatták a feldolgozás helyére. A pasztörözést a tojás állati eredete indokolja, a szárnyas bélcsatornájával és környezetével való kapcsolat révén külső felülete erősen szennyeződik. A feltört tojásba mikrobák kerülhetnek a héjról, amelyek ott gyorsan elszaporodhatnak, mivel a tojáslé kiváló tápoldat a baktériumok számára.

A tojás beltartalmába kerülő mikrobák számát napjainkban főként hőkezeléssel csökkentik, mely hőmérsékletének és időtartamának megválasztásánál két fontos problémát kell szem előtt tartani: a tojáslében jelen lévő romlást okozó mikrobák minél nagyobb mértékben, a vegetatív patogén baktériumok teljes mértékben pusztuljanak el, ugyanakkor a tojás értékes anyagai – főleg a fehérjék – ne károsodjanak. Így, a tojáslé hőkezelése során a kezelési hőmérséklet és idő optimálására van szükség.

A gyakorlatban leginkább olyan pasztörözési eljárások terjedtek el, amelyek során a tojáslevet szakaszosan vagy folyamatosan hőcserélőn vezetik át, ahol néhány perces hőkezeléssel csökkentik a sejtszámot. Pasztörözés után a tojáslé dobozolását, ill. kannába töltését követő hűtve tárolás vagy a tojáslé porlasztva szárítása a következő technológiai lépések, melyeket követően a tojástermékek élelmiszerbiztonsági szempontból megfelelő minőségben jutnak el a fogyasztókhoz.

A piaci verseny megkívánja a hűtve forgalmazott tojáslé-termékek eltarthatósági idejének növelését, ehhez viszont az általánosan elterjedt pasztörözési eljárásoknál nagyobb arányú csíraszám csökkentésre van szükség. Egy lehetséges megoldás a tojáslé viszonylag alacsony hőmérsékletű (50-55°C), hosszú ideig tartó hűntartása (akár több órás hőkezelés), melynek során a fehérjék nagyobb mértékű denaturálódása nélkül megfelelő mértékben

csökkenthető a tojástermékek esetében előforduló patogén baktériumok élőcsíraszámára. További lehetőség a már csomagolt tojáslevek hőntartása, mellyel ki lehet zárni a hőkezelés utáni utófertőződés esélyét. Azonban számolni kell azzal, hogy a tojáslevek felmelegedése a csomagolóanyagban viszonylag hosszú időt vehet igénybe, így a bennük lévő mikrobáknak van idejük „hozzászokni” a magasabb hőmérséklet elviseléséhez. Ez a megnövekedett hőtolerancia főleg az olyan alacsony hőmérsékletű, kíméletes kezeléseknél okozhat problémát, mint az említett 55°C körüli hőkezelés, így esetünkben is szükség van pontos hőpusztuláskinetikai eredményekre a kívánt hatású hőkezelés hőmérsékletének és időtartalmának meghatározásához.

A tojáslevek hőntartásos kezelésével kapcsolatban célszerű lenne megvizsgálni azt is, hogy lehetséges-e a tojásfehérje-lé, tojássárgája-lé és teljes-tojáslé egyidejű, egy hőntartó kamrában történő kezelése, tehát az eltérő tojáslevek azonos hőmérsékleten történő kezelése. Egy hőntartó kamra telepítése ugyanis a tojásfeldolgozó üzemeknek kisebb beruházást jelentene. Tehát célszerű lenne megvizsgálni, hogy lehetséges-e olyan kezelési hőmérséklet és időtartamot meghatározni, melyen még a magas lipidtartalma miatt a mikrobákat jobban védő tojássárgájában is megfelelő mértékű mikrobaszámcsökkenés valósítható meg, de a tojásfehérje-lében található hőérzékeny fehérjék nem károsodnak.

Célszerű lenne továbbá megvizsgálni, hogy a pasztörözés kifejthet-e szintén hőrezisztencia növelő hatást. Ennek szintén fontos gazdasági jelentősége van, ugyanis amennyiben a pasztörözés hatására megnövekedik a tojáslevekben lévő mikrobák hőrezisztenciája, úgy a már pasztörözött, dobozolt levek nem kezelhetők hőntartással. Ebben az esetben párhuzamos gyártóvonal kiépítése szükséges tojástörő és dobozoló géppel, nem csupán egy kiegészítő utókezelésre alkalmas hőntartó terem telepítésére lenne szükség.

Természetesen célszerű lenne vizsgálni az új hőkezelési technológiával kezelt tojáslevek technofunkcionális tulajdonságait. Ez tojásfehérje-lé esetében főként a habképző és habtartó tulajdonságot jelenti. Továbbá annak vizsgálata is ide tartozik, hogy hőntartás során bekövetkező fehérje-denaturáció mértéke hogyan változik.



## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. A tojás tulajdonságai

#### 2.1.1. A tojás táplálkozásélettani jelentősége

A tojás gazdag magas biológiai értékű fehérjében és fehérjének minőségét gyakran veszik alapul minden más élelmiszer fehérjék minőségének méréséhez. A tojás továbbá fontos forrása az esszenciális telítetlen zsírsavaknak (linolsav 18:2n6), az egyszeresen telítetlen olajsavnak, a vasnak, foszfornek, számos nyomelemnek, az A, D, E és K zsírban oldódó vitaminoknak, valamint számos vízben oldódó B-vitaminnak. Jelentős D-vitaminforrás, ugyanakkor alacsony a kalcium tartalma (a héj kivételével), és nem tartalmaz C-vitamint (LAYMAN & RODRIGUEZ, 2009).

A tojás a tápanyagok egyedülálló és kiegyensúlyozott forrását jelenti minden életkorban. A mai bébiételek megjelenése előtt a keményre főzött tojássárgája szolgált fő kiegészítő vasforrásként a csecsemők számára. Napjaikban vassal dúsított, előfőzött gabonafélék, átpasszírozott húsok és tartósított tojássárgája termékek nyújtják a vas alternatív és sokkal kényelmesebb forrását. Ennek ellenére az otthon készített, keményre főzött tojássárgája még mindig praktikus és finom kiegészítő vasforrás a kisgyermek számára. A tojás jelentős mértékben fedezni tudja a test gyors növekedési szakaszában jelentkező tápanyag-szükségleteit, ezért kitűnő táplálék a kicsi és a serdülő gyerekek számára egyaránt (SONG & KERVER, 2000; RIVERA et al., 2003, LÁSZTITY, 2008).

A tojást nagyfokú emészthetősége és koncentrált tápanyagtartalma értékes táplálékforrássá teszi azok számára is, akik valamilyen betegségből épülnek fel. A legtöbb vegyes diéta és a műtétek vagy betegségek utáni lábadozás során előírt kezdeti könnyű diéta tartalmaz tojást.

A tojás értékes és közvetlenül alkalmazható olyan diéták során, amelyeket olyan idősebb emberek számára írnak elő, akiknek alacsonyabb a kalóriaszükségletük, valamint komolyabb nehézségeik vannak az emésztési és felszívódási folyamatok során. Időskorban a megfelelő tápanyagbevitelnek kritikus jelentősége van az egészségre, mivel a korrall összefüggő változások érintik a gasztrointesztinális traktust (gyomor és a bélrendszer), az étrend pedig mélyrehatóan befolyásolhatja az immunrendszert. A tojás könnyen emészthető és könnyen felszívódó táplálék, mely számos létfontosságú tápanyagot biztosít. A tojásnak könnyű beszerezhetősége, alacsony ára, könnyű elkészíthetősége, közkedvelt íze és alacsony energiaértéke miatt megérdemelten helye van az időskori étrendekben is (HARKNESS, 2002; DRIMBA, 2009).

## 2.1.2. A tojás tápanyag összetétele

A tojásban lévő tápanyagok kémiai analízisét a 1. táblázat mutatja be. Az adatok 100 g-nyi, azaz 2 tojásra (50g/tojás ehető része) vonatkoztatva vannak megadva. A tápanyagtartalmat a táblázat a nyers egész tojás, a tojásfehérje és a tojássárgája adagokra, valamint a lé- vagy fagyasztott tojásra vonatkoztatva mutatja.

1. táblázat. Tojás összetétele (COTTERILL & GLAUERT, 1979)

| Az értékek a termékek 100g-jára vonatkoznak |              |              |               |              |              |
|---|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| Összetevő                                   | Mértékegység | Teljes-tojás | Tojás-fehérje | Tojássárgája |              |
|   |              |              |               | Tiszta       | Kereskedelmi |
| Víz   | g            | 75,33        | 87,81         | 48,81        | 56,20        |
| Energia                                     | kcal         | 149,00       | 50,00         | 358,00       | 303,00       |
| Fehérje                                     | g            | 12,49        | 10,52         | 16,76        | 15,50        |
| Zsír  | g            | 10,02        | –             | 30,87        | 25,60        |
| koleszterin                                 | mg           | 425,00       | –             | 1281,00      | 1075,00      |
| Szénhidrát                                  | g            | 1,22         | 1,03          | 1,78         | 1,15         |
| Hamu  | g            | 0,94         | 0,64          | 1,77         | 1,55         |
| <b>Ásványi anyag tartalom</b>               |              |              |               |              |              |
| Kalcium                                     | mg           | 49,00        | 6,00          | 137,00       | 138,00       |
| Vas   | mg           | 1,44         | 0,03          | 3,53         | 3,34         |
| Magnézium                                   | mg           | 10,00        | 11,00         | 9,00         | 9,00         |
| Foszfor                                     | mg           | 178,00       | 13,00         | 488,00       | 417,00       |
| Kálium                                      | mg           | 121,00       | 143,00        | 94,00        | 118,00       |
| Nátrium                                     | mg           | 126,00       | 164,00        | 43,00        | 67,00        |
| Cink  | mg           | 1,10         | 0,01          | 3,11         | 2,88         |
| Réz   | mg           | 0,014        | 0,006         | 0,025        | 0,024        |
| Mangán                                      | mg           | 0,024        | 0,004         | 0,069        | 0,062        |
| Szelén                                      | mg           | 30,80        | 17,60         | 45,20        | 41,80        |
| <b>Vitaminok</b>                            |              |              |               |              |              |
| B1  | mg           | 0,062        | 0,006         | 0,170        | 0,155        |
| B2  | mg           | 0,508        | 0,452         | 0,639        | 0,520        |
| B3  | mg           | 0,073        | 0,092         | 0,015        | 0,045        |
| B5  | mg           | 1,26         | 0,119         | 3,807        | 3,530        |
| B6  | mg           | 0,139        | 0,004         | 0,392        | 0,345        |
| folsav                                      | mcg          | 47,00        | 3,00          | 146,00       | 116,00       |
| B12   | mcg          | 1,00         | 0,20          | 3,11         | 1,82         |
| A   | IU           | 635,00       | –             | 1945,11      | 1410,00      |
| D   | IU           | 52,00        | –             | 148,00       | N.A.         |
| E   | mg           | 1,05         | –             | 3,16         | 2,50         |

Egy egész nyers tojás és egy főtt tojás tápanyag-összetétele szinte teljesen azonos, persze a tojásrántotta összetétele némileg megváltozik az elkészítés során hozzáadott tej és zsiradék hatására.

A sárgája az egész tojás ehető részének alig több mint 1/3 részét alkotja, azonban a tojás energiaértékének 78%-át szolgáltatja, valamint a sárgája tartalmazza gyakorlatilag az összes zsírt, kalciumot, foszfort, vasat, cinket, B6-vitamint, B12-vitamint, A-vitamint,

folsavat, pantoténsavat és tiamint, továbbá a teljes tojás fehérje- és riboflavin tartalmának közel a felét biztosítja. A fehérjék és a riboflavin kevésbé koncentráltan van jelen a fehérjében, mivel azonban majdnem kétszer annyi tojásfehérjét tartalmaz egy tojás mint sárgáját, az összes fehérje és riboflavin mennyiségének több mint fele a tojásfehérjében található.

A tojássárgája zsírsav-összetétele könnyen módosítható azáltal, ha a tyúk táplálékához zsírt adagolnak. A vitamin- és nyomelem értékek is nagymértékben változhatnak, ha egyes vitaminok vagy ásványi anyagok arányát erőteljesen növelik takarmányozással. Az 1. táblázatban szereplő összetételre vonatkozó átlagértékek azonban a kereskedelmi forgalomban általánosan megtalálható tyúktojásokra vonatkoznak. Továbbá ezek az adatok a gondosan kezelt, normál értékesítési csatornákon keresztül értékesített, nem kedvezőtlen körülmények között vagy hosszú ideig tárolt tojásokra vonatkoznak (COTTERILL & GLAUERT, 1979).

### **2.1.3. A tojás zsírsav-összetétele és koleszterin tartalma**

A tény, hogy az élelmi zsírok megváltoztathatják a baromfiban a zsír összetételét, már 1934-ben bizonyítottá vált (CRUICKSHANK, 1934). Azóta lényeges előrelépés történt a tyúkokban végbemenő lipoprotein metabolizmus és a tojássárgája kialakulása során történő lipid-lerakódás (deposition) megértésében (GRIFFIN, 1992). Továbbá, intenzíven tanulmányozták az élelmi zsírsavaknak a tojássárgája lipidjeibe történő beépülését (NOBLE et al., 1990). Manapság a tojássárgája zsírsav-összetételének megváltoztatására irányított figyelem a többszörösen telítetlen omega-3 zsírsavak növelésére összpontosul e zsírsavak egészségre gyakorolt pozitív hatásai miatt (SIMOPOULOS, 2000). Mivel a tyúk monogasztrikus állat, a legtöbb élelmi zsiradék minimális módosulással közvetlenül felszívódik bélrendszerében (WATKINS, 1991). Amikor a tyúkokat halból készült liszttel és menhaden halolajjal táplálták, megfigyelték, hogy az ezekben a termékekben lévő többszörösen telítetlen omega-3 zsírsavak azonnal beépültek a baromfi szöveti lipidjeibe. Megfigyelték, hogy a tyúkok képesek az  $\alpha$ -linolénsav (18:3n3) láncát meghosszabbítani és telítetlenné tenni, így hosszú láncú omega-3 eikozapentaén zsírsavvá (20:5n-3) alakítani (PHETTEPLACE & WATKINS, 1989).

A tyúk az általa elfogyasztott zsírsavak típusa és mennyisége révén képes megváltoztatni a többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) koncentrációját (WATKINS, 1991). A tyúk mája kettős kötéseket létrehozó deszaturáz enzimeket, valamint hosszabbító enzimet tartalmaz, amely megnöveli a zsírsavak láncának hosszát. A legtöbb alkalmazott baromfi-étrendben az esszenciális zsírsav, a linsav (18:2n-6) magasabb koncentrációban van jelen, mint az  $\alpha$ -linolénsav (18:3n-3). Ebben az esetben nagyobb mennyiségben keletkeznek omega-6 zsírsavak az omega-3 zsírsavakhoz viszonyítva. Amikor az étrendben a 18:3n-3 zsírsav koncentrációja relatíve megemelkedik a 18:2n-6 zsírsavhoz képest, az omega-3 zsírsavak mennyiségének növekedése következik be. Az omega-3 zsírsavakat tartalmazó tápok a

tojássárgájában növelik a 20:5n-3 zsírsav koncentrációját, a 20:4n-6 koncentrációját viszont csökkentik (CHERIAN & SIM, 1991; HARGIS et al., 1991).

Egyre több bizonyíték bukkan fel az omega-3 zsírsavaknak az emberi táplálkozásra és egészségre gyakorolt hatását illetően. A hosszú láncú 20:5n-3 omega-3 zsírsav valamint a dokozahexáén zsírsav (22:6n-3) létfontosságúnak tűnik az emberi agy és a retina szöveteinek normális fejlődéséhez (CONNOR et al., 1992). Továbbá, az omega-3 zsírsavak jótékonyan hatnak a lipoprotein metabolizmusra és modulálják az eikozanoid bioszintézisét (DREVON, 1992). A változó eikozanoid bioszintézis jobb immunválaszt tesz lehetővé és csökkenti az atherosclerosis (érelmeszesedés) kockázatát. Az omega-3 zsírsavakat tartalmazó megtervezett tojásoknak (designer eggs) a hagyományos tojásokhoz viszonyítva jelentős hatásuk lehet az étrendre.

A tojás koleszterintartalmára vonatkozó legújabb tanulmányok arról számolnak be, hogy a koleszterin mennyisége alacsonyabb, mint a korábban közölt értékek (STADELMAN & PRATT, 1989). Annak ellenére, hogy a tojás koleszterintartalmát jelenleg 213 mg/tojás értékben határozták meg, néhány egészségügyi hatóság úgy gondolja, hogy ez a szint is túlságosan magas. Számptalan megközelítéssel próbálták a friss tojás koleszterinszintjét csökkenteni. A genetikai szelekcióval és az étrenddel csekély eredményeket értek el a friss tojás koleszterinszintjének csökkentésében (HARGIS, 1988). Érdekes, hogy a tyúk étrendjében megemelt koleszterintartalom hatására a tojásban is nőtt a koleszterin mennyisége (HARGIS, 1988). A koleszterin-csökkentő gyógyszerek hatékonynak bizonyultak a tojás koleszterintartalmának csökkentésében (ELKIN & ROGLER, 1990), azonban kérdéses e megközelítés gyakorlati alkalmazhatósága.

A feldolgozási technológiák során a tojáslé koleszterintartalmának csökkentésére alkalmazott eljárások is csupán egy határig voltak képesek hatni. Szerves oldószerek használatával sikerült kedvező eredményeket elérni a tojásban lévő koleszterin eltávolítására vonatkozóan. A tojásban lévő koleszterin szuperkritikus folyadék extrakció (SFE) által történő eltávolítása nagy lehetőségeket rejt magában, mivel a folyamat hatékony és nincs szükség szerves oldószerekre (ZEIDLER et al., 1996).

Új lehetőségek adódhatnak a biotechnológiai technikák alkalmazásával is a tojás tápanyagtartalmának megváltoztatására. Molekuláris megközelítéssel, tehát rekombináns DNS technikákkal vagy a transzgénikus baromfi kifejlesztése által lehetőség nyílna a tojássárgájában lévő lipid-összetétel szabályozására. Jelenleg is folyik az acetyl-CoA karboxilázért és a zsírsav-szintézisért felelős gének tanulmányozása annak érdekében, hogy szabályozható legyen a broiler csirkék zsírossága. E technikák alkalmazása és talán a lipoprotein/vitellogenin metabolizmus, valamint a tojótyúkban az oocyta receptor affinitásának jobb megértése utakat nyithat meg a tojássárgája koleszterintartalmának szabályozásához (GRIFFIN, 1992).

#### 2.1.4. A tojásfehérje és az azt alkotó fehérjék

A tojás élelmiszeripari felhasználhatósága szempontjából különösen érdekes része a tojásfehérje. A benne található fehérjék szabják meg a tojás hőkezelésének paramétereit, mivel a fehérjék denaturációjuk elkerülése a cél. Egyes fehérjék fontosak a termék technofunkcionális tulajdonsága miatt is (pl.: szerepük a habképzésben és habtartóságban), valamint számos tojásfehérje mikroba gátló tulajdonsággal is bír.

A tojásfehérje egy ovomucin rostokból álló fehérjerendszer, amely számos globuláris fehérjét tartalmazó vizes oldatban helyezkedik el. A tojásfehérje fehérjéit és azok jellemzőit a 2. táblázat mutatja be. Legfontosabb fehérjéknek az ovalbumint, a konalbumint (ovotranszferrin), az ovomukoidot, a lizozimet, a globulinokat, az ovomucint tekintjük. A híg és a sűrű tojásfehérje-réteg fehérje összetétele elsősorban ovomucin tartalmában tér el egymástól (FORSYTHE & FOSTER, 1950); a sűrű fehérje kb. négyszer annyi ovomucint tartalmaz, mint a híg fehérje (BROOKS & HALE, 1961).

**2. táblázat. A tojásfehérje proteinjei (LI-CHAN et al., 1995):**

| Fehérje          | Tojásfehérje fehérje-tartalmát %-ban alkotja | Denaturálódása vízben [°C] | Molekulásúly            |
|------------------|--|----------------------------|-------------------------|
| ovalbumin        | 54   | 84,0                       | 45000                   |
| ovotranszferrin  | 12   | 61,0                       | 76000                   |
| ovomuroid        | 11   | 79,0                       | 28000                   |
| ovomucin         | 3,5  | –                          | 5,5-8,4×10 <sup>6</sup> |
| lizozim          | 3,4  | 75,0                       | 14300                   |
| G2 globulin      | 4,0  | 92,5                       | 3,0-4,5×10 <sup>4</sup> |
| G3 globulin      | 4,0  | –                          | N.A.                    |
| ovoinhibitor     | 1,5  | –                          | 49000                   |
| ovoglikoprotein  | 1,0  | –                          | 24400                   |
| ovoflavoprotein  | 0,8  | –                          | 32000                   |
| ovomakroglobulin | 0,5  | –                          | 7,690×10 <sup>5</sup>   |
| cisztein         | 0,05   | –                          | 12700                   |
| avidin           | 0,05   | 85,0                       | 68300                   |

A tojásfehérjében lévő fehérje-frakciókról számos összefoglaló született (OSUGA & FEENEY, 1977; FRONING, 1988; BURLEY & VADEHRA 1989; LI-CHAN & NAKAI, 1989) melyekben a következő fejezet szerint különítették el és jellemezték az egyes frakciókat.

#### 2.1.5. A tojásfehérje frakcióinak jellemzése

##### 2.1.5.1. Ovalbumin

Az ovalbumin, a tojásfehérje tulajdonságait nagyban meghatározó fehérje. A foszfortartalmú glikoproteinek csoportjába tartozik, mivel a benne található polipeptidhez szénhidrát és foszfát részek kapcsolódnak. A tyúk ovalbumin 385 aminosavból álló fehérje.

Az N-terminális aminosav acetilált glicin, a C-terminális aminosav pedig prolin. A polipeptidlánc molekulatömege 43699 (NISBET et al. 1981).

Az oldatban lévő ovalbumin, ha a felszíne levegővel érintkezik (pl. rázásakor) könnyen denaturálódik és koagulál, ellenálló azonban a hő hatására történő denaturálódással szemben. A tojásfehérje 9-es pH-n 62°C-on 3,5 percig történő melegítése csak az ovalbumin 3-5%-át denaturálja, míg az ovalbuminnak csak elhanyagolható mennyisége denaturálódik, ha a tojásfehérjét pH=7 értéken melegítik hasonló körülmények között. A ovalbumin koagulálása a tojásfehérje átlátszó illetve a turbid (zavaros) géllé alakulásához vezet (KITABATAKE et al., 1989).

#### 2.1.5.2. Konalbumin (ovotranszferrin)

A konalbumin és az ovotranszferrin szinonim fogalmak. A konalbumin hőérzékenyebb, mint az ovalbumin, de a felszíni denaturálódásra kevésbé hajlamos. A hőstabilitása pH=6-nál a legkisebb (CUNNINGHAM ÉS LINEWEAVER, 1965). Amennyiben pH=6-nál 10 percig 57°C-on tartjuk a konalbumint kb. 40%-a koagulál, azonban ha a pH=9-re beállított konalbumin oldatot ugyanilyen körülmények között melegítik, a fehérje jelentősen nem denaturálódik. A konalbumin hőstabilitása jelentősen megnő, ha a fehérje a sárgájával összekeveredik (TORTEN & EISENBERG, 1982; WOODWARD & COTTERILL, 1983).

Bizonyított, hogy a kettő és három vegyértékű fémionok erősen kötődnek a konalbuminhoz. Fehérjemolekulánként két atom Fe (III), Al (III), Cu (II) vagy Zn (II) pH=6 fölött stabil komplexet alkot a konalbuminnal. A konalbuminnak a fémionokkal alkotott komplexei ellenállóak a hődenaturálódással és a fehérjebontó reakciókkal szemben. A fehérje vasmegkötő képességét teszik felelőssé mikroba szaporodást gátló tevékenységéért (BEZKOROVAINY, 1981; VALENTI et al., 1983).

#### 2.1.5.3. Ovomukoid

Az ovomukoid egy hőálló glikoprotein, amely molekulatömege körülbelül 28000, izoelektromos pontja kb. 4,1. Az ovomukoid tripszin inhibitor. Kevesebb, mint egy molekula ovomukoid szükséges egy molekula tripszin aktivitásának 50%-kal való csökkentéséhez. A savas oldatokban az ovomukoid rendkívül ellenálló a hődenaturálódásnak, de lúgos tartományban (pH=9) már 80°C-on gyorsan denaturálódik. Az ovomukoid hődenaturálódásának ismerve a tripszingátló tevékenység elvesztése és a kimotripszinnel történő hidrolízis sebességének növekedése. Feltehetőleg a helikális szerkezete változik meg a hőkezelés alatt (KATO et al., 1987; JULIA et al., 2007).

#### 2.1.5.4. Ovomucin

Az ovomucin egy szulfáttartalmú glikoprotein, amely hozzájárul a sűrű fehérje gélszerű szerkezetéhez. Rugalmas rostokat képez, melyek az elektronmikroszkópos képen olyan lapos hengerek formájában jelennek meg, melyeknek szélessége a magasságának körülbelül kétszerese. Fontos szerepe az ovomucinnak, hogy képes meggátolni a vírusos hemagglutinációt.

A tyúk tojásfehérjében két eltérő ovomucin komplex található. Az egyik egy oldhatatlan ovomucin, amelyik a gél frakcióban vagy az egészen sűrű fehérjében, a másik, az oldható ovomucin, a sűrű fehérje folyékony frakciójában vagy a híg fehérjében van jelen (HAYAKAWA & SATO, 1977, TSUGE et al., 1996).

Az ovomucin vizes oldatban ellenáll a hő hatására bekövetkező denaturációnak. pH=7,1-9,4 közötti az ovomucin oldatnak 2 óráig tartó, kb. 90°C-on történő hőntartása során nem változik meg a viszkozitása és fényáteresztő képessége.

Az ovomucin iránt a legnagyobb érdeklődést a sűrű tojásfehérje gél szerkezetének fenntartásában, és a tojásfehérje hígulásában játszott lehetséges szerepe váltotta ki. A tojásfehérje hígulás mechanizmusára feltételezett elméletek olyan általános csoportokba sorolhatók, amelyekben a változás az ovomucin-lizozim kölcsönhatást, az ovomucinban lévő diszulfid-kötést, vagy az ovomucin szénhidrogén részét érintik. Egyéb lehetőségként felvetették az ovomucin komplex más tulajdonságainak változását vagy az ovalbumin fehérjének a koagulációját is (ROBINSON, & MONSEY, 1972; MILLER et al., 1982, SILVERSIDES & BUDGELL, 2004).

#### 2.1.5.5. Lizozim

A lizozim olyan tojásfehérje enzim, amelynek bontó hatása van a Gram-pozitív baktériumok sejtfalára. Képes hidrolizálni a baktériumok sejtfalában az N-acetil-neuramin sav és az N-acetil-glükózamin közti  $\beta(1-4)$  kötéseket, ami a sejt felbomlását eredményezi. Bizonyos baktériumokra és vírusokra gyakorolt pusztító hatása számos kutatást indított el, amelyekben az egyes élelmiszerekben mikrobaölő szerként alkalmazzák (PROCTOR et al., 1988; DECKERS et al. 2008; SUNG et al., 2011).

A lizozim, mint enzim hő hatására történő inaktiválódása a pH-tól és a hőmérséklettől függ. A foszfát pufferben oldott lizozim nem inaktiválódik 63°C-on 10 perces hőntartás során, azonban 9-re emelt pH-értéken a 65°C-os hőkezelés az aktivitását 70%-ra csökkenti a 10 perces kezelési időtartam alatt. A lizozim körülbelül 50-szer érzékenyebb a hőre a tojásfehérjében, mint foszfát pufferben. A 63°C-ra melegített tojásfehérjében a lizozim

nagyobb mértékben inaktiválódik, amennyiben a pH 7 fölé emelkedik. Ezek a változások a fehérjében DSC termogrammmokon látszanak egyértelműen (DONOVAN et al., 1975).

#### 2.1.5.6. Ovoglobulinok

A globulin frakcióról először úgy gondolták, hogy három, G1, G2 és G3, fehérjéből áll. A G1-et később lizozimként azonosították, jellemezték. A G2 és G3 alkotórészt keményítő gélelektroforézissel és ioncserélő kromatográfiával különítették el. A G<sub>1</sub> és a G<sub>2</sub> globulinoknak élelmiszeripari szempontból legfontosabb jellemzőjük kitűnő habosító tulajdonságuk (STEVENS & DUNCAN, 1988, ALLEONI, 2006).

#### 2.1.5.7. Ovoinhibitor

A tojásfehérje tartalmaz egy ovomukoidtól eltérő fehérjebontó enzim inhibitor is. Az ovoinhibitor képes gátolni a tripszint, a kimotripszint, továbbá különféle gombákból és baktériumokból származó proteázokat. Az ovoinhibitor molekulatömege 44000 – 49000, így az egyik legnagyobb molekulatömegű fehérjebontó enzim inhibitor (FEENEY et al., 1963).

#### 2.1.5.8. Ovoglikoprotein

A tojásfehérje fehérjéinek 1%-át alkotja, kalcium-foszfát-gélelektroforézissel lehet izolálni és tisztítani. Az ovoglikoprotein egy 13,6% hexózt (mannóz és glükóz 2:1 arányban), 13,8% glükózamint és 3% szialinsavat tartalmazó savas glikoprotein. Stabil glikoprotein, oldható marad még 100°C-on történő hőkezelés vagy triklór-ecetsavas kezelés után is (KETTERER, 1965). Keveset tudni tojásban betöltött funkcionális és biológiai szerepéről.

#### 2.1.5.9. Ovoflavoprotein

A tojásfehérjében az összes riboflavin flavoproteinhez kötődik 1:1 arányban. Az ovoflavoproteint néha riboflavin-kötő fehérjének vagy RBP-nek is nevezik. A riboflavin-kötő fehérje fő funkciója a riboflavin átszállítása a vérszérumból a tojásfehérjébe. A flavin mag el van temetve az apoprotein hidrofób régiójába és a riboflavin-apoprotein 4,5-ös és 9,0-es pH érték között egy állandó konfigurációban rögzített. A flavin szorosan kötődik az apoproteinhez, a komplex disszociációs állandója:  $7,9 \times 10^{-8}$  M. Az apoprotein akkor sem veszít kötő képességéből, ha a fehérjeoldatot (pH=7) 15 percig 100°C-on melegítik (BLANKENHORN et al., 1975).



#### 2.1.5.10. Ovomakroglobulin

Az ovomakroglobulin gátló hatást fejt ki a tripszinre, a papainra és a termolizinre, azaz a különféle fehérjebontó enzimekre, melyek a szerin-, a tiol-, és a fémproteázok csoportjába tartoznak. Az ovomakroglobulin másik jellemző tulajdonsága, hogy erős antigén, nagyfokú immun keresztreakciókat vált ki a különböző madárfajok között (KITAMOTO et al., 1982).

#### 2.1.5.11. Cisztein

A cisztein számos proteázzal szemben fejt ki gátló hatást, beleértve a katepszin-B, -C, -H és -L típusát, a kimopapaint, a papaya proteináz III-at és az aktinidint. A cisztein erős komplexet alkot az általa gátolt proteázokkal.

A cisztein a tojásfehérjében körülbelül 60-80 µg/ml mennyiségben található. Ellentétben a tojásfehérjéből izolált többi inhibitorral, a cisztein egyáltalán nem tartalmaz szénhidrátot.

A legújabb felvetések azt valószínűsítik, hogy bizonyos cisztatinoknak (melyek csoportjába a cisztein is tartozik) nemcsak általános sejtvédő szerepük van saját proteázaik ellenőrizetlen hatásával szemben, hanem specifikus hatást is kifejtenek a vírusfertőzésekért felelős vírusos proteázokkal szemben. Mindez átfogó, folyamatos kutatásokhoz vezetett a cisztatin „család” tagjainak szerepével mint a test védelmére alkalmas, lehetséges vírus ellenes kemoterápiás szerrel kapcsolatban (BARRETT, 1986; JONES et al. 2008; GUO et al., 2010).

#### 2.1.5.12. Avidin

Az avidin egy glikoprotein, amely a biotinnal kapcsolódva stabil komplexet képez, amely így nem képes felszívódni az állatok bélcsatornájából, valamint hozzáférhetetlen lesz a mikrobák számára. Ez a glikoprotein négy azonos polipeptid alegységből épül fel, alegységenként négy biotin molekulához kötődik, a komplex disszociációs állandója  $10^{-15}$  M. Az avidin-biotin komplex ellenáll a hődenaturációnak és a proteolízisnek. Míg az avidin már 70°C-on irreverzibilisen denaturálódik, biotinnal alkotott komplexe 100°C-ig stabil marad. Bizonyos mértékű avidin aktivitás a főtt tojásban is kimutatható. Ez azzal magyarázható, hogy a biotin-kötő helyeknek nagyobb hőstabilitása, mint amire az avidin DSC-vel meghatározott 85°C-os denaturálódási hőmérsékletéből lehet következtetni (ELO & KORPELA, 1984).

Az avidin már említett mikroba növekedés gátlása nemcsak abból ered, hogy az avidinhoz kötődő biotin nem hozzáférhető a baktériumok számára, hanem abból is, hogy az avidin egyes Gram-negatív és Gram-pozitív baktériumok sejtfalához képes kötődni (BANKS et al., 1986).

## 2.1.6. A tojás mikrobiológiai állapota

### 3. táblázat. A baromfitojás héján előforduló mikrobák (MOATS, 1980)

| Mikroba               | Előfordulás gyakorisága |
|-----------------------|-------------------------|
| <i>Streptococcus</i>  | ±                       |
| <i>Staphylococcus</i> | +                       |
| <i>Micrococcus</i>    | ++                      |
| <i>Sarcina</i>        | ±                       |
| <i>Arthrobacter</i>   | +                       |
| <i>Bacillus</i>       | +                       |
| <i>Pseudomonas</i>    | +                       |
| <i>Acinetobacter</i>  | +                       |
| <i>Alcaligenes</i>    | +                       |
| <i>Flavobakterium</i> | +                       |
| <i>Cytophage</i>      | +                       |
| <i>Escherichia</i>    | +                       |
| <i>Aerobacter</i>     | +                       |
| <i>Aeromonas</i>      | ±                       |
| <i>Proteus</i>        | ±                       |
| <i>Serratia</i>       | ±                       |

± esetenként előfordul  
+ a legtöbb esetben kis mennyiségben előfordul  
++ mindig nagy mennyiségben jelen van

A tojás állati eredetű nyersanyag, a szárnyas kloókáján keresztül kerül a külvilágra. Belül steril, de kívülről mikrobákkal szennyezett, amelyek főleg a fészekből, illetve a szárnyas ürülékéből származnak. A tojás mikrobás szennyezettsége a tojók tartásától függően tág határok között mozog,  $10^2$ - $10^8$  mikroba/tojás a héj szennyezettsége (DEÁK, 2006).

A tojáshéjról izolálható baktériumok (3. táblázat) főleg a Gram-negatív csoportba tartozó Enterobacteriaceae család tagjai. Legfőbb képviselőjük az *Escherichia coli* és egyéb a koliformok bélsár általi szennyeződéssel kerülnek a tojáshéjra. Ezen kívül a modern állattartási körülmények között (zárt térben) nevelt tojók körében

Európában és Magyarországon is gyakori a *Salmonella* baktériumokkal való szennyezettség. A *Salmonella* (főként *Salmonella* Typhimurium, illetve *Salmonella* Enteritidis), előfordulhatnak a béltraktusban, vízben, takarmányban, élelmiszerben, azonban elterjedésükben döntően a *Salmonella* spp.-t hordozó és ürítő állatok játszanak szerepet. A baromfi általában tünetmentes *Salmonella* hordozó (BRADEN, 2006).

A tojáshéj gyakori szennyezője még a *Staphylococcus aureus* Gram-pozitív baktérium, mely a baromfi normál mikrobiótájának része, ugyanis ez a baktérium szinte mindig jelen van az állatok bőrén, nyálkahártyáján (DEÁK, 2006).

A *Salmonella* spp. és *S. aureus* patogén baktériumok. Szalmonellák esetében az élelmiszerek 25 g-jában egyetlen élősejt sem megengedett (2073/2005/EK rendelet). Az Európai Közösségek Bizottsága 1441/2007/EC jelenleg hatályos rendelete a tojástermékek esetében a *Salmonella* mentességén túl az *Enterobacteriaceae* családba tartozó baktériumokra 10-100 CFU/g v. ml határértéket szab meg.

Az előírások okán megemlítendő a tojástermékek esetében ritkán problémát okozó, ugyanakkor állatok környezetében előforduló, és az élelmiszer-higiénés előírás szempontjából a szalmonellákéhoz hasonló szigorúsággal ellenőrzött patogén baktérium a *Listeria monocytogenes*.

Jóllehet a tojáshéjon sokféle baktérium előfordul, és esetenként ezek nagy számban találhatóak, ritkán kerülnek be az intakt tojások belsejébe, illetve bekerülve ott ritkán szaporodnak el. Ennek oka, hogy az egész tojás számos mikroba beltartalomba hatolását és ottani elszaporodását gátló védőmechanizmussal rendelkezik:

- a külső meszes héjat glikoprotein réteg borítja, ami megakadályozza, hogy a héj pórusain keresztül baktériumok jussanak be a tojás belsejébe. Azonban ez a réteg idővel lepereg (2-3 hét)
- mikrobák szaporodását gátló fehérjék (bővebben lásd 2.1.5. fejezet)
- ezen kívül sok baktérium szaporodását gátolja a tojásfehérje alkálikus pH-ja (pH≈9).

**4. táblázat. A romlott tojásban előforduló mikrobák (MOATS, 1980)**

| Mikroba  | Előfordulás gyakorisága |
|--|-------------------------|
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>                  | ±                       |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i>                 | ++                      |
| <i>Pseudomonas putida</i>                      | ++                      |
| <i>Xanthomonas maltophilia</i>                 | +                       |
| <i>Flavobacterium</i>                          | ±                       |
| <i>Alcaligenes</i>                             | ++                      |
| <i>Acinetobacter</i>                           | ±                       |
| <i>Cloaca</i>                                  | ±                       |
| <i>Cytophaga</i>                               | ±                       |
| <i>Aeromonas</i>                               | +                       |
| <i>Proteus</i>                                 | ++                      |
| <i>Escherichia</i>                             | ++                      |
| <i>Hafnia</i>                                  | +                       |
| <i>Citobacter</i>                              | +                       |
| <i>Bacillus</i>                                | ±                       |
| <i>Micrococcus</i>                             | ±                       |
| <i>Serratia</i>                                | ++                      |
| <i>Streptococcus</i>                           | ±                       |
| <i>Arthrobacter</i>                            | ±                       |
| ± esetenként előfordul                         |                         |
| + a legtöbb esetben kis mennyiségben előfordul |                         |
| ++ mindig nagy mennyiségben jelen van          |                         |

Azonban amennyiben a tojásfehérje és tojássárgája összekeveredik, akkor a védő mechanizmusok nagy része megszűnik, a keletkező tojásmelanins tökéletes tápközeggé válik a mikroorganizmusok számára. Így a tojásfeldolgozó üzemekben előállított teljes-tojáslé gyorsan romlik.

A tojáslében a törés során a tojás héjáról a tojáslébe mosódott baktériumok szaporodhatnak el. Továbbá számolni kell azzal is, hogy a nagyüzemi szinten történő tojásfeldolgozás során (akár 50 millió db/nap) a törésre kerülő tojások közé esetenként romlott tojás is kerülhet, és az abban lévő mikrobákkal (4. táblázat) az egész tojáslé-tömeg szennyeződhet.

Mivel a tojások több ponton is ki vannak téve mikrobiológiai szennyeződésnek, számos szempontot figyelembe kell venni feldolgozásuk során. Az élelmiszerbiztonsági szempontokat nem lehet szem elől téveszteni egészen a tojás-beszállító megválasztásától és ellenőrzésétől a késztermék hűtéséig, felhasználóhoz érkezéséig.

## 2.1.7. A tojást jellemzően szennyező patogén mikroorganizmusok

### 2.1.7.1. *Salmonella* spp.

A „szalmonella kórokozót” Eberth izolálta 1902-ben, Castellani módszere lehetővé tette a szalmonellák szerotipizálását. Kaufmann 1933-ban tette közzé a Kaufmann-White sémát (diagnosztikai jelentőségű antigéneket tünteti fel), amely rendszeren azóta sem kellett lényegében változtatni. (RODLER, 2006)

A *Salmonella* speciesek az *Enterobacteriaceae* családba tartoznak, Gram-negatív, fakultatív anaerob, spórátlan, 0,7-1,5 µm átmérőjű, 2-5 µm hosszú pálcák, a legtöbb faj peritrich csillókkal rendelkezik. Nagy változatosságot mutatnak a felszíni antigénjeikben (O, H, Vi).

A szalmonellózis néven ismert ételfertőzést okozó fajoknak szinte minden gerinces hordozója lehet, különösen érintettek a baromfik. Az élelmiszerekbe bekerülve képesek gyorsan elszaporodni, ha számukra megfelelőek a környezeti feltételek: megfelelő víztartalom, pH (semleges közeli), nem túl sós közeg, 20-45°C közötti hőmérséklet, és akár hetekig is életképesek maradnak. A szalmonellák általában emésztőrendszeri gyulladásokat okoznak, de egyes fajaik bejuthatnak a gerincesek vérébe és belső szerveibe is. (ADAMS & MOSS, 1995).

A humán szalmonellózisok száma az Európai Unió egészségét tekintve csökkenő tendenciát mutat. A szalmonellózisok száma valamivel alacsonyabb a campylobacteriosisokénál, azonban még mindig nagyon magas: 2005-ben több mint 173 ezer, 2006-ban közel 160 ezer megbetegedést okozott az Európai Unióban (SZEITZ-SZABÓ et al., 2008).

2007-ben a 22 tagállam 2201 *Salmonella* járványt jelentett, mely 26,8%-a igazolt. Az igazolt 590 *Salmonella* járvány 8922 embert érintett, 1773 beteg szorult kórházi kezelésre, 10 halálesettel végződött. A járványok során a *Salmonella* Enteritidis-t azonosították a leggyakrabban, az élelmiszerek közül a tojás és a tojás termékek voltak a leggyakoribb közvetítők (EFSA, 2009).

### 2.1.7.2. *Escherichia coli*

Az *Enterobacteriaceae* család legjellegzetesebb képviselője, a normál bélflóra tagja. Születés után néhány hónappal megtelepszik a vastagbél nyálkahártyáján. Fontos szerepe van a vastagbélflóra normál egyensúlyának fenntartásában, valamint K- és B-vitamint termel, így hozzájárul a szervezet megfelelő vitaminellátásához. Az *Enterobacteriaceae* család többi tagjához hasonlóan Gram-negatív, fakultatív anaerob, spórátlan pálcá, általában peritrich csillóval rendelkezik, de lehet csillótlan is. A külvilágba széklettel kerül, szennyezheti az ivóvizet, élelmiszereket. „Indikátor baktériumként” használják ivóvizek, élelmiszerek minősítésénél, ugyanis jelenléte fekális eredetű szennyeződésre utal, és ezáltal valószínűsíti

más enterális kórokozók jelenlétét is. Viszonylag nagy az ellenállóképességük, szaporodásukhoz optimális hőmérséklet 37°C, de egyes törzsek akár 49°C-on is képesek szaporodni, vas- és epesavas sókkal szemben érzékenyek. (FOTADAR et al., 2005)

A patogén *E. coli* törzseket négy csoportba sorolják (GELLÉRT & KOVÁCS, 1999):

- Enterotoxikus *E. coli* (ETEC): koleraszerű tünetekkel járó megbetegedést okoz, gyakori hányás és jellegzetes vizes széklet jellemzi, mivel a vékonybélben megtapad kolonizációs faktora révén és gátolja a víz, valamint a nátrium- és kálium-ionok visszaszívását. Toxinokat is termel, hőre érzékeny és hőstabil toxint egyaránt.
- Enteropatogén *E. coli* (EPEC): újszülöttek és fiatal csecsemők a veszélyeztetettek, ugyanis adherencia faktora segítségével megtapad a vékonybélükben és a bélfal hámrétegét károsítja, akár halálos kimenetelű fertőzés is kialakulhat.
- Enteroinvazív *E. coli* (EIEC): dizentériához hasonló véres kifehélyesedést okoz a vastagbélben, amit véres széklet kísér. Azonban a fertőzés kialakulásához nagyon sok baktériumnak be kell jutnia a szervezetbe.
- Enterohaemorrhagiás *E. coli* (EHEC): O157:H7 szerotípusba tartozó kórokozó, ami az enterotoxikus *E.coli*-hoz hasonlóan plazmid eredetű faktora révén megtapad a vékonybélben, ahol verotoxinI-et és verotoxinII-t termel. A verotoxinok hasonlóak a Shigellák Shiga toxinjához, de annál sokkal veszélyesebbek, mivel a véres széklet mellett neurotoxikus és vesekárosító hatásuk is lehet, illetve jelentősen csökkentik a trombociták számát, ezért súlyos vérzéseket is okozhatnak.

#### 2.1.7.3. *Staphylococcus aureus*

A *Staphylococcus aureus* jellemző kórokozója az étkezési tojásnak és tojás-termékeknek, mivel a baromfi normál mikroflórájának a része, így könnyen rákerülhet a tojás felszínére. Az emberi környezetben szinte mindenütt jelen vannak. A természetben hordozójuk az állatok és emberek bőre, orra és torka. Gram-pozitív, fakultatív anaerob, spórátlan, mezofil baktérium. Hőmérséklet optimuma 37°C, optimális pH tartomány 6-7, de enyhén savas (pH=4-ig) közegben még képes szaporodni. Szaporodásához 0,83-0,86 vízkaktivitás is elég. Szokatlanul nagy a sótűrése, akár 20% NaCl-tartalmat is elvisel.

Élelmiszerekbe kerülve elszaporodhat és megfelelő körülmények között toxinokat termel (A, B, C1, C2, C3, D, E), köztük hőstabil enterotoxint is, amely 100°C-on egy óra elteltével is aktív marad. Az ételmérgezést kiváltó toxintermeléshez több mint 10<sup>6</sup> sejt/g szükséges. A toxintermeléshez optimális hőmérséklet 35-40°C, de alacsonyabb hőmérsékleten is termelődhet (HALPIN-DOHNALEK & MARTH, 1989; ADAMS & MOSS, 1995; LE LOIR, 2003).

## 2.2. Tojás feldolgozása

Ebben a fejezetben a tojástermékek előállítása során általánosan elterjedt gyakorlat kerül bemutatásra.

Az élelmiszeriparban a nagyüzemi tészta-és kekszgyártók támasztottak először igényt a tojás, mint nyersanyag „technológiához kész” formában történő előállítására. Ez azt jelenti, hogy a gyártás során felhasználásra kerülő héjas tojásokat egy, a technológia többi részétől elválasztott külön üzembrészben dolgozták fel úgynevezett tojáslévé, majd pasztörözést követően juttatták a feldolgozás helyére.

A pasztörözést a tojás állati eredete indokolja, a szárnyas bélcsatornájával és környezetével való kapcsolat révén külső felülete erősen szennyeződik. A feltört tojásba mikrobák kerülhetnek a héjról, amelyek ott gyorsan elszaporodhatnak, mivel a tojáslé kiváló tápoldat a baktériumok számára.

A mai korszerű tojásfeldolgozó üzemek különböző pasztörözési technológiákat fejlesztettek ki, melyeknél minden esetben két fontos problémát kell szem előtt tartani: minél több szennyező mikroba elpusztuljon, ugyanakkor a tojás értékes anyagai – főleg a fehérjék – ne károsodjanak. Hőkezelésről lévén szó, az alkalmazott hőmérséklet és technológia során optimum keresésére van szükség.

A gyakorlatban leginkább olyan pasztörözési eljárások terjedtek el, amelyek során a tojáslevet szakaszosan vagy folyamatosan hőcserélőn vezetik át, ahol néhány perces hőkezeléssel csökkentik a sejtszámot. Pasztörözés után a tojáslé hűtve tárolás vagy porlasztva szárítása a következő technológiai lépés, melyeket követően a tojáslé-termékek élelmiszerbiztonsági szempontból megfelelő minőségben jutnak el a fogyasztókhoz.

### 2.2.1. Legfontosabb tojástermékek

Az legnagyobb mennyiségben felhasznált tojástermékek a következők:

*Pasztörözött teljes tojáslé:* 1 kg termék 22 db tojás beltartalmát, annak teljes, a sárgája és a fehérje természetes arányú homogenizátumát tartalmazza. A termék készülhet tartósítószerrel kezelt és tartósítószer nélküli változatban. Általában polietilén fóliával bélelt műanyag kannás kiserelésben és kisebb tömegű Variopack kiserelésben kerül forgalomba. Mindegyik termék 0-4°C-on tárolandó.

*Pasztörözött tojásfehérje-lé:* 1 kg termék 33 db tojás fehérjéjét tartalmazza. A termék készül tartósítószerrel kezelt és tartósítószer nélküli változatban. Kiserelése és tárolása a pasztörözött teljes tojásléhez hasonlóan történik.

*Pasztőrözött tojássárgája-lé:* 1 kg termék 63 db tojás sárgáját tartalmazza. Ez a termék szintén tartósítószer nélküli változatban is készül, és ugyanolyan paraméterekkel hozzák forgalomba, mint a teljes-tojáslevet.

*Teljes tojáspor:* 1 kg teljes tojáspor 88-90 db tojás teljes beltartalmának szárítmányát tartalmazza. Felhasználása vizes hígítással, egyenletes, csomómentes elkeveréssel történhet. Forgalomba hozatala polietilén fóliával bélelt papírzsákokban történik.

*Tojásfehérje por:* 1 kg tojásfehérje por 240-260 db tojás fehérjéjének a szárítmányát tartalmazza. Felhasználása és forgalomba hozatala a teljes tojásporéval megegyező.

*Tojássárgája por:* 1 kg tojássárgája por kb. 120-140 db tojás sárgájának a szárítmányát tartalmazza. Felhasználása és forgalomba hozatala a teljes tojásporral megegyezően történik.

*Egyéb, speciális tojástermékek:* A fentiekben felsorolt termékeken túl a legtöbb üzem speciális termékeket is gyárt a fogyasztói, ill. felhasználói igényektől függően. Ilyenek például az ízesített, cukrozott vagy sózott tojáslevek, omlett keverékek, koleszterin mentes, hőkezelt, hűtve tárolandó tojáslevek. Ezeket a tojáslé-termékeket gyakran fagyaszttva tartósítják.

Hidegkonyhai felhasználásra készítenek főtt tojástermékeket csak fehérjéből, csak sárgájából vagy vegyesen, ill. teljes főtt tojást sós lében. Ezeket a termékeket aszeptikusan csomagolják.

A tojásfeldolgozás melléktermékeként keletkező tojáshéjat megszáritva és megőrölve haszonállatok takarmányába vagy hobbi állatok eledelébe keverve forgalmazzák.

A felsorolt termékek előállítását a következő fejezet mutatja be.

## **2.2.2. Tojásfeldolgozás általános technológiája \***

### **2.2.2.1. Tojás tárolása és előkészítése**

Kiödzárólag hatósági állatorvos által vizsgált baromfitelepről származó tojás dolgozható fel. Az átvétel történhet mennyiség (ez esetben fontos a tömeg szerinti előosztályozás), ill. tömeg alapján. A friss tojást átvételkor osztályozzák (M2. melléklet), majd hűtőtároló helyiségben helyezik el, ahol a törőgépre való felhelyezés pillanatáig maximum 16°C-on tárolják.

A tojásokat feldolgozás előtt a könnyebb mozgathatóság és hozzáférhetőség érdekében tálcákra helyezik. Ezt megelőzheti egy méret szerinti válogatás is.

A tojáshéj bakteriális szennyezettsége – a 2.1.6. fejezetben leírtak szerint – tág határok között mozoghat, a tojó tartási módjától függően  $10^2$ - $10^8$  mikrobaset/tojás. Hosszú tárolás (2-

---

\* a 2.2.2. fejezethez tartozó képeket és adatokat a Capriovus Kft. és Ovobest tojásfeldolgozó üzemek honlapjáról, ill. Sanovo és Ovobel tojásfeldolgozó szakgépgyártók honlapjáról töltöttem le.

3 hetes) során a héjat kívülről védő glikoprotein réteg lepereg, így a meszes héj pórusain a mikrobák behatolhatnak. Ennek kiküszöbölésére célszerű a tojáshéjat a mechanikus tisztítását (1. ábra) követően fertőtleníteni, amire több lehetőség is van:

- Aeroszollal kipermetezett dezinficiáló szerrel (előnye, hogy a tojással kapcsolatba kerülő göngyöleget is fertőtleníti)
- Mosással (ennek lépései: 1. zsíroldó-szerrel való kezelés, 2. aktív klóros fertőtlenítés, 3. öblítés vízzel, 4. szárítás, 5. esetleg ezt követően a héj olajozása)
- UV fényel (viszonylag körülményes megoldás, ha a tojások minden pontján megfelelő csíraszám csökkenést akarunk elérni)
- Ózonos fertőtlenítés (elterjedését gátolja, hogy egy kisebb kapacitású készülék beruházási költsége is igen magas)



**1. ábra. Tojáshéj mechanikus tisztítása (www.sanovoeng.com)**

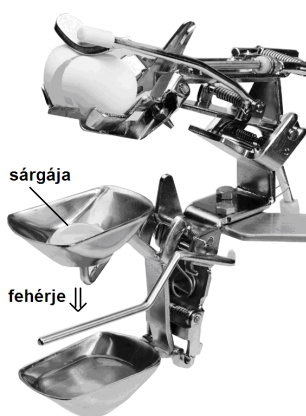
#### 2.2.2.2. Törés, homogénezés

A feldolgozandó tojások beltartalma a tojástörő helyiségben közvetlenül érintkeznek a környezettel, ezért itt az általános higiénés betartása fokozottan szükséges. Törés közben a folyamat rövid időtartama miatt nem kell hűtést alkalmazni.

A tojástörő berendezések képesek (2. ábra) a héj szeparálására és általában a tojásalkotók szétválasztására is. Ez változtatható attól függően, hogy teljes tojást vagy külön tojásfehérjét és sárgáját kívánják-e feldolgozni. A feltört tojás héját szállítócsiga segítségével egy külön helyiségbe szállítják, hogy ezzel is csökkentsék a mikrobás szennyeződés esélyét.



(a)



(b)

**2. ábra. Tojástörő berendezés (a) és részegységének (b) működése (www.sanovoeng.com)**

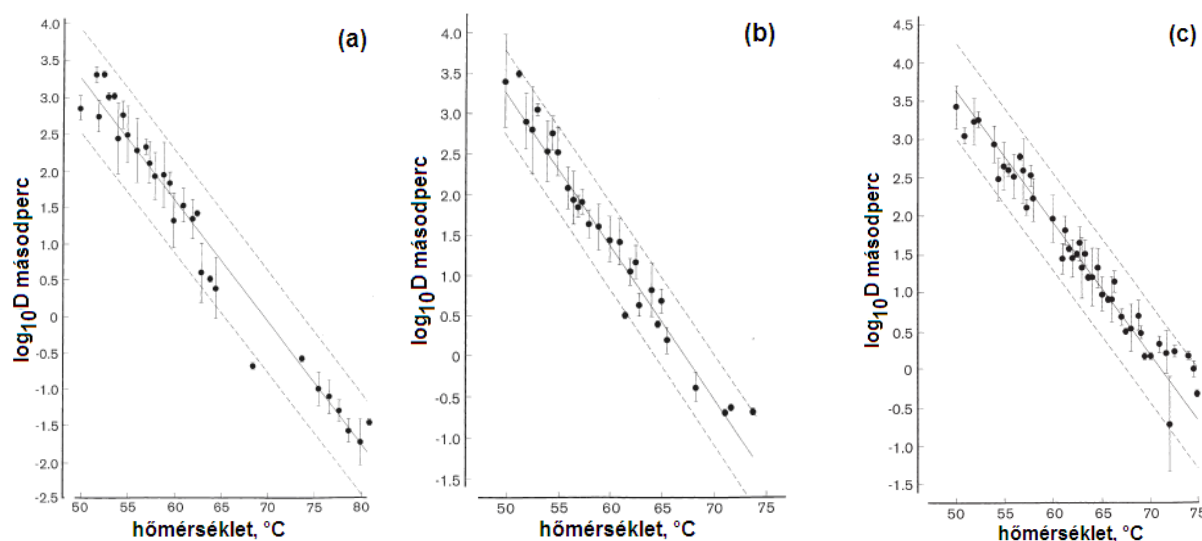
A törést szűrés követi, amelynek a lébe került héjrészek eltávolítása a célja. Kombinálható homogénizátorral. Ezt követően általában puffertartályokba kerül a tojáslé, ahol a további feldolgozásig 4°C-on tartják. A friss tojáslé ezen a hőmérsékleten kb. 24 órán keresztül megőrzi eredeti minőségét, de ennek ellenére a feldolgozásnál a technológiai lépések folyamatosságára kell törekedni.



### 2.2.2.3. Tojáslé pasztőrözése

A friss tojás belseje a héjat belülről bélelő keratin hártya és a fehérjében található védelmi anyagoknak (konalbumin, lizozim, avidin, pH≈9) köszönhetően általában steril, azonban feltört tojásból nyert tojáslében (tojás-melanzsban) a sárgájából nagy mennyiségben szabaddá váló biosz anyagok miatt megszűnik ez a védelem. A tojáslé ezért kiváló táptalaj a mikrobák számára, ami miatt a tojásfeldolgozás egyik leglényegesebb lépése a hőkezelés. Ennek megtervezése és kivitelezése során figyelembe kell venni, hogy a tojásban található fehérjék hőre érzékenyek (2.1.4. fejezet), magas hőmérsékleten kicsapódnak, a mikrobaszám minél nagyobb mértékű csökkentése viszont a hőmérséklet növelését indokolná.

Ahhoz, hogy tudják, adott hőmérsékleten mi az a minimális idő, ami elegendő az elfogadható mértékű mikrobaszám csökkentéshez, ismerni kell a hőkezeléssel előrendő mikrobák hőtoleranciáját. A 3. ábrán jól látszik, hogy a tojáslé termékek esetében legszigorúbban vizsgált mikrobák száma 50-70°C-on 0,5-3 perc alatt megtizedelődik. Ez azt jelenti, hogy 60°C hőmérsékleten 3-4 perc körüli hőkezelést kell alkalmazni, hogy elérjék a fehérjében és a sárgájában az 5, a teljes-tojáslében a 6 nagyságrendnyi ajánlott *Salmonella* spp. csökkenést (USDA, 2004).



3. ábra. A hőkezelési hőmérséklet hatása az *Escherichia coli* (a), a *Salmonella* spp. (b) és a *Listeria monocytogenes* (c) hőpusztulására folyadék közegekben (SÖRQVIST, 2003)

Általában lemezes vagy cső a csőben hőcserélőben (4. ábra) a teljes tojáslevet 66°C-on kb. 4-5 percig, a tojásfehérje-levelet ennél alacsonyabb hőmérsékleten, 57°C-on, 4-5 percig hőkezelik. Az USDA 1969-es ajánlása szerint a tojásfehérje-levelet 56,7°C-on, a teljes-tojáslevet 60°C-on minimum 3,5 percen át kell kezelni (5. táblázat). Tehát nem beszélhetünk sterilizációról, csupán egy mikrobaszám csökkentő lépésről (National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods 2004-ben az USDA 1969-es ajánlását ismétli meg).

**5. táblázat. USDA tojáslé-termékek pasztörözésére vonatkozó ajánlata (USDA, 1980)**

| Tojáslé-termék  | Minimális kezelési hőmérséklet [°C] | Minimális hőntartási idő [perc] |
|---|-------------------------------------|---------------------------------|
| tojásfehérje<br>(kémiai tartósítószerektől mentes)  | 56,7<br>55,6                        | 3,5<br>6,2                      |
| teljes-tojáslé  | 60,0                                | 3,5                             |
| teljes-tojáslé keverék<br>(98%-os tojástartalommal)   | 61,1<br>60,0                        | 3,5<br>6,2                      |
| tartósított teljes-tojás és keverékei<br>(24-38 % szárazanyag-, 2-12 % nem tojásból származó adalékanyag tartalommal) | 62,2<br>61,1                        | 3,5<br>6,2                      |
| sózott teljes-tojáslé<br>(2%-os vagy magasabb sótartalommal)  | 63,3<br>62,2                        | 3,5<br>6,2                      |
| cukrozott teljes-tojáslé<br>(2%-os vagy magasabb cukortartalommal)  | 61,1<br>60,0                        | 3,5<br>6,2                      |
| Tojássárgája-lé<br>(kémiai tartósítószerektől mentes)   | 61,1<br>60,0                        | 3,5<br>6,2                      |
| cukrozott tojássárgája-lé<br>(2%-os vagy magasabb cukortartalommal)   | 63,3<br>62,2                        | 3,5<br>6,2                      |
| sózott tojássárgája-lé<br>(2%-os vagy magasabb sótartalommal)   | 63,3<br>62,2                        | 3,5<br>6,2                      |



(a)



(b)

**4. ábra. Tojáslevek pasztörözésére alkalmas cső a csőben (a) és lemezes (b) hőcserélő (www.ovobel.com)**

A különböző tojáslé alapanyagok (fehérje-, sárgája-, teljes-tojáslé) eltérő összetétele indokolja a rájuk vonatkozó javasolt minimális hőkezelések eltérő paramétereit. A tojásfehérje mikrobaellenes védőmechanizmusai (2.1.5. és 2.1.6. fejezetek) mellett, a mikrobák hőérzékenységét lényegesen befolyásolja az eltérő lipid- és víztartalom is. Számos élelmiszernél bizonyították, hogy az élelmiszerek lipidtartalma összefügg a bennük lévő mikrobák hőtoleranciájával, a lipidek védőhatása miatt (MURPHY et al., 2000; JUNEJA &

ENLEN, 2001). Továbbá a tojáslevek vízaktivitása sózás, cukrozás hatására megváltozhat, amely hatását a hőkezelési paraméterek megválasztásánál figyelembe kell venni (PALUMBO et al., 1995).

Tojástermékek esetében elvégzett vizsgálatok is bizonyítják, hogy a magas lipidtartalmú tojássárgájában a *Salmonella* tizedelési ideje többszöröse, mint a tojásfehérjében (HUMPHREY et al, 1990; 6. táblázat).

**6. táblázat. Közeg hatása a mért D-értékekre (HUMPHREY et al, 1990)**

| Baktérium             | D-értékek (perc) |          |         |              |          |         |
|-----------------------|------------------|----------|---------|--------------|----------|---------|
|                       | 55 °C            |          |         | 60 °C        |          |         |
|                       | teljes tojás     | sárgája  | fehérje | teljes tojás | sárgája  | fehérje |
| <i>S. Typhimurium</i> | 2,3±0,3          | 8,0±0,1  | 1,0±0,2 | 0,3±0,1      | 0,8±0,1  | 0,3±0,1 |
| <i>S. Enteritidis</i> | 6,4±0,6          | 21,0±1,5 | 1,5±0,2 | 0,4±0,1      | 1,1±0,2  | 0,2±0,1 |
| <i>S. Senftenberg</i> | 34,3±1,2         | 42,0±1,0 | 3,0±0,2 | 5,6±0,1      | 11,8±0,2 | 0,8±0,1 |

#### 2.2.2.4. Csomagolás

Pasztörözés után a tojáslé hűtött puffertartály közbeiktatásával csomagolásra kerül (7. táblázat). A tojáslé egy részét nagyobb méretű műanyag kannákban hozzák forgalomba (5.a ábra; SCHNAPPE, 2010). Ez a kiszerelés elsősorban a terméket gyorsan felhasználók számára előnyös, ugyanis ebben a formában a tojáslé hűtve 72 óráig tartható el. Hosszabban eltartható a pasztörözött tojáslé Variopack dobozokba töltve (5.b. ábra), ebben a kiszerelésben tartósítószer hozzáadásával a tojáslé 4°C-on 7-10 napig eltartható.

**7. táblázat. A tojáslé-termékek hűtési-hőmérséklet igényei a puffertartályban és a csomagolást követően [°C], (FRONING et al., 2002)**

| Tárolási-idej                                       | Fehérje-lé tartósítószer nélkül | Fehérje-lé tartósító szerrel | Egyéb tojáslé-termékek   | Sózott tojáslé-termékek min $10^m/m\%$                          |
|---|---------------------------------|------------------------------|--|---|
| <b>Legfeljebb 8 óra<sup>1</sup></b>                 | legfeljebb 12,8°C               | legfeljebb 21,1°C            | legfeljebb 7,2°C   |   |
| <b>8 órát meghaladó<sup>1</sup></b>                 | legfeljebb 7,2°C                | legfeljebb 12,8°C            | legfeljebb 4,4°C   |   |
| <b>Sózott tojáslevek<sup>1</sup></b>                |                                 |                              |  | 18,3°C-on 30 órán át, (4,4°C-on azt meghaladón is) eltarthatóak |
| <b>Pasztörözést követő 2 órán belül</b>             | legfeljebb 7,2°C                | legfeljebb 12,8°C            | 7,2°C-on 8 órán át, (4,4°C-on 8 órát meghaladón is) eltarthatóak |   |
| <b>Pasztörözést követő 4 órán belül<sup>2</sup></b> |                                 |                              |  |   |

<sup>1</sup>a legfeljebb 2 órája tört, még nem pasztörözött tojáslére vonatkozik

<sup>2</sup>tartósítószerrel kezelt pasztörözött termékekre vonatkozik



(a) (www.sanovoeng.com)



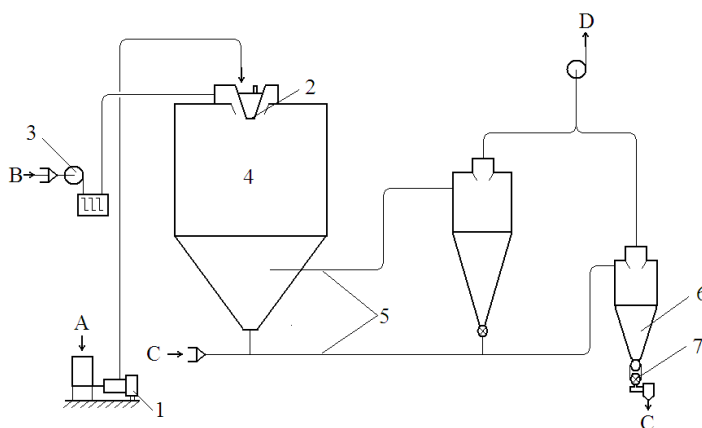
(b) (www.capriovus.eu)

**5. ábra. Tojáslé töltése műanyag kannába (a) és polietilén bevonatu kartondoboz (b)**

### 2.2.2.5. Porlasztva szárítás

A pasztörözött tojáslevek egy részét a piaci igényeknek megfelelően porított formában hozzák forgalomba. Porító silókban 200-230°C belépő, 90°C körüli kilépő hőmérsékletű levegővel szárítják az általában mechanikusan porlasztott teljes tojáslé, tojásfehérje-, vagy tojássárgája-levet (6. és 7. ábra). A zsákológaratokon keresztül a hűtőciklonban lehűlt termék polietilénnel bélelt papírsákokba kerül.

A tojáspor jó minőségű élelmiszeripari alapanyag, mivel a művelet közben az anyag hőmérséklete nem haladja meg a nedves hőmérő hőmérsékletét, tehát a biológiailag értékes anyagok viszonylag kis mértékben károsodnak. A kapott terméket nem kell továbbiakban aprítani, visszaoldása egyszerű. A tojásporok megengedett maximális víztartalma 5%, aminek köszönhetően a bennük lévő mikrobák elszaporodásával szemben védettnek tekinthetők, szobahőmérsékleten megfelelő körülmények között (M3. melléklet) több hónapig eltarthatók.



**6. ábra. Tojásszáritó berendezés elvi felépítése**

A - tojáslé, B - szárítóközeg, C - külső szállítólevegő, D - meleg levegő elvezetés

1 - adagolózivattyú, 2 - forgó porlasztótárcsa, 3 - ventilátor, 4 - szárítókamra, 5 - szállítócsatorna, 6 - ciklon, 7 - cellakerekes adagoló

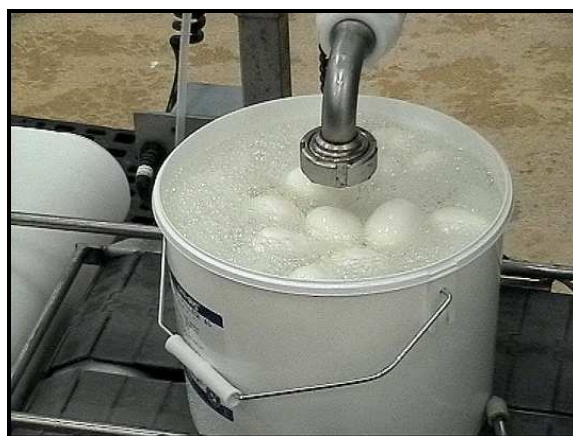


**7. ábra. Porító kamra**  
(www.capriovus.eu)

### 2.2.2.6. Főtt tojástermékek gyártása

Egyre nagyobb a főtt tojástermékek szerepe, és e termékcsoporton belül is a pucolt, egész tojásoké. A főtt egész tojások előállítása során a tojásokat a tálcákról 85-90°C-os vízfürdőbe (esetleg meleg gőzbe) helyezik 10-20 perces időtartalomra, mely során kialakul a termékre jellemző állag és szín. A folyamatos üzem fenntartása érdekében a tojások előrehaladást szállítócsiga (meleg vízben főzés, 8.a. ábra) ill. görgősor biztosítja (gőzölés).

A főzés után gyors hűtés következik, amely következtében a hártya elválik a héjtől, így a termék könnyebben pucolhatóvá válik. A főzött egész tojásokat héj nélkül vákuumsomagolják ill. sós, vízbe helyezik (8.b. ábra).



**8. ábra. Egész tojások főzése (a), majd a pucolt héjú, főtt tojások csomagolása, és a sós felöntőlé hozzáadása (b) (www.sanovoeng.com)**

### **2.2.3. Újszerű tojáslé tartósítási technológiák**

Számos kutatás folyik a jelenlegi technológiai lépések fejlesztésére és kiváltására, hosszabban eltartható tojáslé-termékek előállítása érdekében. Ebben a fejezetben a tojás pasztörözésére vonatkozó, 1990 óta közzétett szabadalmakat ismertetem.

#### 2.2.3.1. Eljárás teljes tojáslé ultrapasztörözésére

Az US 5019408 szabadalmi irat (SWARTZEL et al., 1991a) teljes tojáslé folyamatos áramban történő pasztörözéséről számol be. Az alkalmazandó hőmérséklet és tartózkodási idő megállapításához az egyenértékpont meghatározás módszerét alkalmazták. Megfigyelésük szerint a pasztörözés hőmérsékletét és idejét az oldható fehérjék koagulációja határozza meg, ugyanis a funkcionális tulajdonságokat akkor tartják elfogadhatónak, ha ez a koaguláció 5%-nál kevesebb. Az 5%-os határhoz tartozó hőmérséklet és idő értéke grafikusán kiszámítható.

A fehérjekicsapódás folyamata 80°C-nál nem enged meg nagyobb egyenérték hőmérsékletet. Ilyen körülmények között a *Salmonella* spp. száma 9 nagyságrenddel csökken, míg a *Streptococcus faecalis* esetében 7 nagyságrend csökkenés valósul meg 5 perces kezelés során.

Az eljárás során a 4°C-os tojáslevet először homogenizálják, fűtött felület segítségével előmelegítik, majd az egyenértékponthoz tartozó ideig egyenérték hőmérsékleten tartják, végül hűtik. Aszeptikus technológiával csomagolva a termék 8-36 hétig használható fel.

#### 2.2.3.2. Eljárás teljes tojáslé pasztörözésére szeparált fehérje és sárgája áramokkal

Az US 5019407 számú szabadalmi iratban (SWARTZEL & BALL, 1991b) szintén teljes tojáslé pasztörözését írják le, azonban szeparált fehérje és sárgája áramokkal.

A módszer teljes-tojáslé folyamatos áramban történő pasztörözése, melyben külön fehérje és sárgája áramot hoznak létre. A sárgája áramot felmelegítik egy olyan hőmérsékletre (78°C), amely a fehérje áram legmagasabb hőmérsékleténél (kb. 62°C, de létezik olyan módszer is, melynél a fehérjét külön nem hőkezelik) nagyobb, majd újra egész tojáslé árammá egyesítik a két áramot, ami egy újabb meghatározott hőmérsékletet (67°C) vesz fel, amely hőmérsékleten az így keletkező tojásmelanzsot kb. 2,5 percig tartják. Az újraegyesítés előtti hőntartás idejét olyan rövidnek választják meg, amely még elegendő mindkét áramban a *Salmonella* spp. 9 nagyságrenddel történő csökkentésére.

A második hőntartás után a részeket homogenizálják, majd aszeptikusan csomagolják. Az így kapott termék 4°C-on akár 4-6 hétig eltartható.

#### 2.2.3.3. Eljárás folyékony tojástermékek csíracsökkentő kezelésére

Tojásfehérje, tojássárgája vagy teljes tojáslé pasztörözéséről ad felvilágosítást az US 6149963 számú szabadalmi irat (CUTLER et al., 2000). A módszer alapja, hogy a hagyományos, megközelítőleg 60°C-on, rövid ideig végzett pasztörözést egy nagyon gyors előmelegítés előzi meg. A hőkezelés elvégezhető közvetlen gőzbefúvással, így a tojáslé nem érintkezik forró felülettel, és a hőkezelést követő hűtés megoldható a tojáslé expanziójával. Rendkívül gyors hőkezelést tesz lehetővé az esőáramú melegítő, amelyben nagy pontossággal és megbízhatósággal érhető el a kívánt hőmérséklet a termék esése (2-4 m/s) közben.

A folyamat során a tartályban tárolt hűtött tojáslevet szivattyú segítségével szállítják az első hőcserélőbe, ahol 30-40 másodperc alatt 45°C-ra melegítik fel az anyagot. Ezután egy második hőcserélőben 10-20 másodperc elteltével 50-55°C-ot ér el a tojáslé, majd innen az esőáramú melegítőbe kerül, ahol gyorsan 80-90°C-ra melegszik fel kevesebb, mint egy másodperc alatt. Ebből a melegítőből a flash edényen át (gyors hűtés érhető el vele, mialatt a folyadék expandál, addig a gőzbevezetés alatt a tojáshoz adagolt összes vízgőz formájában távozik) egy első majd egy második kamrába kerül a tojáslé. Az első kamrában a termék 0,1 másodperc alatt 40°C-ra hűl az expanzió következtében.

A második kamrából kikerült folyadékot meleg víz közvetítésével 5 percig 60-65°C-on pasztörözik, majd 15 másodperc alatt hűtőhőmérsékletre hűtik, mely állapotban

aszéptikusán csomagolják. Az így kapott termék egy grammjában 20°C-on tárolva 10 hét után a maximális összcsíraszám 1000 db.

#### 2.2.3.4. Eljárás csökkentett tojássárgája tartalmú tojáslé-termékek pasztörözésére

Egy amerikai szabadalom (BRYSON et al., 1995) koleszterin- és zsírtartalom csökkentett tojás pasztörözését írja le. A termék nagyrészt tojásfehérjéből áll, minimum 95%-ban vagy teljes egészében. A pasztörözés folyamán az egyik célkitűzés, hogy a konalbumin maximum 50%-a koagulálódjon (61°C-on kezd denaturálódni – 2.1.5. fejezet), és az ovalbumin se csapódjon ki jelentős mennyiségben. Kutatásaik szerint a hőkezelés ilyen hőmérsékleten 58°C-on 5 percig végezhető.

Lehetőség van azonban a pasztörözés hőmérsékletének emelésére anélkül, hogy ez a tojás fizikai tulajdonságaira negatív hatással lenne (US 3251697). Ennek érdekében a még kezeletlen tojásléhez többértékű fémsókat (alumínium, vas, réz, nikkel, kobalt, cink, kadmium) adagolnak, amelyek hőstabil komplexet képeznek a konalbuminnal.

Szintén hőmérséklet-emelés érhető el szerves kén 0,005-0,5m/m %-os alkalmazásával.

#### 2.2.3.5. Eljárás egész tojások pasztörözésére

Különleges eljárásról számol be egy 2004-es amerikai szabadalom (DAVIDSON, 2004). A tojást nem feltörve, hanem egészben, még a héjában vetik alá hőkezelésnek. A pasztörözés folyamán többféle hőmérsékletet alkalmaznak. Az első lépésben viszonylag magas hőmérsékleten, 59-63°C-on, rövid ideig tartó, a második 55,5-57°C-on hosszabb idejű, a harmadik szakasz pedig szintén magasabb hőmérsékletű, 57-59°C-on rövid ideig tartó hőkezelést alkalmaznak. A hőkezelés történhet meleg vízzel, gőzzel, stb.

A három zóna kialakítható egy hagyományos, nyújtott tartályban megfelelő módon elhelyezett fűvókák segítségével, melyek a tartály aljához közel, szétszórtan helyezkednek el. A fűvókákon keresztül valamilyen gáz vagy folyadék kerül a vízbe függőleges irányban a tartály aljától a teteje felé. Így biztosítható a hőmérsékletzónák elválasztása, másrészt a keveredés, mely a hőmérséklet jobb eloszlásához járul hozzá. A három zónán szállítószalaggal jutnak keresztül a tojások.

Amennyiben a tojásokat hagyományos csomagoló berendezéssel és eljárással csomagolják, 6 hónapig nem mutatható ki bennük romlás 4-7°C-os tárolás során.

#### 2.2.3.6. Eljárás teljes tojáslé termékek pasztörözésére elektromos fűtéssel

Tojáslevek pasztörözésénél a forró felülettel történő fűtés legfőbb problémája, hogy a fűtött felület idővel eltömődik a fehérjekoaguláció miatt. Alternatíva lehet egyes termékeknél az elektromos fűtés. Az US 5670199 számú szabadalmi iratban egy ilyen elektromos vezetésen alapuló pasztörözési módszert közölnek (SWARTZEL & PALANIAPPAN, 1997).

Hő úgy termelődik, hogy a termék folyamatos áramára váltakozó elektromos áramot kapcsolnak. A legtöbb élelmiszerben vannak töltéssel rendelkező részecskék, ezért vezetőképesek annyira, hogy elektromos áram folyjon át rajtuk. A közvetlen fűtési módszerrel a folyékony és a szilárd élelmiszeralkotókban is termelődik hő, így egyenletesebb lesz a hőkezelés.

A folyamat röviden összefoglalva: a teljes tojáslé folyamatos áramban áramlik át egy előmelegítő berendezésen, melyben hőmérséklete  $55^{\circ}\text{C}$ -ra emelkedik. Ezután egy magasabb hőmérsékletre melegítik ( $\Delta T_{\text{max}}=10^{\circ}\text{C}$ ) az első elektromos fűtőberendezésben, mely elektromos feszültséget és áramot közöl a benne lévő tojáslével. Ezután egy második hőmérsékletre ( $\Delta T_{\text{max}}=10^{\circ}\text{C}$ ) lehet melegíteni a tojáslevet egy második elektromos fűtőberendezésben. Megfelelő időközönként mindkét elektromos fűtőberendezésben turbulens tojáslé-áramot hoznak létre. A folyamat beállítható úgy, hogy a teljes tojáslé-terméket érő hőkezelés elegendő legyen a termék pasztörözéséhez. Az utolsó fűtési lépés után aszeptikus csomagolás következik, melynek eredményeként a csomagolt tojáslé-termék legalább 4 hétig, de akár 4-36 hétig eltartható hűtőhőmérsékleten ( $0-5^{\circ}\text{C}$ ).

#### 2.2.3.7. Eljárás tojáslé termékek előállítására rövid pasztörözést követő hőtartással

Egy másik tojáslé pasztörözési módszerről számol be az US 6024999 számú szabadalom (HAMID-SAMIMI, 2000). Ennél az eljárásnál a termék pasztörözését már fogyasztói csomagolásban végzik el.

A későbbi felhasználáshoz, fogyasztáshoz megfelelő térfogatú csomagolásba töltött nyers tojáslevet legalább  $57^{\circ}\text{C}$ -ra, a pasztörözés megkezdéséhez megfelelő hőmérsékletre előmelegítik. Az előmelegítés előtt esetenként csíraszám csökkentő anyagot, például hidrogén-peroxidot adagolnak a termékbe. A terméket homogenizálják, majd ezen a hőmérsékleten a töltőgép segítségével a csomagolóanyagba pumpálják és légmentesen zárják. A csomagolóanyag lehet műanyag palack, fóliazacskó, fémdoboz, üvegedény vagy bármilyen más nem légáteresztő csomagolóanyag. A becsomagolt, előmelegített tojáslevet meleg tároló kamrába (tulajdonképpen pasztöröző egység) továbbítják, ahol a megfelelő ideig, de legfeljebb 60 percig pasztörözik ill. „hőntartják”.

Az ezt követő magasabb hőmérsékletű hőkezelésnek különböző módjai lehetnek, pl.: mikrohullám, rádiófrekvencia vagy ohmikus fűtés hőcserélőkön keresztül, vagy bármilyen egyéb hőkezelési technika. A melegítő tárolókamrában fűtőfolyadékot vagy levegőt áramoltatnak. A pasztörözés hőmérsékletére  $65-67^{\circ}\text{C}$ -ot, idejére 20-60 percet javasolnak. A szükséges hőmérséklet csökkenthető, ha tartósítószer adagolnak, ezáltal csökkenthető a koaguláció veszélye. A hőközlés segítésére akusztikus vagy mechanikus rezgést alkalmaznak,



hogy a hő felszabaduljon, és egyenletesen elterjedjen a csomagolt termékben. A tojáslevet ezután megfelelő sebességgel tárolási értékre hűtik (0-5°C-ra, itt akusztikus vagy mechanikus rezgést alkalmaznak a folyamatot segítésére), hogy az esetleg benne lévő baktériumspórák csírázását megakadályozzák. Lehűtési időnek kb. 17 percet ajánlanak.

A folyamat eredményeként a 0-5°C-os hűtőhőmérsékleten tárolva hosszan, legalább 10 hétig eltartható tojáslé-terméket lehet előállítani. A módszer nagy előnye, hogy a csomagolási műveletnél nem kell aszeptikus körülményeket biztosítani, ugyanakkor kizárja a pasztörözés utáni fertőződés lehetőségét.

#### **2.2.3.8. Eljárás tojáslé termék csíramentesítésére hosszantartó hőntárolással**

Az FR 2788406 számú szabadalmi iratban (LIOT, 2000) leírt módszer, hosszú eltarthatósági idejű tojáslé előállítására alkalmas. A pasztörözés kivitelezhető tojásfehérje-lé, tojássárgája-lé és teljes tojáslé esetében egyaránt, a különbség csak az alkalmazott hőmérsékletben van. A fehérje frakciót általában 40-55°C közé melegítik fel, míg a sárgáját és a teljes tojáslevet 50-70°C-ra (az alkalmazott hőmérséklet általában 45°C illetve 55°C). A felmelegített tojáslevet melegen csomagolóanyagba töltik és azután meleg tárolóban, pl. a teljes tojáslé esetében 55°C-on 30 perctől 4 napig terjedő időtartamig tartják ezen a hőmérsékleten, majd a termékeket 20°C-ra hűtik vissza. A késztermék ez esetben nem igényel hűtőtárolást.

#### **2.2.4. Tojástermékekben alkalmazható tartósítószer**

A tojástermékek eltarthatósági idejének megnövelésére a hatékonyabb kezelési technológiák alkalmazása mellett lehetőség van mikrobaszaporodást gátló tartósítószer használatára. A tartósítószernek tojáslé-termékekben van a legnagyobb jelentőségük azok viszonylag rövid szavatossági ideje miatt.

Az étkezési savak különböző funkciókat töltenek be az élelmiszerekben. Lehetnek aromák, pufferek, szinergista hatású anyagok antioxidánsokhoz avasodás és barnulás megakadályozásához, viszkozitás módosítók, olvadási pont módosítók, továbbá hús érlelő/pácoló anyagok, melyek segítenek kialakítani a pácolt hús színét. Tojáslevelekben étkezési savak közül a citromsav használata engedélyezett, mely funkciója mikrobákkal szembeni gátló hatása, ill. egyes tartósítószer, mint például a savanyú közegben alkalmazható benzoosav, hatásának növelése (BRUL & COOTE, 1999).

A citromsav felhasználhatósága a tojásfehérjék pH érzékenysége miatt korlátozott. Így, akár csak a többi olyan élelmiszereknél, amelyeket nem lehet nagyon megcukrozni, megsózni vagy savval kezelni, egyéb kémiai tartósítószereket is használnak (EKLUND, 1980).

**8. táblázat. Tojáslé termékekhez adagolható tartósítószer megengedett legnagyobb koncentrációja különböző élelmiszerekhez (Magyar Élelmiszerkönyv, 1995)**

| Élelmiszer   | Megengedett legnagyobb koncentráció (mg/l) |             |         |
|--|--|-------------|---------|
|  | SzS  | BS          | SzS+BS  |
| Alkoholmentes ízesített italok                             | 300  | 150         | 250+150 |
| Aszalt gyümölcs  | 1000                                       |             |         |
| Nem érlelt (friss) sajt                                    | 1000                                       |             |         |
| Ömlesztett sajt  | 2000                                       |             |         |
| <b>Tojáslé (fehérje, sárgája vagy teljes)</b>              |  | <b>5000</b> |         |
| Majonézok, salátaöntetek (60%-nál kisebb zsírtartalommal)  | 1000                                       | 500         | 1000    |
| Majonézok, salátaöntetek (60%-nál nagyobb zsírtartalommal) | 2000                                       | 1000        | 2000    |
| Elkészített saláták  |  | 1500        |         |
| Mustár   |  | 1000        |         |
| Homoki garnéla ( <i>Crangon crangon</i> )                  |  | 6000        |         |

SzS – szorbinsav, BS - benzooesav

A tojáslé-termékekben a Magyar Élelmiszerkönyv a citromsav mellett kizárólag a nátrium-benzoát és a kálium-szorbát használatát engedélyezi, melyek együttes koncentrációja nem haladhatja meg az 5000 mg/kg-ot (8. táblázat).

A benzoátok az élelmiszerekben gyakorta használt antimikrobás anyagok, főként élesztő- és penészgombákkal szemben hatásosak. Baktériumok visszaszorítására kevésbé hatásosak, mert 4,5 feletti pH-értéken (amely értékek mellett tojáslében alkalmazható), amikor a baktériumok szaporodása kifejezettebb, a benzoátok hatásossága csökken (ROBACH, 1980).

## 2.3. A sublethális hő hatása a mikrobák hőrezisztenciájára

### 2.3.1. A hősokk-válasz jelentősége

Az újszerű technológiák némelyikénél számolni kell azzal, hogy megváltozott hőtoleranciájú mikroorganizmusok számának a csökkentését, ill. elölését kell megoldani. Abban az esetben például, amikor technológiai okokból a tojáslé lassan veszi fel a kezelési hőmérsékletet, bizonyos mikrobákban kialakulhat egy úgynevezett „hősokk-hatás”, ami megnöveli egyes baktériumok hőtoleranciáját.

Ezen baktériumok akkor növelik meg hőtűrésüket, amikor, általában a maximális növekedési hőmérsékletük feletti, mérsékelten megemelt hőmérsékletnek vannak bizonyos ideig kitéve (MACKEY & DERRICK, 1986; JORGENSEN et al., 1996; MACKEY & PAGÁN et al. 1997; JORGENSEN et al., 1999; LIN & CHOU, 2004). Az olyan élelmiszerek esetében, amelyek a zamatának és az állományának megtartása érdekében hosszú idejű, viszonylag alacsony hőmérsékletű hőkezelést alkalmaznak, mint például a tojás-készítmények vagy sous-vide eljárással készült termékek, a baktériumok a hősokkra hőtűrésük megnövelésével reagálhatnak (LINTON et al., 1992; ARSENE et al., 2000; SERGELIDIS & ABRAHIM, 2009).

A hősokk az egészségügy szempontjából nagy jelentőséggel bír, legfőképp az olyan pszichrotrof fajok esetében, mint az *L. monocytogenes* vagy a *Yersinia enterocolitica*, mivel a túlélő sejtek a szaprofitikus flóránál is gyorsabban szaporodnak hűtve tárolás esetében (GILL & REICHEL, 1989).

Tojáslevekkel elvégzett kísérletek során is kimutatták, hogy bennük hősokk hatására megnövekedhet egyes baktériumok hőtűrő képessége. Ezen kutatások eredményeiből (9. és 10. táblázat) az is kiderül, hogy a baktériumok (*Salmonella*, *Listeria*, *E. coli*) fokozott hőrezisztenciájának mértékét befolyásolja a szubletális hatást kifejtő hőmérséklet nagysága, valamint, hogy a baktériumok ezen a hőmérsékleten mennyi időt tartózkodnak (JUNEJA et al., 1998; BUNNING et al., 1990; KUMAR & KUMAR, 2003).

9. táblázat. A 35 ill. 45°C-os 30 perces hőntartás hatása a *S. Typhimurium* és a *L. monocytogenes* hőrezisztenciájára<sup>a</sup> (BUNNING et al., 1990)

| Baktérium               | 30 percig tartó hősokk kezelés hőmérséklete (°C) | D-érték (perc) <sup>b</sup> | D-érték (hősokk: 35°C-on) / D-érték (hősokk: 48°C-on) |
|-------------------------|--|-----------------------------|---|
| <i>S. Typhimurium</i>   | 35   | 21,3 (2)                    | 4,5   |
|                         | 48   | 96,1 (3)                    |   |
| <i>L. monocytogenes</i> | 35   | 37,9 (2)                    | 1,3   |
|                         | 48   | 49,8 (2)                    |   |

<sup>a</sup> A *S. Typhimurium* és a *L. monocytogenes* baktériumok 35°C-on tenyésztett friss tenyészetből származtak, és a „hősokk hatást követő hőkezelés” után 52°C-on vizsgálták a hőpusztulásukat

<sup>b</sup> A párhuzamos vizsgálatok száma zárójelben van feltüntetve

**10. táblázat. A „hősokk-válasz” mértékének vizsgálata *L. monocytogenes* és *S. Typhimurium* mikrobákra a hőmérséklet és a hőntartási idő függvényében<sup>a</sup> (BUNNING et al., 1990)**

| Baktérium               | Hősokk kezelés időtartama (perc) | D-érték (perc) <sup>a</sup> |                   |                   |                   |
|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                         |                                  | 35°C <sup>b</sup>           | 42°C <sup>b</sup> | 48°C <sup>b</sup> | 52°C <sup>b</sup> |
| <i>L. monocytogenes</i> | 5 (3)                            | 9,9 (3)                     | 11,8 (3)          | 11,5 (3)          | 9,3 (3)           |
|                         | 15 (2)                           | 9,5 (2)                     | 11,3 (2)          | 11,7 (2)          | 7,8 (2)           |
|                         | 30 (2)                           | 9,4 (2)                     | 11,1 (2)          | 10,3 (2)          | 7,0 (2)           |
|                         | 60 (2)                           | 8,0 (2)                     | 10,9 (2)          | 9,2 (2)           | 6,9 (2)           |
| <i>S. Typhimurium</i>   | 30 (2)                           | 0,7 (2)                     | 0,9 (2)           | 2,1 (2)           | 0,8 (1)           |

<sup>a</sup> A hősokkot követő tizedelési idő vizsgálata minden esetben 57,8°C-on történt. A párhuzamos vizsgálatok száma zárójelben van feltüntetve

<sup>b</sup> A hősokk-választ kifejtő hőmérséklet

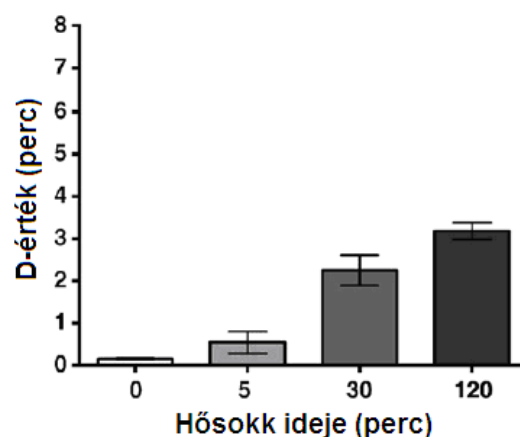
A 10. táblázatból továbbá látható, hogy az általánosan használt pasztörözési hőmérséklet körüli hőmérséklet (ez esetben 52°C) is kifejthet hősokk-választ (BUNNING et al., 1990), amit például tojáslé-termékek „újra hőkezelésénél” figyelembe kell venni.

Tojástermékek közelében gyakran előforduló patogén mikroba a *Staphylococcus aureus* is (2.1.6. fejezet). Bár a *S. aureus* elszaporodásra és toxintermelésre csak a hűtlánc megszakadásakor képes (YANG et al., 2001), a hősokk hatására megnövekedett hőrezisztenciája (9. ábra) figyelmet igényel (CEBRIÁN et al., 2009)

Az elfogadható biztonsági határ elérése érdekében olyan hőkezelési eljárásokat kell kifejleszteni, ami a kórokozó mikroorganizmusokat a leghőtűrőbb állapotukban is elpusztítja.

Jelenleg azonban keveset tudunk arról, hogy az a hőmérséklet, amelyen a sejtek kifejlődtek, miként befolyásolja az indukált hőtűrő képességüket. Szükség van a megterhelt mikroorganizmusok egyes élelmiszerekre vonatkozó kiegészítő hőinaktiválási adataira (DOYLE et al., 2001).

A prediktív modellek segítenek abban, hogy megbecsülhessük a célszervezetek meghatározott élelmiszer-előállítású értéktartományon belüli túlélését (WHITING, 1995). Ezek a modellek, amelyeket valós élelmiszerek előállítása alapján validáltak, az élelmiszerfeldolgozók számára fontos adatokkal szolgálhatnak termékeik elkészítéséhez és hőkezelési eljárásaikhoz. Segítségrel lehetnek abban, hogy a fogyasztók számára biztonságos termékeket tudjanak előállítani (ROSS & McMEEKIN, 1994).



**9. ábra. A hősokk-választ kifejtő hőmérséklet időtartalmának hatása a *S. aureus* tizedelési idejére (CEBRIÁN et al., 2009)**

### 2.3.2. A hősokk válasz-mechanizmusa

Elfogadott tény, hogy a környezeti behatások olyan külső tényezőket jelentenek, amelyeknek kedvezőtlen hatása van a baktériumokra. Ezek a hatások a szaporodási ütem csökkenéséhez, vagy szélsőségesebb körülmények között a szaporodás megállásához és/vagy pusztulásához vezetnek. Ilyen bakteriosztatikus vagy baktericid behatásokra példa a baktériumok tűréshatárának szélső értékei a hőmérséklet, a pH-érték, az ozmotikus nyomás, ill. a tápanyag-kimerülés, mérgező vagy gátló összetevők (mint pl. antibiotikum) tekintetében (ARCHER, 1996; MCDOWELL, 2004). Az optimális növekedési hőmérsékleten felüli hőmérsékletnek ugyanis bizonyos idő után végzetes hatása lehet a baktériumokra. Mindemellett kimutatták, hogy a legtöbb mikroorganizmus esetében a lassú, vagy rövid időközönként kapott, a normál szaporodási hőmérséklet fölé melegítés magasabb hőtűrést eredményez (MACKEY & DERRICK, 1986, 1987a, 1987b, 1990).

A hőhöz való alkalmazkodás reakciójáért felelős mechanizmus nem teljesen ismert. A szakirodalomban fellelhető információkból felvázolható néhány általános megfigyelés. Úgy tartják, hogy e hőmérsékletek olyan sejtbeli fiziológiai reakciót váltanak ki (SCHLESINGER, 1986), ami az ingerhatásokra adott átmeneti válasz, és a létfontosságú sejtfehérjéknek a károsodástól, irreverzibilis denaturációjától védi meg bizonyos korlátok között a mikrobát (KATCHINSKI, 2004).

Ez a válaszreakció különböző fehérjék szintéziséből áll, amelyeket hősokk-fehérjékként (HSF) is közismertek. Még nem teljesen világos, hogy van-e közvetlen okozati összefüggés e fehérjék szintézise és a magasabb hőtűrés indukciója között (LINDQUIST, 1986; PARSELL & LINDQUIST, 1993).

A hősokk-fehérjék funkciói közé tartozik, hogy a sejtstruktúrákat stabilizálja a fizikai hőhatás ellen, valamint segít a hő hatására denaturált, rendellenesen működő fehérjék proteolízisében vagy újraképződésében. Ez utóbbi mechanizmus valószínűleg közrejátszik a hőtől sérült sejtek regenerálásában (LINDQUIST, 1986; PARSELL & LINDQUIST, 1993).

Az új fehérjék szintéziséen túl további védelmi mechanizmusok is végbemehetnek. Például beszámoltak arról, hogy a hő kedvez a melegítő tápközegben jelenlévő alacsony molekuláris súllyal rendelkező alkotóelemeknek és a két vegyértékű kationoknak a *Salmonella* Senftenberg sejtek felületi alkotóelemeivel történő kölcsönhatásának, amelynek az eredménye a külső membrán megszilárdulása, valamint a sejtek hőtűrő képességének növekedése lesz (MANAS et al., 2001).

### 2.3.3. Hősokk-fehérjék (HSF)

A HSF-k a fehérjemolekulák kísérői. Ezek javarészt olyan sejtplazma-fehérjék, amik számos sejten belüli folyamatban töltenek be szerepet. Például a fehérjék egymás közötti kölcsönhatásaiban, mint a sejtfajlás, a megfelelő fehérjeszintézis végrehajtásának a támogatása, vagy a nem kívánatos fehérjék felhalmozódásának megelőzése. A HSF, azáltal, hogy segít stabilizálni a részben kialakult fehérjéket, támogatja a sejten belüli és a membránokon keresztüli fehérje-szállítást. A HSF-család néhány tagja alacsony vagy közepes mennyiségben jelen van a prokarióta és az eukarióta sejtekben. Alapvető fehérjevédő szerepük folytán stresszmentes körülmények között szintén jelen vannak (ELLIS & VAN DER VIES, 1991; GEORGOPOULOS & WELCH, 1993). Expressziójuk fokozódása a transzkripció szintjén szabályozott, főként a hősokk faktor váltja ki, és a hősokk-válasz kulcsfontosságú része. Amennyiben a sejteket egyéb környezeti stressz hatásoknak tesszük ki, például sejtkárosító tényezőknek, mint az etanol, arzén, nyomfémek, ultraibolya fény, tápanyaghiány, hipoxia, víz- vagy nitrogénhiány (növények esetében), szintén keletkeznek HSF fehérjék. Ennél fogva a hősokk-fehérjéket stressz-proteinekként is emlegetik, és fokozott működésüket néha nagy általánosságban a stressz reakció részeként írják le. Nem teljesen ismert az, hogy a hősokk (vagy más környezeti stresszorok) miként aktivizálják a hősokk-tényezőt. Mindazonáltal néhány tanulmány azt sugallja, hogy a sérült vagy rendellenesen működő fehérjék működésbe hozzák a HSF-eket. A HSF-eket szekvenciális hasonlóságaik és méretük alapján különböző csoportokba sorolják, melyeket molekuláris súlyuk alapján neveznek el. Ez idáig hat HSF csoportot különítettek el, ezek között vannak kisméretű hősokk-fehérjék, HSF40, HSF60, HSF70 és HSF100 osztályok (BURDON, 1986; KATCHINSKI, 2004; SCHLESINGER, 1994).

A vizsgálatok szerint a *L. monocytogenes* sejtekben minden egyes stressz-fajta (hősokk, hidegsokk, pH, nátrium-lauryl-szulfát, nátrium-deoxikolát vagy etanol) egy meghatározott fehérjét generál. Nem ismerni olyan stressz-proteint, ami minden egyes tanulmányozott stresszre egyaránt jellemző lett volna, azonban néhány fajta HSF fehérjét két vagy három stressz-körülmény egyaránt kivált (PHAN-THANCH & GORMON, 1995, 1996).

## 2.4. Habok, tojásfehérje habok az élelmiszer előállításban

Élelmiszerek (így a tojás-termékek) esetében is a megfelelő mikrobiológiai állapot mellett fontos, hogy hőkezelésük során megtartsák megfelelő funkcionális tulajdonságaikat, mint amilyen a tojásfehérje-lé habképző és habtartó képessége.

Az élelmiszer rendszerek gyakran tartalmaznak olyan szemcsés anyagot, amely felhalmozódik az olaj-víz és levegő-víz határfelületen, és hozzájárul az emulziók és habok kolloidális stabilizálásához. Az emulgeálás és habképzés közben és után az ilyen rendszerek szerkezetének kialakításában résztvevő részecskeméreték széles skálán mozognak a nanométerestől a több tíz mikrométerig. A részecskékkel stabilizált étkezési habokra jó példa a kész tejszínhab és desszert habok, amelyeket részlegesen aggregálódott emulziócseppek stabilizálnak (DICKINSON, 2006).

A buborékok és habok különböző molekulákkal történő stabilizációja az elmúlt években a kutatók érdeklődésének középpontjába került (MURRAY & ETTALAIE, 2004; MURRAY, 2007; HOROZOV, 2008; HUNTER et al., 2008; VIGNES-ADLER & WEIRE, 2008). Ezt a tevékenységet erősen motiválta azon általános felismerés, hogy a levegőt tartalmazó rendszerekben a hosszú távú stabilitást sokkal nehezebb biztosítani, mint az emulzióknál, így a kolloid részecskék alkalmazása a habok stabilitásának növelésében technológiai és kereskedelmi szempontból egyaránt jelentős kérdés. Ez különösen fontos az élelmiszerek esetében, mert a levegős szerkezet adja meg az egyes népszerű élelmiszerek, például a jégkrémek textúrájának alapvető jellemzőit. Ezen kívül a gázbuborékok beépítése a diszpergált zsírok teljes vagy részleges behelyettesítésére hasznos lehet az egészségesebb ételek fejlesztése terén.

A hab szerkezetre jellemző instabilitás a gáz-folyadék határfelület nagy szabad energiájából fakad. Ez adja azt a termodinamikai hajtóerőt, amely arra törekszik, hogy csökkentse a határfelület nagyságát a buborékok koaleszkálása és összefolyása által (Ostwald átkristályosodás). A soklapú habokban lévő vékony filmek sokkal nagyobb méretűek, mint a tömény emulziókban lévőek, így a film megszakadásának nagyobb a valószínűsége. Ezen kívül a buborékok jellemzően nagyobbak és kevésbé sűrűk, mint az olajcseppecskék, és így a gravitációs fölződés sokkal gyorsabb a gázbuborék diszperziók esetében, mint a megfelelő O/V emulzióknál. Ennél is fontosabb azonban az a tény, hogy a gáz észlelhető oldhatósága a hab vizes fázisában könnyen diffundáló anyagtranszportoz vezet a különböző méretű buborékok között, a Laplace-féle helyi nyomásgrádiens hatására. Amennyiben a buborékok nem szilárd közegbe vannak beágyazva, mint a jégkrém esetében (GOFF & VEGA, 2007), illetve nem merev, kagylószerű abszorbeált réteggel vannak körülvéve, a kikerülhetetlen

összefolyási folyamat végül a rendszerben lévő legnagyobb buborékok kivételével az összes buborék megszűnéséhez vezet (DICKINSON, 2010).

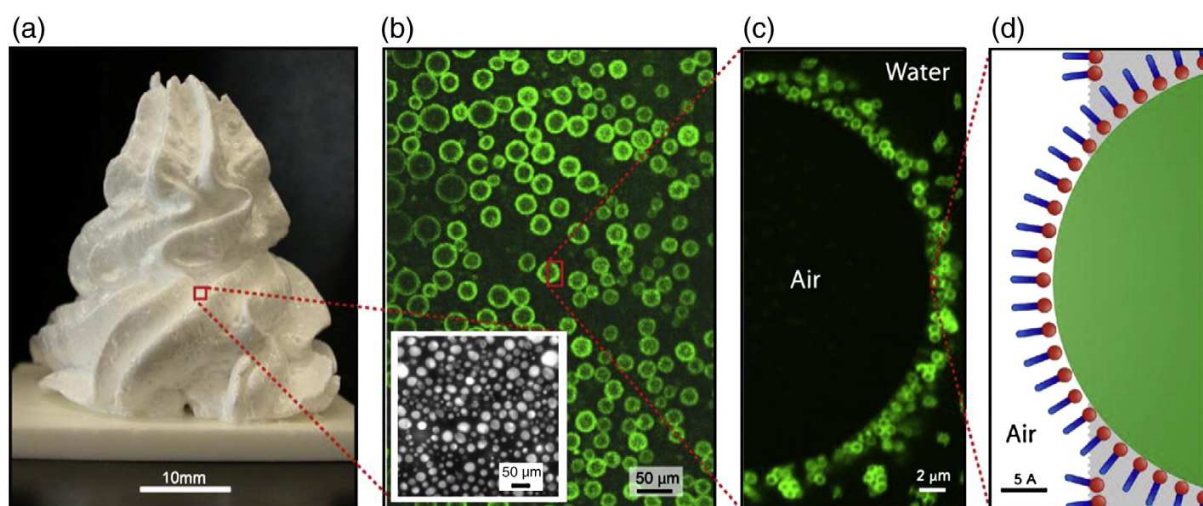
Számtalan kísérlet igazolta, hogy a gáz-folyadék határfelületen kialakuló szorosan zárt részecske réteg egyfajta "kolloid fegyverzetet" képvisel, amely gátolhatja, vagy akár teljesen meg is akadályozhatja a buborék koaleszcencia és növekedés destabilizáló folyamatait. Megállapították, (DU et al., 2003; DICKINSON et al., 2004.; MURRAY et al., 2005; SUBRAMANIAM et al., 2006) hogy az egyes részecske-stabilizált buborékok napokig vagy hetekig is ellenállók maradhatnak az összefolyással szemben, a megfelelő fehérje-stabilizált buborékokkal összevetve, amelyek körülbelül egy órán belül jellemzően összeesnek (KOSTAKIS et al., 2007). Annak feltétele, hogy egy buborék stabilan ellenáll az összefolyásnak a Gibbs stabilitási kritérium,  $E > \gamma/2$ , ahol  $E$  a felület dilatációs elaszticitása, a  $\gamma$  pedig a felületi feszültség (CERVANTES-MARTINEZ et al., 2008). A Pickering emulzióhoz hasonlóan a részecske felszíni kötődésének hatékonyságát a kapcsolódás szöge határozza meg (KOSTAKIS et al., 2006). Egy új etanol/vizes diszpergálási módszer segítségével rendkívül stabil habokat hoztak létre erősen hidrofób szilícium-dioxid nanorészecskék felhasználásával, hozzáadott felületaktív anyag nélkül (BINKS & HOROZOV, 2005). A vízbázisú habok stabilizálásához a megfelelő mértékben hidrofób karakterű részecske többféle módon is létrehozható, beleértve az amfifil molekulák felszíni kötődését a hidrofil szerves részecskékhez (GONZENBACH et al., 2006a). A Pickering emulzióhoz hasonlóan a részecskével bevont felület stabilitása, úgy tűnik, a részecskék aggregációja esetén megerősödik. Egyes rendszerekben bizonyított (BINKS et al., 2008; ZHANG et al., 2008) a szerkezet stabilizálhatósága egy gyenge gélszerű részecskehálózat kialakulásával a vizes fázisban, beleértve a "kolloid fegyverzet" összefüggő részecskéit. A Pickering emulziók jobban megalapozott fázis inverziójával analógiát vonva (BINKS, 2002), a vízbázisú hab inverziója egy levegőben-víz porban ("száraz víz") megvalósítható (BINKS & MURAKAMI, 2006) a részecske hidrofób karakterének progresszív növelésével állandó levegő/víz arányt tartva, vagy a levegő/víz arány módosításával fix részecske nedvesíthetőség mellett.

A megerősített buborékok monodiszperz gömb alakú részecskékkel történő stabilizálásának alapvető fizikai mechanizmusát számítógépes szimulációval igazolták. A buborékok zsugorodásának szimulálásához hasonlóan a részecske sugarához ( $r$ ) viszonyított sugártól ( $R$ ) függően sima ( $r/R \sim 0,1$ ) vagy gyűrött ( $r/R \ll 0,1$ ) alakot vesz fel. Ugyanakkor a felületi energia és a Laplace nyomás a minimális helyzeti energia eléréséig csökken. A metastabil egyensúlyi állapotot egy főként nyereg alakú gáz-folyadék határfelület jellemzi, amelynek átlagos görbülete nulla, így Laplace nyomása elenyésző (ABKARIAN et al., 2007). Nagyon magas részecske koncentráció esetén a habzási viselkedést befolyásoló további



tényező a nagy mennyiségben vizes közegben lévő részecskék strukturáló hatása. Ezt a jelenséget is nemrégiben igazolták számítógépes szimulációval (VIJAYARAGHAVAN et al. 2009).

A hab szerkezetében nagyfokú szinergizmus mutatkozik, amelyben több nagyságrendet felölelő hosszúságú (makroszkópikus / mikroszkópikus / nanoméretű / molekuláris) szerkezeti építőkövek játszanak szerepet. A 10. ábra (GONZENBACH et al., 2006b) szilícium-dioxid részecskékkel és felületaktív molekulákkal stabilizált hab felépítését mutatja be. Makroszkóposan ez a nagy volumenű hab krémes fehér kinézetű (10.a ábra); folyási határral rendelkezik, így gravitáció hatására az anyag megtámaszthatja saját súlyát, hasonlóan a felvert habtejhez. A közös fókuszú mikroszkópos felvételek szerint a buborékok mérete a 10–50  $\mu\text{m}$ -es tartományba esett (10.b ábra), és a buborékot koloid részecskékből álló (~1  $\mu\text{m}$  átmérőjű) sűrű réteg stabilizálta (10.c ábra). A felület hidrofób jellegét és a stabilizált részecskék optimális nedvesedését az amfifil hexilamin molekulák adszorpciója szabályozta (10.d ábra).



**10. ábra.** Szilícium-dioxid részecskékkel és felületaktív molekulákkal stabilizált hab felépítése: (a) – habtejszín, (b) – konfekális mikroszkópos felvételek 10–50  $\mu\text{m}$ -es buborékokról, (c) – buborékot stabilizáló koloid részecskékből álló (~1  $\mu\text{m}$  átmérőjű) sűrű réteg, (d) – a felület hidrofób jellegét és a stabilizált részecskék optimális nedvesedését adó amfifil hexilamin molekulák elhelyezkedése (GONZENBACH et al., 2006a)

A fehérje molekulaszervezete és a fehérje habzási viselkedése közötti összefüggés összetett (DAMODARAN, 2005). Az egyik befolyásoló tényező a fehérje aggregáció állapota. A koloid fehérje részecskék jelenléte általában az élelmiszerekben lévő fehérje hab rendszerekről (pl. habbá vert tojás fehérje) készült mikroszkópos felvételeken figyelhető meg (LAU & DICKINSON, 2005). Ezért felmerülhet a kérdés, hogy az élelmiszerben lévő fehérje összetevő részecske karaktere vajon jelentős szerepet játszik-e a habzási tulajdonságok szabályozásában. Próbaként azt feltételezték (MURRAY & ETELAIE, 2004), hogy a habbá vert

élelmiszerekben az ovalbumin jól ismert szerepe összefüggésben lehet azzal a tulajdonságával, hogy hajlamos a kicsapódott fehérje hálózatokat és felületaktív stabilizáló részecskéket alkotni (CROGUENNEC et al., 2007). Az ovalbuminnal ellentétben a tojásfehérje másik fehérjéje a lizozim természetes állapotában rossz habzási tulajdonságokkal rendelkezik; a száraz hevítés (80°C-on) azonban jelentősen javítja habzókéességét (DESFOUGÈRES et al. 2008), és hozzájárul a fehérje aggregáció kialakulásához. A fenti szerzők szerint az aggregátumok jelenléte önmagában nem létfontosságú a lizozim habzási tulajdonságainak javulásához. Inkább az aggregációnak (és következésképp a kölcsönhatásoknak) kedvező feltételek azok, amelyek a stabil habképződés tekintetében is előnyösek. A tejfehérje  $\beta$ -laktoglobulin esetében a körülményektől függően a beszámolók szerint az oldható és oldhatatlan aggregátumok jelenléte pozitív hatással van a hab stabilitására (UNTERHASLBERGER et al, 2007; RULLIER et al., 2008; RULLIER et al., 2009). Az összes eredményt együtt megvizsgálva úgy tűnik, hogy létezik egy általános tendencia, mely szerint a fehérje oldhatóságának kezdeti csökkenése javítja a határfelületi viszkoelasztikus tulajdonságokat, és ezáltal megnöveli a hab stabilitását (DAMODARAN, 2005). Egyes esetekben azonban az aggregálódott fehérje részecskék jelenléte (pl. a habbá verés vagy melegítés után) ennek az oldhatóság-csökkenésnek közvetett következménye lehet, és nem a jobb habstabilitás közvetlen oka.

Létezik egy különleges fehérjecsoport, amelyek kiváló határfelületi és habstabilizáló tulajdonságokkal rendelkeznek, és ezeket "hidrofobinok"-nak nevezzük (LINDER, 2009). Ezek kisméretű, rendkívül stabil szerkezettel rendelkező, fonalas gombák által termelt fehérjék. Hajlamosak arra, hogy vizes közegben önmaguktól kis aggregátumokat alkossanak. Az oldható II. típusú hidrofobinok felületaktivitása az összes jelentős élelmiszer fehérjéjénél (a béta-kazeinénél) is nagyobb, és a levegő-víz felületen erősen hajlamosak összekapcsolódásra és nagyon viszkoelasztikus rétegek képzésére (COX et al., 2007). A felületi nyíró viszkoelaszticitás értékek sokkal nagyobbak bizonyultak, mint a többi vizsgált fehérje esetében. Emellett a többi élelmiszer fehérjétől eltérően úgy tűnik, hogy a hidrofobin adszorbeált réteg teljes mértékben képes meggátolni az összefolyás miatt bekövetkező buborék zsugorodást: készítettek olyan hidrofobin-bázisú habokat, amelyek hónapokig, sőt akár évekig is stabilak maradtak (TCHUENBOU-MAGAIA et al., 2009). A hidrofobin molekula szembe ötlő szerkezeti jellemzője, hogy olyan merev, mint egy kisméretű szilárd részecske; emellett amfifil is, és a molekula egyik oldalán található egy hidrofób pont. Egyetlen hidrofobin molekula ezért a legegyszerűbben egy nanoméretű Janus részecskéhez hasonlítható. Valójában használható analógiát sikerült vonni a (WALTHER & MÜLLER, 2008)

hidrofobin határfelületi viselkedése és az önmaguktól összeépült Janus részecskék által megvalósuló határfelületi stabilizáció között.

Annak ellenére, hogy az adszorbeált részecskéknek jelentős potenciális előnye lehet a gázdiszperziók szerkezeti egységeinek stabilizálásában, egy soklapú hab stabilitására nézve a lipidbázisú szemcsés anyag jelenléte akár kis mennyiségben is végzetes lehet. Egy olyan hidrofób részecske esetén, amely elegendően nagy ahhoz, hogy a buborékpár között lévő vékony folyadékfilm mindkét felszínéhez csatlakozzon, a részecske külső része mellett lévő filmrétegben a Laplace nyomás pozitívvá válhat. Így folyadékáramlás indul meg a részecskétől, így a folyadék megszünteti a kapcsolatot a részecskével és a filmréteg megszakad. A szennyező részecskék egy másik típusa az, amely tartalma szétoszlik a levegő-víz határfelületen. A közelben lévő folyadékfilm ennek hatására a terjeszkedő szemcsés anyaggal egy irányban mozog, ami a filmréteg helyi elvékonyodását eredményezi, így megnövelve a film megszakadásának valószínűségét (DICKINSON, 2006). A fenti két mechanizmus egyaránt részt vesz abban, ahogyan a zsírszerű részecskék destabilizálják a vízbázisú étkezési habokat.

A részecskék nagy sűrűsége hosszú távú stabilitást biztosít a gázdiszperz rendszerek számára akkor is, ha részecske adszorpció nem történik; különösen, ha a bezárt részecskék (pl. cukor szemcsék) folytonos hálós szerkezetet alkotnak (LAU & DICKINSON, 2007). Az élelmiszerekben a részecskékkel stabilizált rendszerek egyik fontos csoportja a habbá vert tejes emulziók, amelyekben a gázcellákat részlegesen koaleszkált zsírsejtek hálózata stabilizálja. Az O/V emulzió destabilizációját érzékenyen befolyásolhatják a nyírási körülmények (XU et al., 2005a), az emulgeálószer jelenléte (XU et al., 2005b; NORTON et al., 2009) és a zsír kristályosodási állapota (HODGE & ROUSSEAU, 2005). A természetes tejszín (zsírtartalom ~35 m/m%) felferésekor a részlegesen kristályos zsírsejtek kötődnek a buborék felszínéhez, majd ezt követően egy felület által mediált, részleges koaleszkálási folyamatban összeállnak (HOTRUM et al., 2005). Ez a folyamat addig folytatódik, amíg az összeállt zsírsejtekből ki nem épül egy háromdimenziós hálózat, amely megtartja és stabilizálja a beépített buborékokat, és ezáltal biztosítja a kívánt állagot és mechanikai stabilitást (folyási határt) a kész tejszínhab számára (jellemző gáz-folyadék volumen arány kb. 120%).

A levegő-víz határfelületet övező fehérjével bevont emulziócseppek sav okozta aggregációja úgy tűnik, jelentős pozitív hatással van a hirtelen nyomásesésnek kitett egyedi gázbuborékok koaleszkálással szembeni stabilitására. A megfigyelések szerint ez a stabilizáló hatás szoros összefüggésben volt a pH-függő reológiai tulajdonságokban mutatkozó változásokkal. Ugyanez a vizsgálat azonban azt is kimutatta, (MURRAY et al., 2009) hogy a

pH és az aggregálódott emulzió cseppek hatása az összefolyási sebességre és a felület dilatációs tulajdonságaira, sokkal kevésbé volt jelentős. Egy másik kísérletben, ahol közepes olajtartalmú (30 v/v%) emulziós rendszereket vizsgáltak, azt találták, (ALLEN et al., 2006; ALLEN et al., 2008a) hogy a krémszerű habok a részleges koaleszcencia nélkül is stabilizálhatóak, a kazeináttal stabilizált emulzió csökkentett pH mellett végzett habbá verésével, ennek hatására ugyanis az emulziócseppek aggregálódnak a buborékok felszínén. Ezt követően azt is igazolták (ALLEN et al., 2008b), hogy a hagyományos tejszínhabhoz (felfuttatás 120%) hasonló reológiai viselkedés elérhető savanyított gázdiszperz rendszerben oly módon, hogy a megfelelő olajban oldódó emulgeálószer (LACTEM), elegendően nagyarányú teljesen szilárdanyagszerű emulziócseppekkel együtt építik be.

A tojásfehérje hab stabilitásának kialakításakor az előző fejezetben említett lehetőségek közül sok nem vagy csak korlátozott mértékben alkalmazható. A hab tartósságát növelő megoldások közül a tojás hab előállító üzemek, cukrászok által régóta ismert szacharóz adagolása a legáltalánosabban elterjedt.

A tojásfehérje felhasználóknak termékeik elkészítésénél azonban számolniuk kell a táplálkozási szokások modernizációjával. A fogyasztók a szacharóz mellett kedvezőbb táplálkozásélettani hatású édesítőszerrel felhasználásával készült termékeket is igényelnek. Ilyen édesítőszerrel a fruktóz-oligomerek, melyek az inulinhoz hasonlóan nem abszorbeálódnak, és szintén ballasztanyagnak tekinthetők. A frukto-oligoszacharidok a vastagbél szakaszát elérve az ott jelenlévő bifidogén baktériumoknak szénforrásként, tápanyagként szolgálnak, amelyet laktáttá, rövid szénláncú zsírsavakká (acetát, propionát, butirát), és gázzá alakítanak, hasonlóan más diétás rostokhoz. Fermentációjuk következménye, hogy kalóriaértékük körülbelül 2 kcal/g (BORNET et al., 2002).

Az elmúlt években számos kutatást folytattak az inulin és a frukto-oligoszacharidok (OF) táplálkozás-élettani hatásainak feltérképezésére, pontos megismerésére. Ezen tulajdonságok közül kiemelkedő a már említett prebiotikus aktivitásuk, vagyis az a tény, miszerint serkentik a vastagbélben a hasznos bélbaktériumok, a bifidobaktériumok és a tejsavbaktériumok szaporodását, mivel e baktériumok rendelkeznek az OF metabolizálásához szükséges enzimrendszerrel (RAO, 2001; ROBERFROID, 2002; BIEDRZYCKA & BIELECKA, 2004; VAN DE WIELE et al., 2004; MACFARLANE et al., 2006).

Azonban ezen édesítőszerrel a tojásfehérjék funkcionális tulajdonságaira gyakorolt hatása még kevésbé ismert. Ilyen funkcionális tulajdonság a tojásfehérjék habképző képessége, melyben a tojásfehérje szinte minden fehérjéje eltérő és fontos szerepet játszik (ALLEONI, 2006).

A habképződés egyik kulcsvegyülete az ovalbumin (2.1.5. fejezet), ami beépül a folyadékfázisból keletkező difformált diszperziós fázisba. Az ovalbumin tulajdonképpen a tojás hab stabilizáló anyaga. A hab stabilitását befolyásolja minden olyan hatás is, amely az ovalbumint megváltoztatja. A habkészítés során az ovalbumin a buborék felületén, a felületi feszültség hatására denaturálódik. Ezen kívül nagymértékben hozzájárul a légbuborékok felületén kialakuló folyadékhártyák rugalmasságához is. Ha ezek az adszorpciós rétegek megfelelő szilárdságúak, akkor a rugalmassága révén ideálisan védi a légbuborékokat az összefolyástól (SMITH & BACK, 1965; DU et al. 2002).

A glükoproteinek is előnyösen befolyásolják a hab tartósságát, mert a folyadékfázis viszkozitását növelik, ezáltal lassítják a gázbuborékok egyirányú mozgását. A túlzott hosszú idejű habverés esetén a felületi fehérjeréteg összetöredezik, így az egész hab összeesik. Az állott tojásfehérjéből nehezebb habot készíteni, mert az előregedett ovalbumin habképző tulajdonságai nem olyan kedvezőek, mint a friss anyagé. A tojásfehérjében legnagyobb arányban a glükoproteinek közül az ovomucin található meg (OMANA et al, 2010). Az ovomucin a tojásfehérjének az a komponense, amely vízoldhatatlan filmet képez, és így stabilizálja a habot. Ha a habot túlságosan felverjük, akkor túl sok ovomucin válik oldhatatlanná, és csökkenti a buborékok rugalmasságát. A habból kiszivárgó tojásfehérje ismét felverhető habbá, azonban hosszabb keverést igényel és kevésbé stabil habot eredményez, mivel az első felverés során az ovomucin nagy része kicsapódott belőle (YANG & BALDWIN, 1995).

A globulinok növelik a viszkozitást és csökkentik a folyadék szivárgását a habból. A globulinok felületi feszültsége is kisebb, ami különösen a habzás kezdeti fázisában jelent segítséget. A kisebb felületi feszültség kisebb buborékokat és simább állományt is eredményez (MACDONNELL et al., 1955).

Ennek az összetett rendszernek a habképző tulajdonságaira jól ismert módon pozitív hatással van a szacharóz (RAIKOS et al, 2007). Ugyanakkor a különböző kezelési módok és a fogyasztók által napjainkban igényelt édesítőszeres együttes hatása viszonylag ismeretlen terület.

## 2.5. Tojásban, tojástermékekben bekövetkező változások vizsgálata

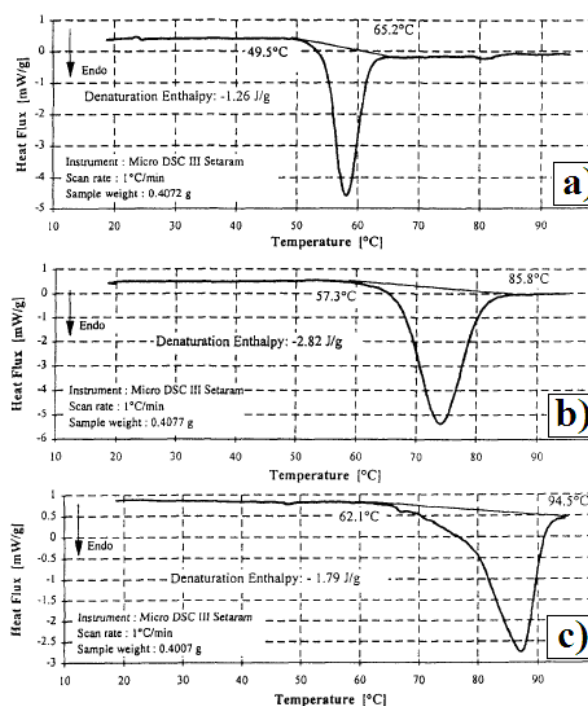
A tojásban, tojástermékekben tárolás, hőkezelés során bekövetkező változások vizsgálatára számos mérési módszert alkalmaznak, mint például a DSC (Differential scanning calorimetry) és a NIRS (Near-infrared spectroscopy) módszereket is.

### 2.5.1. Tojásban bekövetkező változások vizsgálata DSC módszerrel

A dinamikus kaloriméterek ideális eszközök különböző anyagokban lejátszódó hőeffektussal járó folyamatok gyors vizsgálatára. A mérés során a két mintatartóban elhelyezett mérendő, ill. referenciaminta hőmérséklete lineárisan növekszik az idő függvényében. A kapott jel arányos a két minta lineáris hőmérsékletnövekedéséhez szükséges teljesítmények különbségével. Ily módon, ha a mérendő mintában hőelnyeléssel vagy hőleadással járó folyamat játszódik le, a kimenő jelen egy pozitív vagy negatív csúcsot kapunk.

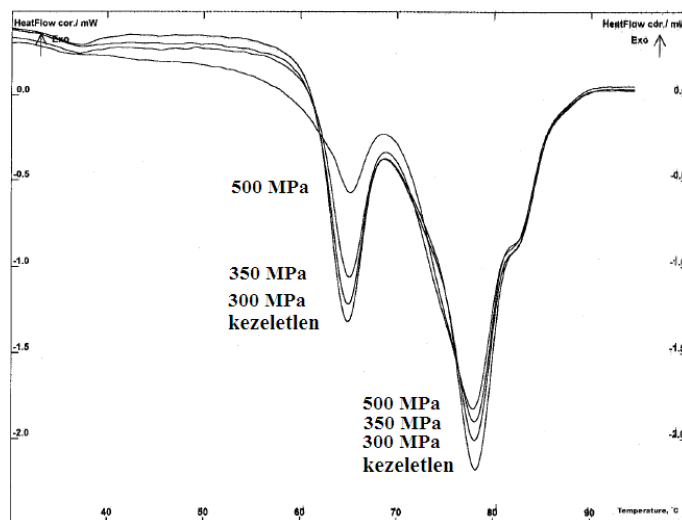
Tehát a DSC módszer alkalmas a tojásfehérje hődenaturációjának tanulmányozására, mely során elsősorban a denaturáció entalpiájának ( $\Delta H_d$ ), kezdeti-, csúcs-, és vég hőmérsékletének meghatározását teszi lehetővé a tojásfehérje és annak egyes komponensei esetében. Így alkalmas arra, hogy mennyiségi információkat szolgáltatson (DONOVAN et al., 1975).

Például a tojásfehérje egyes frakcióinak szétválasztása után, az egyes frakciók kalorimetrikus görbéi (12. ábra) néhány jelentősebb frakcióról mennyiségi információkat adnak, melyek elég pontosak és koherensek a frakciók jellemezéséhez (FERREIRA et al., 1997).



12. ábra. Tojásfehérjéből szeparált konalbumin (a), lizozim (b) és ovalbumin (c) fehérjék termogramjai (FERREIRA et al., 1997)

A DSC módszer alkalmas a különböző paraméterek mellett végzett kezelések denaturációs hatásának vizsgálatára is. Így például hőkezelést alkalmazó, ill. hőkezelést nem alkalmazó élelmiszer feldolgozási technikák (például nagy hidrosztatikai nyomás – UHP) fehérjedenaturációt kiváltó hatása is sikeresen vizsgálható vele (13. ábra; ANDRÁSSY et al., 2006).



**13. ábra. Nagynyomású készülékkel 300, 350, 500 MPa-on kezelt ill. kezeletlen tojásfehérje-levek termogramjai (ANDRÁSSY et al., 2006)**

### 2.5.2. Tojásban bekövetkező változások vizsgálata NIR módszerrel

A NIR technika a minta és az infravörös fotonok kölcsönhatását használja fel: a fénykvantum hatására a molekulák rezgési és forgási állapotai gerjesztődnek, eközben a fotonok egy része visszaverődik (reflexió). A spektrum a szerves molekulák különböző hullámhosszaknál történő fényabszorpciójának eredményeképp jön létre (CIURCZAK,1992). A NIR technikának számos előnye van:

1. A spektrumok komplex információk hordozói, és így több összetevő egyidejű meghatározására adnak lehetőséget,
2. A minták fő kémiai alkotóelemein túl lehetőség nyílik azok minor komponenseinek (pl. pigment), valamint fizikai jellemzők (pl. részecskeméret, keménység) becslésére is,
3. A mérés időigénye jelentősen lecsökken a klasszikus kémiai módszerekhez képest. A minta állapotáról szinte azonnal információ kapható,
4. A minta-előkészítés olyan mértékben egyszerűsödik, hogy a mérés a mintavétel helyszínén is elvégezhető,
5. A vizsgálat roncsolásmentes, nagyon kismértékű a mintába lejátszódó folyamatokba történő beavatkozás, így alkalom nyílnak fiziológiai folyamatok nyomonkövetésére, ill. élő rendszerek vizsgálatára,
6. Vegyszert, reagenst nem igényel, környezetbarát.

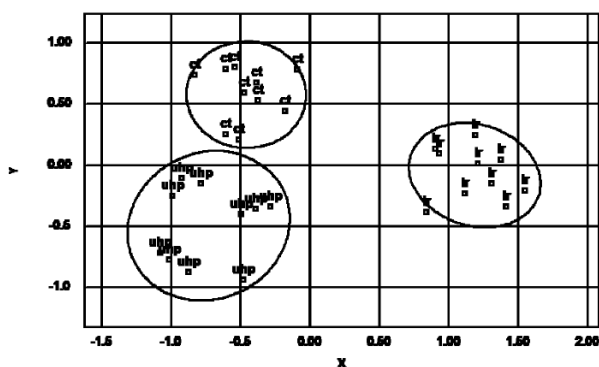
A NIR módszer előnyös tulajdonságait tojások esetén főként az egész tojások frissességének meghatározásánál és a héj épségének vizsgálatánál lehet hasznosítani.

A tojás frissességének értékelésére használt leggyakoribb kvantitatív paraméter a légüreg magassága, amit a tojás súlya és a tárolás relatív páratartalma befolyásol (HIDALGO et al., 1995). A friss tojás tulajdonságai az öregedés során megváltoznak, amit a tárolási hőmérséklet és a környezeti körülmények egyaránt befolyásolnak (LUCISANO et al., 1996). A tárolás során jól ismert fizikai és kémiai változások mennek végbe, amelyet az okoz, hogy a héj pórusain keresztül távozik a tojásból a CO<sub>2</sub>, ami a viszkozus tojásfehérje folyósódását és a tojásfehérje pH értékének növekedését okozza (HILL & HALL, 1980). A fehérje kémhatását az oldott CO<sub>2</sub>, bikarbonát-ionok, karbonát-ionok és fehérjék egyensúlya határozza meg.

Több olyan új kémiai mutatót is megvizsgáltak, amelyek a tojások tárolása során változnak, és alkalmasak lehetnek a héjas tojás frissességének jellemzésére. Ilyen kémiai mutató az uridin és a piroglutaminsav koncentrációjának meghatározása. Ennek növekedése a tojásfehérjében és sárgájában a tojások tárolása során azok tárolási hőmérsékletétől függ. A furozint,  $\epsilon$ -N-(2-furoilmetil-L-lizin)-t, a Maillard-reakció egyik indikátorát is felhasználták a héjas tojás frissességének mutatójaként. A Maillard-reakció kezdeti szakaszában Amadori-termékek képződnek a redukáló cukrokból és fehérjékből. Ezeknek a termékeknek a képződése csökkenti a tojás tápértékét, mert így csökken a végtermékben lévő lizin biohasznosulása, ahogy az a tejnél is megfigyelhető (ERBERSDOBLER et al., 1987). Mivel az egész tojásban a lizin 0,82%, a glükóz pedig 0,34% koncentrációban van jelen (COTTERILL & GLAUERT, 1979), a Maillard-reakció végbe mehet a héjas tojás öregedése során. Így a furozint, amely a Maillard-reakció egyik terméke, sikeresen használták a tojás frissességének vizsgálatára. Igazolták, hogy a héjas tojás frissessége az ekvivalens tojás életkor formájában kifejezhető a furanozin, mint referenciamutató felhasználásával. Továbbá beszámolnak arról, hogy a friss tojásokban a furanozin-tartalom jól reprodukálható és alacsony természetes variabilitást mutat, sőt független a tojás súlyától, a tyúk életkorától és a tárolás relatív páratartalmától (HIDALGO et al., 2006).

Bár ezek a módszerek hasznos információkkal szolgálnak a tojás frissességének értékelésével kapcsolatban, rendkívül kifinomult analitikai berendezéseket és azok kezelésében jártas szakembereket igényelnek; emellett időigényesek és különböző kémiai reagensek beszerzését és kezelését teszik szükségessé. A fizikai-kémiai módszerek nem elég hatékonyak annak a növekvő igénynek a kielégítéséhez, amellyel az élelmiszeriparnak lépést kell tartania. Több nem invazív és nem roncsoló műszeres technika, például a látható tartományban végzett optikai módszerek is felhasználhatóak ezeknek a követelményeknek a kielégítésére. A tojás frissességének meghatározásánál így kerül előtérbe az infravörös spektroszkópiás módszereket (DE KETELAERE et al., 2006; ABDEL-NOUR et al., 2009).





**11. ábra. Különböző módon kezelt tojásfehérje-levek minőségpontjainak elhelyezkedése az első és második főkomponens által meghatározott vetítési síkon (ANDRÁSSY et al., 2006)**

Kisebb élelmiszeripari jelentősége miatt lassabb ütemben, de folynak kísérletek NIR módszerrel a tojások, tojáslevek tartósítása során bekövetkező változások vizsgálatára is. Például a nagynyomással és besugárzással kezelt tojásfehérje-lében a kezelés hatására bekövetkezett változások, ami fehérje koagulációval is járt, egyértelműen megfigyelhetőek a NIR spektrumok kiértékelésénél (11. ábra; ANDRÁSSY et al., 2006).

### 2.5.3. Elektrofretikus módszerek

Az elektroforézisnek, mint elválasztási módszernek az az alapja, hogy a töltéssel rendelkező vegyületek az elektromos mező hatására elmozdulnak. A fehérjék amfiprotikus molekulák, ezért frakcionálásukra és szerkezetváltozásuk nyomon követésére az elektroforetikus módszerek rendkívül alkalmasak.

A Tiselius-féle, a mozgó határfelületek módszere volt történetileg az első, kidolgozott és széles körben alkalmazott elektroforetikus technika. E megoldás alapja az, hogy a részecskék vándorlása szabadon, oldatban megy végbe az elektromos erőter hatására. Tiselius többek között szérumfehérjék szétválasztását végezte el ily módon és a hordozó nélküli elektroforézis folyamán a fehérjék vándorlását Schlieren-optikával észlelte. Az ősi eljárást hamarosan felváltották a hordozó közeget tartalmazó elektroforetikus módszerek. Kötött elektroforézisnek vagy zóna-elektroforézisnek nevezik e stabilizált elektrolittal működő technikát. Az alkalmazott számos hordozó anyag egy része inert, áramlás gátló és kizárólag hordozó szerepet játszik. Ilyenek például az üveggyapot, a szilikagél, a cellulóz és a papír. Másik csoportjuk porózus és molekulaszitaként is hatnak. Ezek közé tartozik az agaróz (bár a molekulaszita hatása csekély), a keményítő és a poliakrilamid.

A fehérjék festésére az elektroforetikus elválasztás után többféle eljárás ismert. Történelmileg a legrégebb az Amido Fekete 10B festék, amelyet még ma is széleskörűen alkalmaznak. A leggyakrabban használatos fehérje-festékek, az Amido Fekete, a Coomassie Blue R 250, és a Világító Zöld (Fast Green FCF). Az Amido Fekete 10B-nél a Coomassie Brilliant Blue R250 körülbelül háromszor olyan érzékeny, és az aminocsoportokkal elektrosztatikus kötéseket képez, míg a fehérjék nem-poláros részeivel nem-kovalens kötéseket alkot.

Az élelmiszeranalitika területén az elektroforetikus módszerek gyakran használatosak növényi, állati fehérjék és peptidek vizsgálatában, izolálásában, jellemzésében, valamint tisztításában. Az elektroforézis alkalmas az idegen fehérjék kimutatására, élelmiszerek fehérje-összetételének meghatározására, a fehérjeszerkezetet befolyásoló tényezők hatásának vizsgálatára (HAJÓS, 1993).

### 3. Célkitűzések

Az irodalmi áttekintésben bemutattam a nemzetközi kutatások eredményein keresztül a tojás, és ezáltal a tojásból készülő tojástermékek táplálkozásélettani jelentőségét. Irodalmi adatokkal igazoltam, hogy bár az utóbbi években számos negatív hang megkérdőjelezte a tojás helyét az egészséges étrendben, számtalan pozitív tulajdonsága akár mindennapos fogyasztását is indokolja. Továbbá a tojásértékes tápanyagtartalma, emészthetősége alkalmassá teszi arra a tojást, hogy terápiás jellegű és diétás étrendek fontos alapanyaga legyen.

A héjas tojás felhasználhatósága a tojást alapanyagként felhasználó élelmiszeripari üzemek (tésztagyárak, kekszgyárak, tojáslikőr előállítók, stb.), cukrászdák, hidegkonyhák nagyüzemi konyhák számára a fekáliásan szennyezett héj körülményes tisztítása, fertőtlenítése és eltávolítása miatt csak nehezen kivitelezhető, így egyre nagyobb mennyiségben használnak fel tojáspor-, ill. technológiához kész tojáslé-termékeket. A tojáspor-, és tojáslé-termékek további előnye az élelmiszerbiztonsági, gazdasági szempontok és a könnyebb felhasználhatóság mellett, hogy amennyiben a felhasználónak csak tojásfehérjére, ill. tojássárgájára van szüksége, azt külön-külön is megrendelheti.

Bemutattam, hogy napjainkban hogyan állítják elő a tojástermékeket. Ismertettem a hőkezelésükre vonatkozó nemzetközi javaslatokat. Bemutattam, hogy a tojástermékek előállítása során figyelembe veendő fehérjék milyen körülmények között denaturálódnak, ill. hogy a tojásban esetlegesen előforduló patogén mikrobák elöléséhez minimálisan milyen mértékű és időtartalmú hőkezelés szükséges.

Bemutattam, hogy a legnagyobb mennyiségben használt tojáslé-termékek eltarthatósága tartósítószer adagolása és aszeptikus csomagolás használata nélkül 0-5°C-on is rövid, ami miatt számos kutatás folyt és folyik a jelenlegi technológiai lépések fejlesztésére és kiváltására hosszabban eltartható tojáslé-termékek előállítása érdekében. Bemutattam a tojás pasztörözésére vonatkozó 1990 óta közzétett szabadalmakat. Az ezekben ismertetett eljárások közül több a tojáslevek nyersen (még pasztörözetlen formában) történő dobozása utáni hőkezelésével kerüli el a pasztörözés utáni utófertőződés esélyét.

Irodalmi példákkal ismertettem a hősokk hatását. A baktériumok fokozott hőrezisztenciájának kialakulásának fokozott az esélye a dobozott tojáslevek alacsony hőmérsékletű kezelésekor. Ugyanis a szokásos méretű kiserelésbe csomagolt (1 liter) tojáslevek hőkezelése esetén, amennyiben levegő a hőt közvetítő közeg (ez dobozott terméknél a doboz anyaga miatt valószínűsíthető), ill. ha a kiserelés eleve nagy (20 l) a tojáslé lassan veszi fel a kívánt kezelési hőmérsékletet. Egyes baktériumok megnövelik

hőtűrésüket, amikor a maximális növekedési hőmérsékletük feletti, mérsékelten megemelt hőmérsékletnek vannak bizonyos ideig kitéve. Így amennyiben a kezelés során hosszabb időt tölt a tojáslé az irodalomban szereplő 35-48°C tartományban, számolni lehet a benne lévő egyes mikrobák fokozott hőrezisztenciájára.

Különös veszélyt hordozhat egyes patogén mikrobák (*Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*) hőrezisztenciájának növekedése. Ráadásul az újszerű, kíméletes hőmérsékletű kezelést alkalmazó tojáslé-tartósítási eljárásoknál a baktériumok hőtűrő képességének növekedésnek veszélyességét tovább fokozza, hogy a hőkezelés bár hosszú ideig (több óra) is tarthat, a konalbumin koaguláció megelőzésének érdekében viszonylag alacsony hőmérsékleten, 57°C alatt.

Megemlítettem, hogy a pasztörözési hőmérséklet körüli hőkezelés is kifejthet hősokk-választ. Ennek gyártástechnológiai jelentősége van, ugyanis amennyiben a pasztörözés hatására megnövekedik a tojáslemben lévő mikrobák hőrezisztenciája, úgy a már pasztörözött, dobozolt levek nem kezelhetők hőntartással. Ebben az esetben párhuzamos gyártóvonal kiépítése szükséges (törő és dobozoló géppel), nem csupán egy kiegészítő hőntartó terem telepítése, melyben a pasztörözött tojáslevek kivánt mennyiséget utókezelhetnek.

A tojáslé-termékek mikrobiológiai stabilitása mellett fontos, hogy funkcionális tulajdonságaik is megfelelőek legyenek. A tojásfehérje legfontosabb funkcionális tulajdonsága a habképző-, és habtartó képesség. Bemutattam a habképződés és habtartóság elméletét és feltételeit, valamint a különböző tojásfehérjék szerepét a habképződésben. A tojásfehérjéből vert habra ismert módon pozitív hatással van a szacharóz, ugyanakkor további ismeretekre van szükség a különböző kezelési módok és édesítőszeres együttes hatásának megismerésére.

Irodalmi példákkal bemutattam, hogy számos kutatás foglalkozott már a tojásfehérjében bekövetkező változások vizsgálatára, például DSC illetve NIR módszerekkel. Ezekkel a módszerekkel kimutatható, ha a fehérjék kezelés hatására denaturálódnak, így megfelelőek lehetnek a hőntartás során a mintákban esetlegesen bekövetkező változások vizsgálatára.

Ismertettem a tojásfeldolgozó üzemek számára felhasználható tartósító szereket. Ismert tény, hogy a tojáslé-termékek eltarthatósági ideje jelentősen meghosszabbítható alkalmazásukkal. Ugyanakkor keveset tudunk arról, hogy amennyiben a dobozolás előtt a nyers tojáslehez adagolunk citromsavat, Na-benzoátot, K-szorbátot, azok hogyan befolyásolják a tojáslé hőérzékeny alkotóinak hőstabilitását, mivel ezeket a tartósító szereket a már hőkezelt tojáslevekhez adagolják.

A tojáslevek összetételüknél fogva jelentősen eltérnek egymástól mind felhasználásukban, mind a velük szemben támasztott követelmények szempontjából. Célkitűzésimet ez is meghatározta. Például a mikrobiológiai vizsgálatoknál a legnagyobb mennyiségben előállított és a mikrobák szaporodásához leginkább megfelelő összetételű teljes-tojáslé vizsgálatára fektettem a hangsúlyt, míg hőkezelés hatására bekövetkező változásokat főként a tojásfehérjében vizsgáltam.

A szakirodalmi ismeretek alapján a következő kérdésre kerestem a választ:

1. A tojáslé-termékek fehérjedenaturáló határhőmérsékleten mikrobiológiailag stabillá tehetőek-e hosszú idejű hőkezeléssel?
2. A tojáslevek csomagoló anyagban, kíméletes hőmérsékleten történő hőkezelésének *Salmonella*-szám csökkentő hatékonyságára hatással van-e a tojáslevek előzetes pasztörözése?
3. Amennyiben a hűtött teljes-tojáslé 1 – 1,5 óra alatt veszi fel a kezelési hőmérsékletet mekkora a *Salmonella* spp. tizedelési ideje 55°C-on? Ez egyezik-e az irodalmi adatokkal? Az összetételükből adódóan igazolható-e a különbség a *Salmonella* hőrezisztenciájában a tojásfehérje-, tojássárgája-lé és teljes tojáslé mintákban?
4. A legnagyobb mennyiségben használt tojáslé-termékben, a teljes tojáslében hogyan változik a *Salmonella* Enteritidis, az *Escherichia coli*, a *Listeria monocytogenes* és a *Staphylococcus aureus* tizedelési ideje a felmelegítési sebesség és a hőkezelési hőmérséklet függvényében?
5. A különböző tartósítási eljárások és édesítőszeres befolyásolják-e a tojásfehérje habképző képességét és a hab stabilitását?
6. Igazolható-e DSC és NIR módszerrel, hogy nincs 50 – 55°C-os hosszú ideig tartó hőtartás során kalorimetrikus, szerkezeti változás a tojásfehérjében?
7. Amennyiben a tartósítószereket még hőkezelés előtt a nyers tojáslevekhez hozzáadjuk, azok befolyásolják-e a hőérzékeny frakciók hőstabilitását?

## 4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

### 4.1. Pasztörözés hatása a *Salmonella* tizedelési idejére

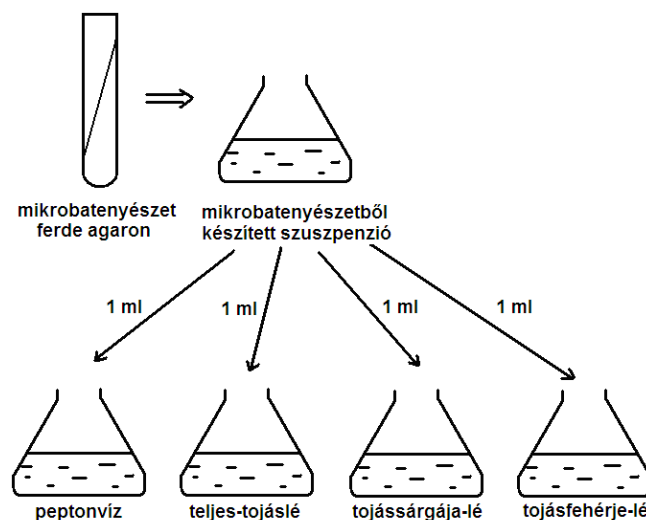
#### 4.1.1. Anyagok

##### 4.1.1.1. Tojáslé minták

A mérésekhez szükséges minták a Capriovus Kft. (Szigetcsép, Magyarország) tojásfeldolgozó üzeméből származtak. Pasztörözetlen, de homogenizált teljes-tojáslé, fehérjelé ill. sárgájálé mintákat használtam fel. A tojáslé mintákat mindig a kísérleteket megelőző napon, a hűntartásos vizsgálatok előtt kb. 10-12 órával vettem a gyártó vonalról és a mérésekig 4°C-on hűtőszekrényben tároltam.

##### 4.1.1.2. Mikrobák és eltartásuk

Méréseim során külföldről beszerzett tojástermékből izolált és azonosított *Salmonella* izolátumot, valamint *Salmonella enterica subsp. enterica*, serotype Enteritidis NCAIM B2052 törzset használtam. A 4.1.1 és 4.2.1. fejezetekben említett tojáslevek fertőzésére felhasznált mikrobákat (a *Salmonella* izolátumot leszámítva) a Mezőgazdasági és Ipari Mikroorganizmusok Nemzeti Gyűjteményéből



14. ábra. Peptonvizi ill. tojáslé-termékek fertőzése *Salmonella*-val

(National Collection of Agricultural and Industrial Microorganisms = NCAIM) szereztem be.

Az adott *Salmonella* sp. 24 órás húslé agaros ferde tenyészetéről steril vízzel inokulumot készítettem, úgy, hogy két kacsnyi mennyiséget vittem a tenyészetekről 10-10 ml steril vízbe, majd ezek 1-1 ml-ével oltottam be a tojáslé-minták és a peptonvizi 100-100 ml-ét (14. ábra). Ezzel az eljárással a különböző mintákkal nagyjából hasonló,  $10^6$ - $10^7$  CFU/ml nagyságrendű kiindulási csíraszámokkal dolgozhattam. A mikrobákat 4°C-os tojáslé-mintákba oltottam. Az inokulummal megfertőztem 3-3 párhuzamos tojásfehérje-lé, tojássárgája-lé, teljes-tojáslé és peptonvizi (dehidratált kész tápközeg, melyet a gyártó utasítása szerint desztillált vízzel rehidratáltam és autoklávban 121°C-on 0,5 bar túlnyomáson 15 percig sterilizáltam) minta 100-100 ml-ét.

##### 4.1.1.3. Tápközégek, segédanyagok

###### Húslé agar

Baktériumok eltartásához valamint lemezöntéses élőcsíraszám meghatározásához alkalmazható táptalaj.

Húslé agar összetétele (g/liter):

húskivonat (Biolab) 3,0; pepton (Biolab) 5,0; glükóz 5,0; nátrium-klorid 0,5; agar-agar 18,0.

#### Pufferolt peptonvíz (Merck)

Dehidratált, kész tápközeg, melyet a gyártó utasítása szerint desztillált vízzel rehidratáltam és autoklávban 121°C-on 0,5 bar túlnyomáson 15 percig sterilizáltam. Igényes baktériumok (mint pl. enterobaktériumok) gyors szaporításához alkalmas tápoldat.

#### Steril víz

Csapvizet adagoltam 9 ml-enként kémcsövekbe, melyeket autoklávban 0,5 bar túlnyomáson 15 percig sterilizáltam. Minták hígításához és baktérium szuszpenziók készítéséhez használtam.

#### Tápközégek *Salmonella* baktériumok kimutatásához

##### *Bizmut-szulfitos szelektív tápagar összetétele (Merck)*

Szalmonellák szelektív kimutatására alkalmas portáptalaj. Rehidratálás és a benne található agar-agar felolvasztása után steril Petri-csészékbe kiöntve azonnal felhasználható, a lemezek 4°C-on hűtőszekrényben 1-2 hétig eltarthatók.

##### *XLD szelektív tápagar összetétele (Merck)*

Szalmonellák szelektív kimutatására alkalmas portáptalaj. Rehidratálás és a benne található agar-agar felolvasztása után steril Petri-csészékbe kiöntve azonnal felhasználható, a lemezek 4°C-on hűtőszekrényben 1-2 hétig eltarthatók (15. ábra).



**15. ábra. *Salmonella* Enteritidis telepek XLD szelektív tápagon (www.merck.hu)**

##### *BPL szelektív tápagar összetétele (Merck)*

Szalmonellák szelektív kimutatására alkalmas portáptalaj. Rehidratálás és a benne található agar-agar felolvasztása után steril Petri-csészékbe kiöntve azonnal felhasználható, a lemezek 4°C-on hűtőszekrényben 1-2 hétig eltarthatók.

#### **4.1.2. A minták kezelése és vizsgálata**

Mint azt a 4.1.1. fejezetben említettem, 100 ml mennyiségű mintákat használtam. Ezeket befertőzés után vékony üvegfalú edényekbe helyeztem. Azért választottam a 100 ml-es kiszerezést, mert az előzetes kísérletek alapján az 55°C-os légterű termosztátban (alkalmazott termosztát: Labor-Mix LP-102 típusú laboratóriumi termosztát szekrény, melynek köpenye glicerinnel van feltöltve) az ilyen mennyiségű minta vette fel a kezelési hőmérsékletet a kívánt sebességgel, 1,5-3 óra alatt. A kezelés során 3 óránként a minták 1-1 ml-éből tizedelő hígítási sort készítettem steril vízzel, majd húslé agaros lemezöntéssel

meghatároztam a minták mikrobaszámát. Az lemezeket 37°C-on 48 órán keresztül inkubáltam, majd telepszámláló segítségével megszámláltam a kinőtt telepeket.

Az előkíséretek során a termosztát légterének és a tojáslé-termékek hőmérsékletének mérésére Testo 454 típusú mérőműszert és hozzá tartozó szoftvert használtam. A tojáslé-minták maghőmérsékletét, valamint a levegővel érintkező felületéhez közel eső „kérégekben” (üvegfaltól számított 5 mm távolságban) mért hőmérsékletét vizsgáltam. A 100 ml-es minták hőmérsékletét 6 órán keresztül vizsgáltam, melynek eredményei a 11. táblázatban láthatóak.

**11. táblázat. A minták és a légtér hőmérsékletének változása**

| Idő<br>(perc) | Minták hőmérséklete (°C) |          |                |          |                 |          | légtér |
|---------------|--------------------------|----------|----------------|----------|-----------------|----------|--------|
|               | tojásfehérje-lé          |          | teljes-tojáslé |          | tojássárgája-lé |          |        |
|               | T(mag)                   | T(kéreg) | T(mag)         | T(kéreg) | T(mag)          | T(kéreg) |        |
| 0             | 4,0                      | 4,4      | 4,0            | 4,3      | 4               | 4,2      | 45,3   |
| 10            | 22,3                     | 25,2     | 21,4           | 23,8     | 19,6            | 22,6     | 53,6   |
| 20            | 36,2                     | 39,8     | 34,6           | 37,7     | 33,8            | 36,5     | 54,8   |
| 30            | 43,3                     | 46,2     | 41,4           | 44,7     | 39,7            | 42,5     | 55,1   |
| 40            | 46,9                     | 49,3     | 44,8           | 47,3     | 43,8            | 46,7     | 55,0   |
| 50            | 49,9                     | 51,7     | 48,2           | 50,3     | 47,0            | 49,8     | 55,1   |
| 60            | 51,8                     | 53,9     | 50,0           | 51,7     | 48,6            | 51,5     | 54,8   |
| 70            | 54,2                     | 55,0     | 52,2           | 53,0     | 49,8            | 52,4     | 55,0   |
| 80            | 54,5                     | 54,8     | 53,3           | 53,9     | 51,7            | 52,9     | 54,6   |
| 90            | 54,8                     | 55,0     | 53,6           | 54,1     | 52,4            | 53,1     | 55,2   |
| 120           | 55,0                     | 55,2     | 54,2           | 54,7     | 53,9            | 54,3     | 55,1   |
| 150           | 55,1                     | 55,0     | 54,9           | 55,1     | 54,9            | 54,9     | 54,9   |
| 180           | 54,9                     | 54,9     | 55,0           | 55,0     | 55,0            | 54,9     | 54,8   |
| 240           | 55,1                     | 55,0     | 55,0           | 55,0     | 55,0            | 55,0     | 54,9   |
| 300           | 55,1                     | 55,0     | 55,1           | 55,1     | 55,1            | 55,1     | 55,2   |
| 360           | 54,8                     | 54,8     | 54,9           | 54,9     | 55,0            | 54,9     | 54,7   |

Az előkíséretek során mikrobiológiai vizsgálatokat is végeztem. Méréseimből kiderült, hogy a 6 órás vizsgálat után is viszonylag nagy számban maradnak túlélő szalmonellák a minták többségében (tojássárgájában és teljes tojáslében 2 nagyságrendnyi *Salmonella*-szám csökkenést sem tudtam kimutatni). Így kísérleteim során a mintákban 3 óránként vizsgáltam az élőcsíraszámot. Tizedelő hígítási sort készítettem steril vízzel (3 párhuzamos mérést végeztem), és minden hígítás 1-1 ml-éből a fent említett szelektív tápközegek mindegyikével lemezt öntöttem, azonban míg az XLD táptalaj esetében 3 párhuzamossal dolgoztam, a BPL és a bizmut-szulfitos szelektív tápagarokat mérési eredményeim megerősítése céljából alkalmaztam. A lemezeket 37°C-on 48 órát inkubáltam, majd telepszámláló segítségével megszámláltam a kinőtt telepeket.

Az előzetes pasztörözés szimulálására a fertőzött minták egy részét 10 percig 58°C-os áramoltatott vízű vízfürdőben tartottam (a minta maghőmérséklete a kezelés 4. percében érte el az 58°C-ot), majd csapvízzel szobahőmérsékletűre visszahűtöttem. A mintákat ezt követően 12 órán át hűtve (4°C) tároltam. Ezt követően a minták kezelése és vizsgálata az előzetes hőkezelésnek nem kitett mintákkal azonos módon történt.



## 4.2. *S. Enteritidis*, *E. coli*, *L. monocytogenes* és *S. aureus* hőrezisztenciája a felmelegítési idő és a kezelési hőmérséklet függvényében

### 4.2.1. Anyagok

A méréshez felhasznált mintákat - homogenizált teljes-tojáslé - a mérést megelőző estén vettem a Capriovus Kft. tojásfeldolgozó üzem gyártóvonaláról. A homogenizált, de még hőkezeletlen mintákat a mérések megkezdéséig hűtőszekrényben tároltam (4°C), hasonlóan a 4.1. fejezetben leírtakhoz.

Méréseim során a teljes-tojáslé mintákat mesterségesen fertőztem *Escherichia coli*-val, *Salmonella enterica subsp. enterica serotype Enteritidis* (NCAIM B2052, továbbiakban *S. Enteritidis*, tojástermékből izolálták), *Escherichia coli* (ismeretlen eredetű, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszékén laboratóriumi gyakorlatokhoz használt, rendszeresen azonosított törzs), *Listeria monocytogenes* (NCAIM B1371, hazai baromfiből izolálták), valamint *Staphylococcus aureus subsp. aureus* (NCAIM B2278, humán fertőzésből izolálták) friss tenyészetével.

A *L. monocytogenes*-t Brain Heart agaron, a többi baktériumot Nutrient agaron tartottam fenn, és felhasználásig 4°C-on hűtőszekrényben tároltam. A mérésekhez az adott törzs 37°C-on elszaporított 24 órás ferde agaros tenyészetét használtam fel. A baktériumok 24 órás Brain Heart/Nutrient agaros ferde tenyészetéről steril vízzel kb.  $10^8$ - $10^9$  CFU/ml koncentrációjú inokulumot készítettem, melynek 1-1 ml-ével oltottam be az előzőleg alaposan homogenizált teljes-tojáslé minták 100-100-ml-ét.

#### Tápközegek a baktériumok kimutatásához

Azokkal a mikrobákkal, melyek pusztuláskinetikáját vizsgálni akartam, olyan mértékben fertőztem meg a teljes-tojáslevet, hogy azok élőcsíraszama a tojáslében lévő természetesen előforduló baktériumok számának többszörösét tegye ki. Így amennyiben a baktérium táptalajigénye nem kívánt mást (*Listeria monocytogenes* esetében Brain Heart agar), összes élőcsíraszám kimutatására alkalmas táptalajjal dolgozhattam. Ezek a következők voltak:

#### *Nutrient agar*

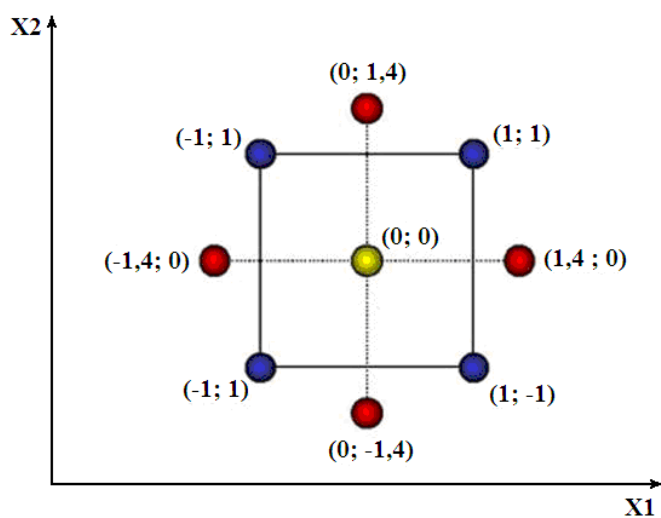
Az enterobaktériumok (*E. coli* és *Salmonella* E.) és a *S. aureus* fenntartásához, valamint ezen baktériumok lemezöntéses élőcsíraszám meghatározásához alkalmazott, dextrózt, élesztőkivonatot, triptont, szervesetlen sókat és a tápközeg megszilárdításához agar-agart tartalmazó táptalaj (LabM Ltd. Lancashire BL9 6AS, UK).

### Brain Heart agar

A *L. monocytogenes* fenntartásához, valamint ennél a baktériumnál a lemezöntéses élőcsíraszám meghatározásához alkalmazott, sertés agy-szív kivonatot, triptont, glükózt és nátrium sókat, valamint a tápközeg megszilárdításához agar-agart tartalmazó táptalaj (LabM Ltd. Lancashire BL9 6AS, UK).

#### 4.2.2. Kísérlet felépítése

A mesterségesen fertőzött, 4°C-os teljes-tojásleveket szabályozható hőmérsékletű keverős termosztátba helyeztem (LAUDA Ecoline 003 laboratóriumi mini ultratermosztát (típus: E100)). Ezt követően a mintákat lineárisan melegítettem 1,0–5,1°C/perc sebességgel 50,1–54,9°C hőmérsékletre, majd az adott hőmérsékleten tartva, 20 percen keresztül 5 percenkénti mintavétellel mértem az élőcsíraszám változását.



16. ábra. Központi összetett rotációs elrendezésű kísérletterv felépítése

Kísérletemben a központi összetett rotációs elrendezésű kísérlettervet (Central Composite Design – CCD; BOX & DRAPER, 1987) használtam (16. ábra). Az egyes változók (felmelegítési sebesség, hőtartási hőmérséklet) a tizedelési időre (D-érték) gyakorolt hatásának elemzéséhez a választó-felület módszert (RSM) használtam. A kísérlet felépítését és a faktorok szintjeit a 12.

és 13. táblázat mutatja be. Ennek a kísérleti megközelítésnek a fő előnye, hogy kevesebb kísérletet kell elvégezni, hogy statisztikailag elfogadható eredményekhez elegendő információhoz jussunk. A közelítéshez a másodfokú polinomiális modell alapján kapott válaszfelületet használtam. A kísérleteket véletlenszerű sorrendben végeztem el, az adatokat pedig The Unscrambler v 9.1 (CAMO PROCESS AS, OSLO, Norway) szoftver segítségével elemeztem. A jelen vizsgálatban használt másodfokú polinomiális modell általános formájában kettő X változó szerepelt:

$$Y = \beta_{11} + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} \cdot X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (1)$$

amely lineáris kifejezéseket  $X_1$ ,  $X_2$ , és négyzetes kifejezéseket  $X_1^2$ ,  $X_2^2$  tartalmaz. Az  $X_1$  változó a kezelési hőmérsékletet, az  $X_2$  a felmelegítési sebességet jelenti. Az Y modellezendő

független változó. A  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_{11}$ ,  $\beta_{22}$ ,  $\beta_{12}$  kifejezések a modell regressziós együtthatói (17. táblázat).

Az egyes tesztekben alkalmazott felmelegítési sebesség és a hozzá tartozó hőkezelési hőmérsékletek a 13. táblázatban szerepelnek.

**12. táblázat. A kísérleti terv felépítése és a faktorok szintje kódolt értékekkel**

| változó  | Kódolt faktor | -1,4142 | -1   | 0    | +1   | +1,4142 |
|--|---------------|---------|------|------|------|---------|
| Kezelési hőmérséklet (°C)                      | X1            | 50,1    | 50,8 | 52,5 | 54,2 | 54,9    |
| Felmelegítési sebesség (°C·min <sup>-1</sup> ) | X2            | 1,0     | 1,6  | 3,1  | 4,5  | 5,1     |

**13. táblázat. A kísérlet felépítése és a faktorok szintje (%) tényleges értékekkel**

| Teszt | A faktorok tényleges értéke |                                 |
|-------|-----------------------------|---------------------------------|
|       | Kezelési hőmérséklet (°C)   | Felmelegítési sebesség (°C/min) |
| 1     | 52,5                        | 1,0                             |
| 2     | 52,5                        | 5,1                             |
| 3     | 50,1                        | 3,1                             |
| 4     | 54,9                        | 3,1                             |
| 5     | 50,8                        | 1,6                             |
| 6     | 50,8                        | 4,5                             |
| 7     | 54,2                        | 1,6                             |
| 8     | 54,2                        | 4,5                             |
| 9     | 52,5                        | 3,1                             |
| 10    | 52,5                        | 3,1                             |
| 11    | 52,5                        | 3,1                             |

#### 4.2.3. Élőcsíraszám meghatározása

A lineáris felmelegítési szakaszt követően, kezelési hőmérséklet elérése után közvetlenül vettem először mitát, majd ezt követően 5 percenként vizsgáltam az élőcsíraszám változását.

A mintákból tizedelő hígítási sort készítettem steril vízzel, majd Brain Heart/Nutrient agaros lemezöntéssel meghatároztam a minták mikrobaszámát. A lemezeket 37°C-on 48 órán keresztül inkubáltam, majd telepszámláló segítségével megszámláltam a kinőtt telepeket.

### 4.3. Tojásfehérje habok stabilitásának vizsgálata

#### 4.3.1. Habstabilitás vizsgálatánál felhasznált anyagok

Négy féle tojásfehérje termékeket használtam (a minták szintén a Capriovus Kft. szigetcsépi telephelyéről származtak):

- nyers tojásfehérje-levet (homogenizált tojásfehérje-lé): NYL;
- tojásfehérjeport (Porlasztva szárított tojásfehérje-lé): TP;
- kíméletesen hőkezelt tojáslevet (55°C-on 24 óráig hűtött nyers tojásfehérje-lé): KL;
- pasztörözött tojásfehérje-levet (66°C-on kb. 4 percig hőkezelt homogenizált tojásfehérje-lé): PL.

Három **édesítőanyagot** vizsgáltam:

- szacharózt;
- frukto-oligoszaharid szirupot (Frutalose® L85 Sensus, 4700 BH Roosendaal, The Netherlands),
- isosweet 111-et: (42% fruktóz – 58% glükóz szirup, KUK-Hungária Kft.)

(Izoglükózsirup: nagy fruktóz- és glükóztartalmú, legalább 90 DE-értékű édesítésre használt keményítő hidrolizátumok, amelyek édesítőképesége eléri, illetve meghaladja a szacharózét)

**Adalékanyagok:**

- CMC: (Újvilág MGÉSz, Abony, Magyarország),
- kereskedelmi forgalomban kapható étkezési citromsav.

A tojásfehérje termékek és édesítőanyagok kombinálásával kézi habverő segítségével 12 tojáshabot állítottam elő: 83,5 g tojásfehérje lé, 93 g szacharóz, 1,5 g CMC, 1,4 g citromsav, 235 g isosweet, és 200 g édesítőanyag (szacharóz, frukto-oligoszaharid szirup vagy isisweet) felhasználásával. Első lépésként a tojásfehérjeport feloldottam meleg csapvízben. Miután egyenletesen elkeveredett, kézi habverővel elkezdtem felhabosítani a tojás fehérjéjét. Keverés közben hozzáadtam a kimért kristálycukrot és citromsavat, majd az egészet szinte teljesen keményre vertem. Ezután a cukorszirupot adtam hozzá a készülő habhoz, amely isosweethez hozzáadott cukorból, fruktóz szirupból vagy további isosweet-ből állt. Minden esetben ügyeltem arra, hogy a habhoz adott cukorszirup refrakciója 80%-os legyen. A habverést tovább folytattam, miközben utolsó lépésként hozzáadtam a CMC. állományjavító adalékanyagot, amelytől láthatóan gyorsan szilárdabb állagú hab keletkezett. Mindegyik habmintát eszerint a recept alapján készítettem el, de a nyers tojásleából, kíméletesen hőkezelt tojásleából és pasztörözött tojásleából készült mintákhoz nem adtam vizet.

Az így elkészített minták habstabilitását és állományát tanulmányoztam, majd az 5 legjobb habból érzékszervi vizsgálatot végeztem.

A reológiai vizsgálatokhoz a tojásfehérje termékeket használtam, továbbá a fenti kombinációk szerint mintaoldatot készítettem 86 g édesítősanyag és 14 g tojásfehérje termék felhasználásával.

#### **4.3.2. Módszerek**

##### 4.3.2.1. Reológiai vizsgálat

A reológiai méréseket Physica MCR 51 (Anton Paar Hungary) rotációs viszkoziméterrel, CC 27 (27 mm átmérőjű henger) mérőtestből és ST 24 -2V-2V-2D mérőfejből álló mérőrendszerrel végeztem el (17. ábra). A mintaoldatok folyásgörbéjét: 100–1000 1/mp deformációsebesség mellett vettem fel, 20°C hőmérsékleten. Minden folyásgörbén 20 pontot vettem fel, a mérés időtartama 80 másodperc volt. Minden mintát három párhuzamos méréssel mértem.

##### 4.3.2.2. Habstabilitás vizsgálat

A frissen elkészített habokat 50 ml-es mérőhengerekbe töltöttem (18. ábra) és szobahőmérsékleten 18 napig tároltam. Naponta leolvastam, hogy a mérőhenger alján hány ml folyadék gyűlt össze. A folyadékszintet a tárolási idő függvényében ábrázolva felvettem az egyes termékek ún. „léveszteségi” görbéit.



**17. ábra. Rotációs és oszcillációs viszkoziméter (MCR 51 Physica, Anton-Paar)**



**18. ábra. Tojáshabok habstabilitás vizsgálata**



**19. ábra. Állománymérő műszer (Brookfield, LFRA 4500 Texture Analyser)**

#### 4.3.2.3. Állománymérés

A tojásbabok állományát állományvizsgáló (Brookfield LFRA Texture Analyser) műszerrel (19. ábra) Probe type: TA43, 25,4 mm átmérőjű műanyag gömb mérőtesttel jellemeztem. Az adatok rögzítését és az állományprofil elemzését az TexturePro Lite v1.1 Build 4 software segítségével készítettem el.

A mérés paraméterei: Total cycles: 2 (2 rágási ciklus), Test speed: 4 mm/s, Target value: 20mm. (a próbatest úthossza a mintában)

Az állományprofil (terhelés  $\neq$ load/ az idő függvényében) alapján a keménységet (g): maximális deformáló erő az első rágási ciklus során; és az adhesiveness (gs): a termék aprításához szükséges munkát határoztam meg. Mindegyik mintából három párhuzamos mérést végeztem.

#### 4.2.3.4. Érzékszervi vizsgálat

A vizsgálat előtt a mintákat újra elkészítettem a receptúra szerint, majd a hűtve tárolás után ostyákon tálaltam. A termékeket 100 pontos rendszerben egy 23 főből álló bírálócsoporttal minősítettem. A habok állományára és ízére legfeljebb negyven pontot lehetett adni, míg az illatra és az összbenyomásra tíz-tíz pont volt adható.

### **4.4. 50, 55 és 60°C-os hőntartás során bekövetkező változások vizsgálata NIR és DSC módszerekkel**

#### **4.4.1. A mérések során felhasznált minták**

A nyers tojásfehérje-lé mintákat (származás: Capriovus Kft., Szigetcsép, Magyarország) 50, 55 és 60°C-on 24 órán át hőntartottam, és a bennük bekövetkező változásokat 3, 6, 9, 12, ill. 24 óra után vizsgáltam.

#### **4.4.2. DSC mérés során felhasznált módszerek**

A hőntartott tojásfehérje-lé minták DSC analízisét egy „MicroDSC III” típusú mikrokaloriméteren (SETARAM, Franciaország) végeztem (20. ábra). A tojáslé minták lemért tömege 500 mg  $\pm$ 0,1 mg volt, referencia oldatként desztillált vizet használtam. A méréseket az 20-95°C hőmérséklettartományban 1°C/perc fűtési sebességgel futtattam. A változások reverzibilitásának vizsgálata céljából az első felfűtés/visszahűtés ciklus után egy második fel fűtést is alkalmaztunk, azonos paraméterek mellett

A kiértékelést a készülékhez tartozó Seftsoft2000-s program segítségével végeztem.



20. ábra. MicroDSC III.

A mérőprogram két funkciót végez: egyrészt elvégzi a mérés során az adatrögzítést, majd a következő fázisban az adatok értékelését. A DSC görbék kiértékelésekor az endo- és exoterm csúcshőmérsékletek, valamint a csúcsok alakja az anyag azonosítására, míg a görbe alatti területek nagysága mennyiségi értékelésre használható fel, amelyből például az átalakulási hő számolható.

#### 4.4.3. A NIR mérések során felhasznált módszerek

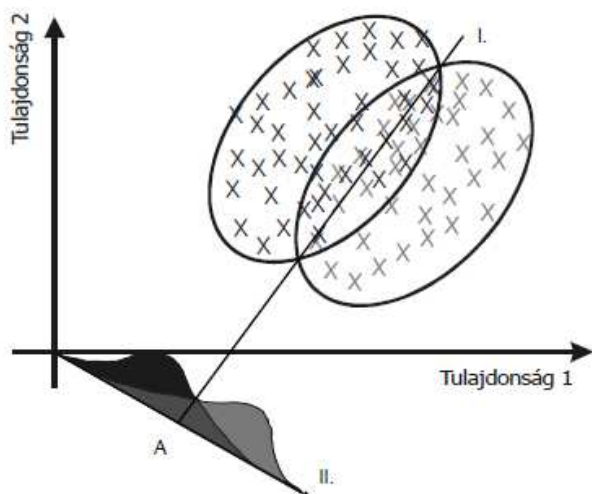
Méréseimet a MetriNIR 10-17 ST (21. ábra) típusú reflexiós készülékkel végeztem, 700-1700 nm között 2 nm kaputávolsággal. A réshomogenizátorral és keveréssel egyneműsített tojásfehérje-lé mintákat 3 független betöltéssel, 90°-os elforgatással mértem. A spektrumok kiértékelését diszkriminancia analízissel (DA, alkalmazott software: SPSS 15.0) és polár minősítő rendszerrel végeztem (PQS, alkalmazott software: PQS 1,56), (KAFFKA & SEREGÉLY, 2002).



21. ábra. METRINIR 10-17 ST

A NIR spektrumok kiértékelése során több statisztikai módszert alkalmaztam, melyeket a következőekben ismertetek röviden:

##### 4.4.3.1. Diszkriminancia analízis (Canonical Discriminant Analysis, CDA)



22. ábra. A diszkriminancia-analízis elve (DALMADI et al., 2007)

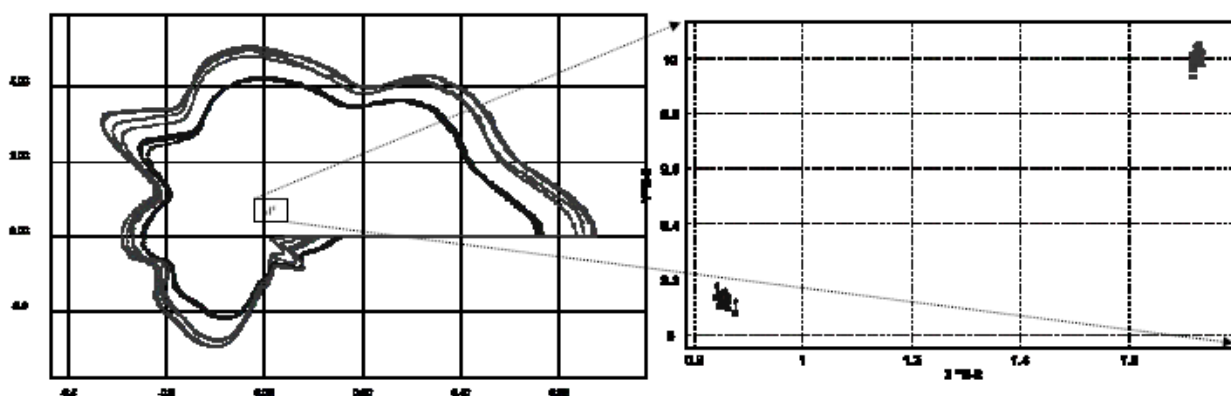
Kanonikus diszkriminancia-analízissel (Canonical Discriminant Analysis, CDA) a főkomponens elemzéssel szemben, nem a teljes varianciát, hanem a csoportok közötti varianciát maximalizáljuk, miközben a csoporton belülit minimalizáljuk. Az algoritmus a megfigyeléseket a mintatérből egy olyan diszkrimináló térbe viszi át, ahol a csoportok a lehető legjobban elkülönülnek, és kiválasztja azokat a változókat, amelyek a

csoportok különbözőségét határozottan magyarázzák. A szeperáló eljárás azokat a hiperfelületeket keresi, amelyek elválasztják egymástól a minta osztályait, feltételezve, hogy az azonos osztályokban szereplő elemek “közel”, a különböző osztályokban szereplők pedig távol helyezkednek el egymástól. A módszer lényegében a következőképpen jár el (22. ábra): a két halmazt körülvevő szórás-ellipszis metszéspontjain át egyenest (I.) fektet, majd erre az origón átmenő merőleges egyenest (II.) illeszt.

Amennyiben a pontokat a II. egyenesre vetítjük, akkor a két csoport egyváltozós eloszlása közötti átfedés kisebb lesz, mint bármilyen más egyenes esetén. Az I. egyenes segítségével osztható a minta két csoportba. Ha a szórás-ellipszisek átfednek az alkotott modell nem adja vissza az összes minta eredeti csoportba tartozását (22. ábra). A szétválasztás jósága annak alapján vizsgálható, hogy az elemek hányad részét sikerült helyesen besorolni. (DALMADI et al., 2007).

#### 4.4.3.2. Polár minősítő rendszer (PQS)

A polár minősítő rendszer (Polar Qualification System) egy geometriai elemzésen alapuló adatredukciós módszer, mellyel drasztikusan csökkenthető a változók száma (KAFFKA & SEREGÉLY, 2002). Ehhez a derékszögű koordináta-rendszerben ábrázolt spektrumot a polár koordináta-rendszerben ábrázoljuk úgy, hogy a sugár a spektrum érték, míg a szög a hullámhossz függvénye (23. ábra). Ezután meghatározzuk a polár spektrum középpontját. Néha előfordulhat, hogy a spektrumot a polár koordináta-rendszerben ábrázolva a különbségeket hordozó csúcsok 180°-ra kerülnek egymástól, gyengítve a minőségpontokra gyakorolt hatását. Ez a probléma az úgynevezett „hullámhossztartomány optimalizálással” oldható meg. Ekkor az a hullámhossztartomány kerül meghatározásra, amely a két minta közötti legjobb elkülönülést biztosítja a minták elkülönülése alapján. (DALMADI et.al. 2007).

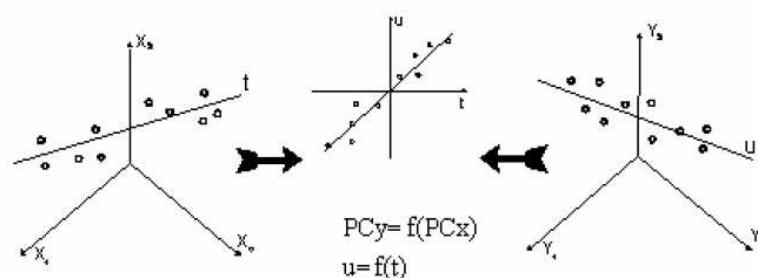


23. ábra. Polár minősítő rendszer (DALMADI et.al. 2007)



#### 4.4.3.3. Részleges Legkisebb Négyzetek módszere (PLS)

A Részleges legkisebb négyzetek módszere (*Partial Least Squares Regression, PLS*) a főkomponens-regresszióhoz hasonló módon az eredeti változókól számított látens változokkal dolgozik. Általában a PLS jobb eredményeket ad (kisebb hibát és jobb értelmezhetőséget is), de ez nem szükségszerű. A jobb eredmények oka, hogy a függő változóban (y) meglévő információt is fölhasználjuk a becslés során, egyidejűleg modellezi a független és függő változót. A modell a számított rejtett változók számának növelésével egyre nagyobb mértékben írja le az adathalmazok összefüggéseit. A PLS ezekre a változókra részleges kalibrációkat alkalmaz a variancia összegének modellezésére, amelyeket a művelet végén egy átfogó kalibrációs egyenletbe gyűjt (24. ábra). Az optimális tagszám meghatározása a PLS kalibráció része: túl kevés változó esetén a kalibráció kevés információt hordoz és nagy perdikciós hibával dolgozik, míg túl sok változó alkalmazáskor a modell túlilleszti a kalibrációs adatokat, és az így elveszti a robusztusságát, stabilitását. Az optimális tagszámot rendszerint keresztvalidálással határozzuk meg (DALMADI et al., 2007).



24. ábra. A PLS regresszió elve (DALMADI et. al., 2007)

#### 4.5. Tartósítószer hatása a tojásfehérje-lé termékek kalorimetrikus tulajdonságaira

A nyers, homogénezett tojásfehérje-, tojássárgája-lé és teljes tojáslé mintákhoz Na-benzoátot, K-szorbátot ill. citromsavat, adagoltam, majd a tojásfehérje-lé egyes frakcióiban bekövetkező kalorimetrikus állapotváltozásokat vizsgáltam.

Nátrium-benzoátot valamint kálium-szorbátot külön-külön adagoltam a mintákhoz úgy, hogy 0,1; 0,3; 0,5 g/l koncentrációjú oldatokat alakítsak ki (ezeknek a tartósítószernek 0,5 g/l a legnagyobb engedélyezett együttes koncentrációjuk tojáslevekben – 2.2.4. fejezet). Citromsavval különböző pH-értékű (5,5; 5,0; 4,5) tojáslé-mintákat készítettem.

A citromsavval történő pH beállítást CONSORT C831 típusú folyadék pH mérő segítségével végeztem. A műszert minden mérés előtt 4-es, 7-es pH-érékű puffer oldatokkal kalibráltam. A beállított tartósítószer koncentrációjú illetve pH értékű tojáslé-mintákkal végeztem el a kalorimetrikus méréseket DSC-módszerrel. A termogramok kiértékelését a 4.4.2. fejezetben leírtak szerint Seftsoft2000-s program segítségével végeztem.

## 5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### 5.1. 55°C-os csomagolóanyagban történő hőntartást megelőző hőkezelés hatása a *Salmonella* tizedelési idejére

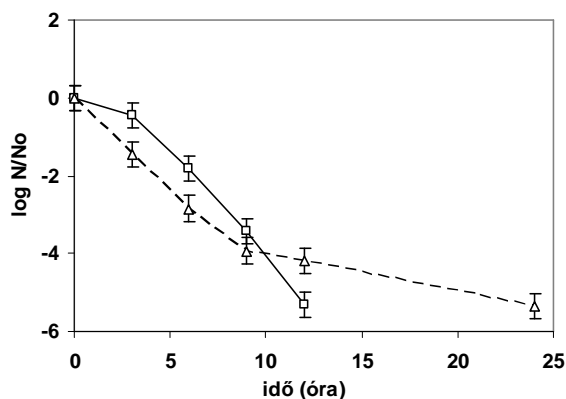
A tojásfehérje-lében, tojássárgája-lében, teljes-tojáslében, valamint a kontrollként használt peptonvízben a 24 órás hőntartás végén eltérő eredményt kaptam a pasztörözésen átesett ill. előzőleg hőkezelésnek nem kitett *Salmonella* izolatum élőcsíraszámának tekintetében. Míg az 55°C-on történő 24 órás termosztálás előtt 58°C-on hőkezelt tojássárgája-lé mintákban a 24 órás 55°C-os hőntartás után is maradt  $10^2$  nagyságrendet meghaladó élőcsíraszám, addig azokban a mintákban, melyek nem voltak előzetes pasztörözésnek kitéve, az élőcsíraszám a kimutathatósági szint alá redukálódott.

Megvizsgáltam, hogy a kezelés előtt hőkezelésnek kitett mintákban a hőrezisztencia változás a *Salmonella* izolátum tizedelési idejében is megmutatkozik-e. A kezdeti sejtszámok eltéréseinek kiküszöbölése érdekében normalizált adatok N/No értékeivel dolgoztam. A túlélési görbéket bemutató ábráimon a 3 párhuzamos mérés átlagából számított normalizált adatok logaritmusait, a  $\lg N - \lg N_0$  értékeket és azok 95%-os konfidencia-intervallumát tüntettem fel (25-28. ábra). A konfidencia-intervallumokat a  $\lg N$  alapadatok varianciaanalíziseinek maradék szórásnégyzetéből határoztam meg.

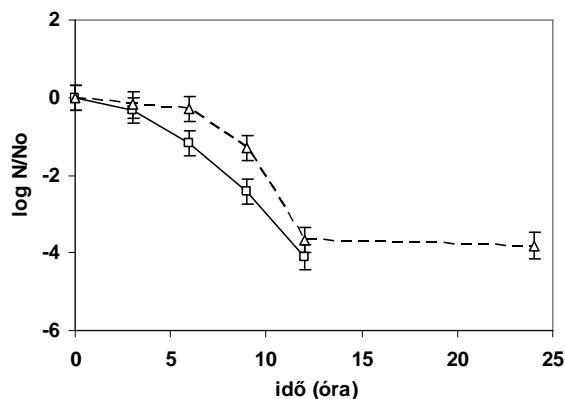
A hőpusztulási görbék meredekségének, illetve a belőlük számított tizedelőési idők számításánál a lineáris szakaszba eső pontokra egyenest illesztettem. Bár a kezelést megelőzően pasztörözés alkalmazásával ill. pasztörözés alkalmazása nélkül történő kezelés végtermékének élősejtszáma minden tojáslé-terméknél szignifikánsan eltérő volt, a lineáris szakaszban vizsgált tizedelési időben a pasztörözés hatása a *Salmonella* izolátumra tojásfehérje-lé esetében nem okozott szignifikáns különbséget (13. táblázat).

Az előzetes pasztörözést követő hőkezelésnél a *Salmonella* izolátum túlélési görbéjének lineáris szakaszának meredeksége tojássárgája-lében, teljestojás-lében és peptonvízben nem tér el szignifikánsan 0-tól (a nem-linearitás és a nagyon kis szabadsági fokok miatt), ugyanakkor a mérésekhez tartozó ábrákból (26-28. ábra) jól látszik, hogy a hőkezelés első 6 órájában 3-4 nagyságrendű élőcsíraszám csökkenés valósul meg, és csak ezt lassul le az élősejtszám csökkenés.

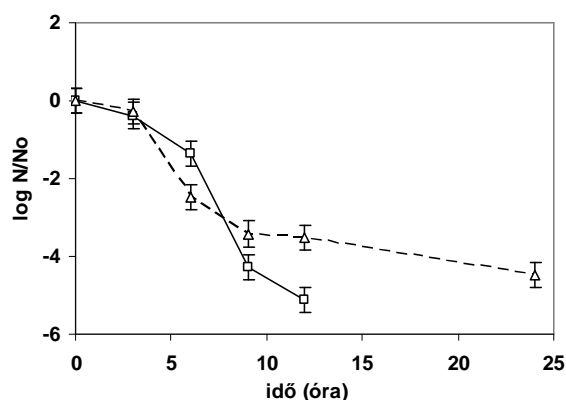
A *Salmonella* izolátum hőpusztulási görbéinek pontos statisztikai analízise a 13. táblázatban szerepel.



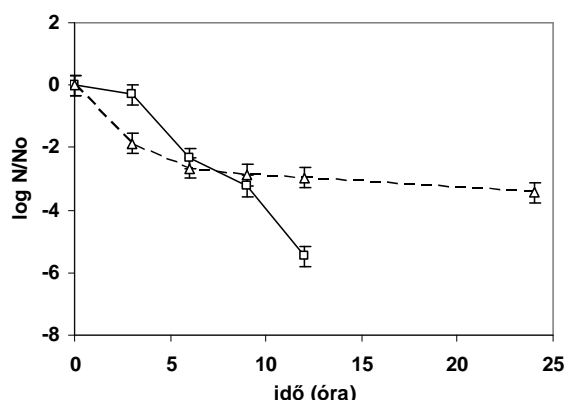
25. ábra. *Salmonella* izolátum hőpusztulása 55°C-on tojásfehérje-lében —□— pasztörözés alkalmazása nélkül, —△— pasztörözés alkalmazásával



26. ábra. *Salmonella* izolátum hőpusztulása 55°C-on tojássárgája-lében —□— pasztörözés alkalmazása nélkül, —△— pasztörözés alkalmazásával



27. ábra. *Salmonella* izolátum hőpusztulása 55°C-on teljes-tojáslében —□— pasztörözés alkalmazása nélkül, —△— pasztörözés alkalmazásával



28. ábra. *Salmonella* izolátum hőpusztulása 55°C-on peptonvízben —□— pasztörözés alkalmazása nélkül, —△— pasztörözés alkalmazásával

13. táblázat. A *Salmonella* izolátum hőpusztulási görbék statisztikai analízise

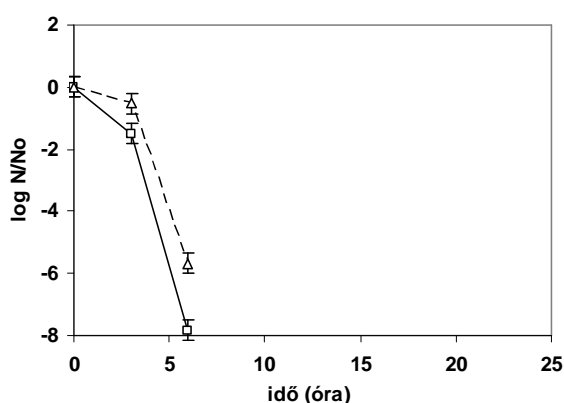
| Pasztörözés alkalmazása nélkül  |       | fehérje | sárgája | teljes  | pepton  |
|---------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| n                               |       | 4       | 4       | 4       | 4       |
| R <sup>2</sup>                  |       | 0,995   | 0,979   | 0,948   | 0,976   |
| Stand. hiba                     |       | 0,180   | 0,294   | 0,638   | 0,406   |
| tengelymetszet                  |       | 8,325   | 8,165   | 8,530   | 8,285   |
| meredekség (m)                  |       | -0,540  | -0,420  | -0,571  | -0,545  |
| konf. intervallum határai (95%) | felső | -0,424  | -0,231  | -0,162  | -0,285  |
|                                 | alsó  | -0,655  | -0,608  | -0,980  | -0,806  |
| D <sub>55</sub> (-1/m), [óra]   |       | 1,853   | 2,383   | 1,750   | 1,834   |
| konf. intervallum határai (95%) | felső | 2,358   | 4,322   | 6,158   | 3,510   |
|                                 | alsó  | 1,526   | 1,645   | 1,020   | 1,241   |
| Pasztörözés alkalmazásával      |       |         |         |         |         |
| n                               |       | 4       | 3       | 3       | 3       |
| R <sup>2</sup>                  |       | 0,996   | 0,952   | 0,951   | 0,948   |
| Stand. Hiba                     |       | 0,140   | 0,539   | 0,506   | 0,441   |
| tengelymetszet                  |       | 5,897   | 9,300   | 7,060   | 5,800   |
| meredekség (m)                  |       | -0,439  | -0,563* | -0,523* | -0,443* |
| konf. intervallum határai (95%) | felső | -0,350  | 1,051   | 0,993   | 0,877   |
|                                 | alsó  | -0,529  | -2,177  | -2,039  | -1,764  |
| D <sub>55</sub> (-1/m), [óra]   |       | 2,276   | 1,775*  | 1,911*  | 2,256*  |
| konf. intervallum határai (95%) | felső | 2,860   | **      | **      | **      |
|                                 | alsó  | 1,891   | 0,459   | 0,490   | 0,567   |

\* nem különbözik szignifikánsan 0-tól, \*\* nem értelmezhető

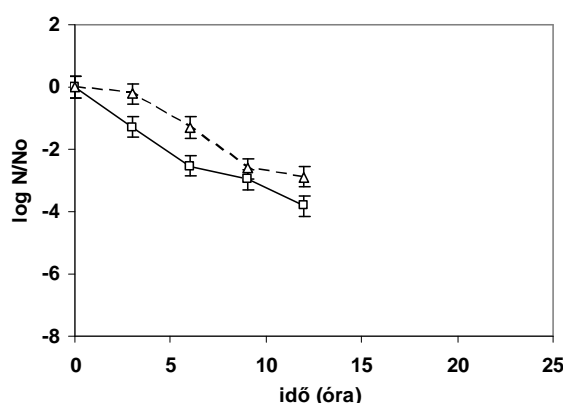
*Salmonella enterica subsp. enterica, serotype* Enteritidis NCAIM B2052 törzzsel végzett méréseimnél a 24 órás 55°C-os hőntartás végén (az előzetes pasztörözés alkalmazása esetén is) kimutathatósági szint alá csökkent az elősejtszám a tojásfehérje-lé (29. ábra), a tojássárgája-lé (30. ábra), a teljes-tojáslé (31. ábra) és a peptonvíz mintákban (32. ábra) egyaránt.

A lineáris szakasz vizsgálata alapján (14. táblázat) a tizedelődési idők között nem mutatható ki szignifikáns különbség. Ennek oka, hogy a túlélési görbék csak nagyon rövid szakaszokban közelíthetők egyenessel, s ekkor a mérési pontok kis száma miatt a meredekség nem különbözik szignifikánsan 0-tól. Ez utóbbi esetben a tizedelődési idő nem értelmezhető.

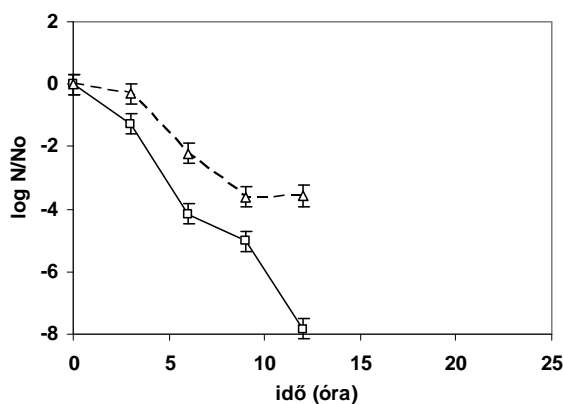
Tojásfehérje-lében pontos hőpusztulás kinetikai paramétereit nem tudtam számítani, mert a 6 (előzetes hő sokk alkalmazásával) ill. 9 (előzetes hő sokk alkalmazása nélkül) órás mintavételnél már a kimutathatósági szint alá csökkent a mintákban az élőcsíraszám, így nem állt megfelelő számú adat a rendelkezésemre.



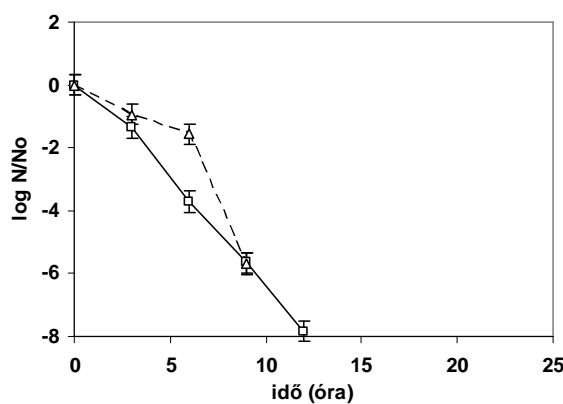
29. ábra. *Salmonella* Enteritidis hőpusztulása 55°C-on tojásfehérje-lében —□— pasztörözés alkalmazása nélkül, —△— pasztörözés alkalmazásával



30. ábra. *Salmonella* Enteritidis hőpusztulása 55°C-on tojássárgája-lében —□— pasztörözés alkalmazása nélkül, —△— pasztörözés alkalmazásával



31. ábra. *Salmonella* Enteritidis hőpusztulása 55°C-on teljes-tojáslében —□— pasztörözés alkalmazása nélkül, —△— pasztörözés alkalmazásával



32. ábra. *Salmonella* Enteritidis hőpusztulása 55°C-on peptonvízben —□— pasztörözés alkalmazása nélkül, —△— pasztörözés alkalmazásával

**14. táblázat. A *Salmonella* Enteritidis hőpusztulási görbék statisztikai analízise**

| Pasztörözés alkalmazása nélkül         |               | fehérje | sárgája          | teljes           | pepton           |
|--|---------------|---------|------------------|------------------|------------------|
| n                                      |               | 2       | 5                | 5                | 5                |
| R <sup>2</sup>                         |               |         | 0,968            | 0,976            | 0,994            |
| Stand. Hiba                            |               |         | 0,307            | 0,557            | 0,278            |
| tengelymetszet                         |               |         | 7,570            | 8,060            | 8,112            |
| meredekség (m)                         |               |         | -0,310           | -0,647           | -0,665           |
| 95%-os konfidencia-intervallum határai | felső<br>alsó |         | -0,207<br>-0,413 | -0,461<br>-0,834 | -0,572<br>-0,759 |
| D <sub>55</sub> (-1/m), [óra]          |               |         | 3,226            | 1,545            | 1,503            |
| 95%-os konfidencia-intervallum határai | felső<br>alsó |         | 4,838<br>2,424   | 2,172<br>1,199   | 1,748<br>1,318   |
| Pasztörözés alkalmazásával             |               |         |                  |                  |                  |
| n                                      |               | 2       | 3                | 3                | 3                |
| R <sup>2</sup>                         |               |         | 0,997            | 0,992            | 0,987            |
| Stand. Hiba                            |               |         | 0,094            | 0,208            | 0,127            |
| tengelymetszet                         |               |         | 6,713            | 6,930            | 5,628            |
| meredekség (m)                         |               |         | -0,402           | -0,548*          | -0,262*          |
| 95%-os konfidencia-intervallum határai | felső<br>alsó |         | -0,121<br>-0,683 | 0,075<br>-1,172  | 0,117<br>-0,641  |
| D <sub>55</sub> (-1/m), [óra]          |               |         | 2,489            | 1,824            | 3,821            |
| 95%-os konfidencia-intervallum határai | felső<br>alsó |         | 8,299<br>1,465   | **<br>0,853      | **<br>1,561      |

\* nem különbözik szignifikánsan 0-tól, \*\* nem értelmezhető

A pasztörözés alkalmazásnak ill. alkalmazásának hiányának hatásán kívül eredményeimből megfigyelhető, hogy a különböző tojásle-termékekben eltérő a mikrobák hőpusztulásának sebessége. A méréseim alapján megállapítható, hogy a legtöbb esetben a tojásfehérjében történt a leggyorsabb mikrobapusztulás. Irodalmi áttekintésben is közöltek szerint a tojásfehérje lében számos olyan fehérje található, melyek csökkentik a mikrobaszámot ill. gátolja azok növekedését. Ilyen a lizozim (PARK et al., 2006), amely a Gram-pozitív baktériumok sejtfalát képes oldani, avidin (ELO et al, 1980), ami képes megkötni a biotint (ezzel főként a Gram(-) mikrobák szaporodását gátolja), a konalbumin (IBRAHIM et al., 2000): Fe<sup>2+</sup> megkötésére képes (szintén főként a Gram(-) mikrobák szaporodását gátolja). Továbbá a tojásfehérje pH-ja 9 körüli, melyen a tojást szennyező baktériumok többsége nem tud szaporodni (BOARD & FULLER, 1974). A tojássárgája lecitin-tartalma azonban, méréseimmel összhangban, csökkenti a hőkezelés hatékonyságát. Ennek köszönhetően a méréseim többségében tojás-termékek közül a tojássárgájában következett be a leglassabb mikrobapusztulás (CHHABRA et al., 2002).

Megfigyelhető továbbá a mérési eredményeimből, hogy a vizsgált szalmonellák tizedelési ideje jóval meghaladta az általában mért értékeket. Míg a *Salmonella* spp. folyékony élelmiszerekben (pl.: tej, tojáslevek) mért tizedelési ideje 55°C-on (D<sub>55</sub>-érték) egy összefoglaló tanulmány szerint 3,5-4,0 perc közötti (SÖRQVIST, 2003), mérésim alapján a D<sub>55</sub>-érték minden tojásle-mintában meghaladta a 70 percet (15. táblázat).

**15. táblázat. *Salmonella* spp. D<sub>55</sub>-értékére kapott eredményeim összehasonlítása az irodalmi adatokkal**

| Minta   | Salmonella spp. D <sub>55</sub> -értékének |  |                |
|---|--|--|----------------|
|   | Átlaga, [perc]                             | 95%-os konfidencia intervallumának határai, [perc] |                |
| folyadékok (SÖRQVIST, 2003)   | 3,7  | 3,5 – 4,0 (1,1 – 12,9)*                            |                |
| teljes tojáslé ( <i>Salmonella</i> Senftenberg; ALVAREZ et al., 2006)     | 11,31                                      | 11,07 – 11,55                                      |                |
| teljes tojáslé ( <i>Salmonella</i> Enteritidis; ALVAREZ et al., 2006)     | 7,04                                       | 7,01 – 7,07  |                |
| Tojássárgája-lé ( <i>Salmonella</i> . Enteritidis, HUMPHREY et al., 1990) | 21,0                                       | 19,5 – 22,5  |                |
| Tojásfehérje-lé ( <i>Salmonella</i> . Enteritidis, HUMPHREY et al., 1990) | 1,5  | 1,3 – 1,7  |                |
| Saját eredmények**  | tojásfehérje-lé ( <i>S.</i> izolátum)      | 111,2  | 91,6 – 141,5   |
|   | tojássárgája-lé ( <i>S.</i> Enteritidis)   | 193,6  | 145,4 – 290,3  |
|   | teljes tojáslé ( <i>S.</i> Enteritidis)    | 92,7   | 71,9 – 130,6   |
|   | peptonvíz ( <i>S.</i> Enteritidis)         | 90,2   | 79,08 – 104,88 |

\*kivételes esetekben előforduló értékek, \*\* előzetesen nem pasztörözött termékekben

Összegzésként elmondhatom, hogy meghatározva az élőcsíraszámok időbeli csökkenését, megállapítottam, hogy a csomagolást követő, 55°C-os hőntartást megelőző pasztörözés megnövelheti a *Salmonella* spp. hőtoleranciáját. Ez a jelenség azonban nem mindig jelentkezik szignifikánsan.

Az előzetes pasztörözésnél sokkal jelentősebb hatása volt a minták lassú felmelegedésének. A termosztátba kerülésük után a szalmonellával fertőzött tojáslevek és a peptonvíz több mint 60 perc elteltével érték el az 55°C-os kezelési hőmérsékletet. Ez alatt a bennük lévő *Salmonella* baktériumokat feltehetőleg hősokk hatás érte, mely hőtoleranciájuk többszörösére növekedéséhez vezetett.

A hősokk-válasz ellenére kísérleteim alapján a 24 órás, 55°C-os hőntartásos kezelés a *Salmonella* spp. elölésére a szokásos tojáslé-pasztörözési eljárásnál (itt 5 nagyságrendnyit csökkenés valósul meg) eredményesebbnek bizonyult, amikor nem alkalmaztam előzetes pasztörözést. Ugyanis a különböző tojáslé mintákban a 24 órás 55°C-os hőntartás végére vizsgált baktériumok száma kimutathatósági szint alá csökkent, ha nem rendelkeztek szerzett, a sublethális hő hatására létrejövő hősokk-válaszon túli többlet hőtüro-képességgel.

## 5.2. *S. Enteritidis*, *E. coli*, *L. monocytogenes* és *S. aureus* hőrezisztenciája a felmelegítési idő és a kezelési hőmérséklet függvényében

A 16. táblázatban tüntettem fel a különböző tesztekben az egyes baktériumok tizedelési idejét. A *Salmonella* Enteritidis élőcsíraszám a különböző tesztek többségének hőntartásos szakaszában hasonlóan alakult (általában a D-érték 17 – 25 perc között változott), tehát a vizsgálati idő alatt (20 perc) 1 nagyságrend körüli *Salmonella* Enteritidis élőcsíraszám csökkenést tapasztaltam. Ez az érték azonban 54°C feletti hőmérsékleten jelentősen lecsökkent, és ezekben az esetekben 3 nagyságrend körüli élőcsíraszám csökkenést mértem a 20 perces hőntartásos szakaszban.

**16 táblázat. A vizsgált baktériumok különböző tesztekben mért tizedelési ideje**

| Teszt | S   | H    | Vizsgált mikroba D-értéke |             |                |             |                         |             |                  |              |
|-------|-----|------|---------------------------|-------------|----------------|-------------|-------------------------|-------------|------------------|--------------|
|       |     |      | <i>S. Enteritidis</i>     |             | <i>E. coli</i> |             | <i>L. monocytogenes</i> |             | <i>S. aureus</i> |              |
|       |     |      | átlag                     | Konf. (95%) | átlag          | Konf. (95%) | átlag                   | Konf. (95%) | átlag            | Konf. (95%)  |
| 1     | 1   | 52,5 | 26,3                      | 25,7 - 26,9 | 10,0           | 9,2 - 10,8  | 14,6                    | 14,1 - 15,1 | 35,0             | 30,9 - 39,1  |
| 2     | 5,1 | 52,5 | 32,7                      | 30,0 - 35,4 | 11,3           | 10,1 - 12,5 | 20,5                    | 18,8 - 22,2 | 41,0             | 36,1 - 45,9  |
| 3     | 3,1 | 50,1 | 20,8                      | 18,3 - 23,3 | 44,4           | 39,2 - 49,6 | 21,1                    | 19,8 - 22,4 | 96,2             | 86,7 - 105,7 |
| 4     | 3,1 | 54,9 | 5,9                       | 4,4 - 7,4   | 10,5           | 8,7 - 12,3  | 8,5                     | 7,9 - 9,1   | 16,2             | 15,1 - 17,3  |
| 5     | 1,6 | 50,8 | 17,6                      | 12,6 - 22,6 | 14,0           | 12,6 - 15,4 | 16,3                    | 15,3 - 17,3 | 56,8             | 48,2 - 65,4  |
| 6     | 4,5 | 50,8 | 74,6                      | 64,0 - 85,2 | 16,9           | 15,0 - 18,8 | 26,2                    | 23,4 - 29,0 | 73,5             | 62,9 - 84,1  |
| 7     | 1,6 | 54,2 | 7,7                       | 5,9 - 9,5   | 7,2            | 6,8 - 7,6   | 13,1                    | 12,5 - 13,7 | 20,0             | 18,3 - 21,7  |
| 8     | 4,5 | 54,2 | 7,0                       | 5,3 - 8,7   | 10,1           | 9,5 - 10,7  | 15,4                    | 14,7 - 16,1 | 26,3             | 22,6 - 30,0  |
| 9     | 3,1 | 52,5 | 23,0                      | 22,1 - 23,9 | 8,8            | 8,3 - 9,3   | 16,3                    | 15,6 - 16,0 | 39,2             | 35,7 - 42,7  |
| 10    | 3,1 | 52,5 | 22,6                      | 19,5 - 24,7 | 12,9           | 11,5 - 14,3 | 16,3                    | 14,8 - 17,7 | 40,3             | 37,0 - 43,6  |
| 11    | 3,1 | 52,5 | 25,9                      | 22,9 - 28,9 | 11,8           | 10,4 - 13,2 | 16,2                    | 15,5 - 16,9 | 36,0             | 32,8 - 39,2  |

S – felmelegítési sebesség (perc/°C)

H – kezelési hőmérséklet

Azokban az esetekben, amikor a vizsgálati tartomány legalacsonyabb hőmérsékletén (50,8°C) végeztem a hőntartást (6. teszt), ill. a felmelegítési sebesség kiugróan lassú volt (2. teszt), az élő mikrobaszám csökkenés alig volt kimutatható a hőpusztulás vizsgálatának időtartalma alatt.

Az *Escherichia coli* tizedelési ideje a legtöbb esetben 9 – 15 perc körüli volt a vizsgálataim során (~52-56°C). Az *E. coli* esetében kiugró eredményt a vizsgálati tartományban kizárólag szélsőségesen alacsony hőntartási hőmérséklet mellett mértem (3. teszt), ahol a 3,1 perc·°C<sup>-1</sup> felmelegítési sebességgel 50,1°C hőmérsékletűre felmelegített mintában a D<sub>50,1</sub>-érték 44,4 perc volt.

A *Listeria monocytogenes* tizedelési ideje 8,1 és 26,2 perc között viszonylag egyenletes eloszlásban változott a különböző tesztekben. A leggyorsabb élőcsíraszám csökkenést a legmagasabb kezelési hőmérsékleten (54,8°C) mértem (4. teszt), míg a

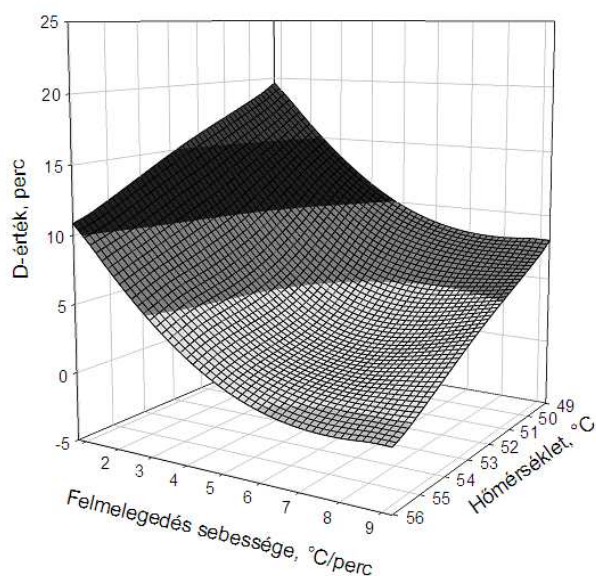
legalacsonyabbat abban az esetben, amikor a viszonylag alacsony kezelési hőmérséklet ( $50,8^{\circ}\text{C}$ ) lassú felmelegítési sebességgel ( $4,5^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ ) párosult (6. teszt).

A *Staphylococcus aureus* tizedelési ideje nagymértékben eltért a különböző tesztek során. Mint a 16. táblázatból jól látszik, a vizsgálati tartományban a D-értékre nagy hatása volt a kezelési hőmérsékletnek. Azonos felmelegítési sebesség mellett ( $3,1^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ ) míg  $54,9^{\circ}\text{C}$ -on 16,2 perc (4. teszt), addig  $50,1^{\circ}\text{C}$ -on 96,2 perc (3. teszt) volt a *Staphylococcus aureus* tizedelési ideje.

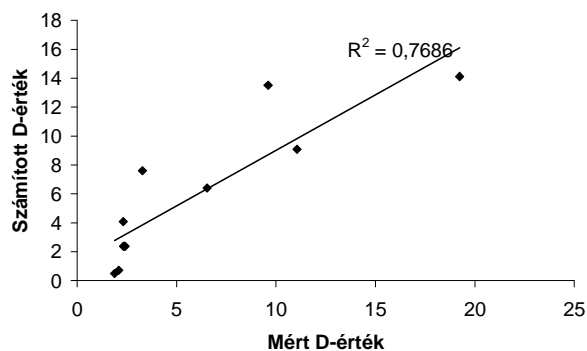
A baktériumok különböző tesztekben mért tizedelési idejének számított átlagára (16. táblázat) 3D-s modellt illesztettem.

Az 33. ábrán bemutatott modelltől leolvasható, hogy a *Salmonella* Enteritidis tizedelési ideje a hőmérséklet csökkentésével ill. a felmelegítési idő elnyújtásával növekedett. A másodfokú polinomiális modell regressziós együtthatói a kódolt egységekkel elvégzett válaszelemzéshez a 17. táblázatban olvashatóak. A táblázatban megfigyelhető, hogy a modell alapján a D-értékre a vizsgálati tartományban a hőmérsékletnek nagyobb hatása volt, mint a felmelegítési sebességnek. A hőmérsékletnek már  $p < 0,05$  szignifikancia szinten is kimutatható hatása volt a *Salmonella* Enteritidis hőrezisztenciájára, ugyanakkor alacsonyabb szignifikancia szinten ( $p < 0,15$ ) a  $1 - 5,1^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ -es tartományban a felmelegítési sebességnek is kimutatható hatása volt a *S. Enteritidis* D-értékére.

*Salmonella* Enteritidis D-érték változására kapott modell és a mért eredmények korrelációja látható a 34. ábrán. A korreláció gyengének tekinthető ( $r^2 = 0,769$ ), ugyanakkor a két változó (hőmérséklet, felmelegítési sebesség) egyértelműen hatással volt a mikroba hőpusztulására.



33. ábra. A *Salmonella* Enteritidis tizedelési idejének (D-érték) változása a kezelési hőmérséklet és a felmelegítési sebesség függvényében

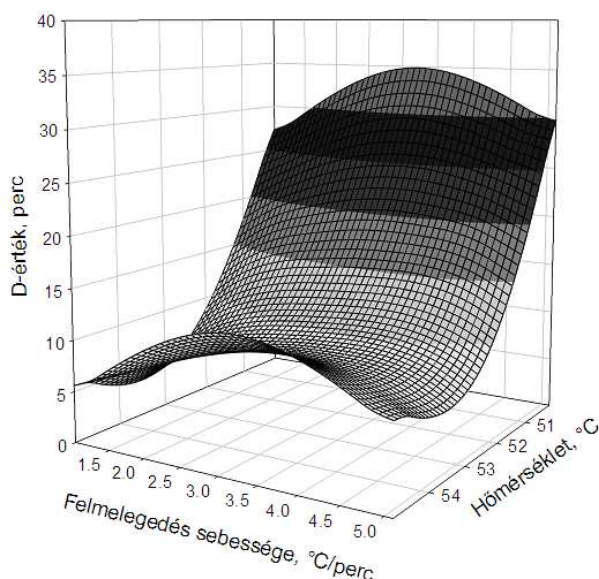


34. ábra. A *Salmonella* Enteritidis D-érték változására kapott modell és a mért eredmények korrelációja

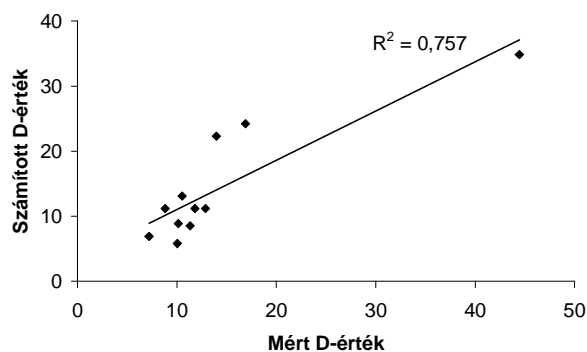


A 3D modellről (35. ábra), melyen az *Escherichia coli* tizedelési idejének változását a kezelési hőmérséklet és a felmelegítési sebesség függvényében ábrázoltuk, jól látszik, hogy az *E. coli* D-értékére a vizsgálati tartományban főként a kezelési hőmérsékletnek volt hatása. A grafikonról leolvasható, hogy míg 55 –56°C-on 5 – 10 perc körüli a D-érték, ez 51°C alatti hőmérsékleten 30 percre is növekedhet. A 17. táblázatból szintén jól látható, hogy kizárólag a hőmérsékletnek volt szignifikáns hatása ( $p < 0,05$ ) az *E. coli* tizedelési idejére.

Ugyanakkor az *Escherichia coli* hőtolerancia változását leíró modell esetében is meg kell említeni, hogy viszonylag rosszul korrelálnak a mért és számított eredmények egymással (36. ábra), mivel az  $r^2$  csupán 0,757 volt.



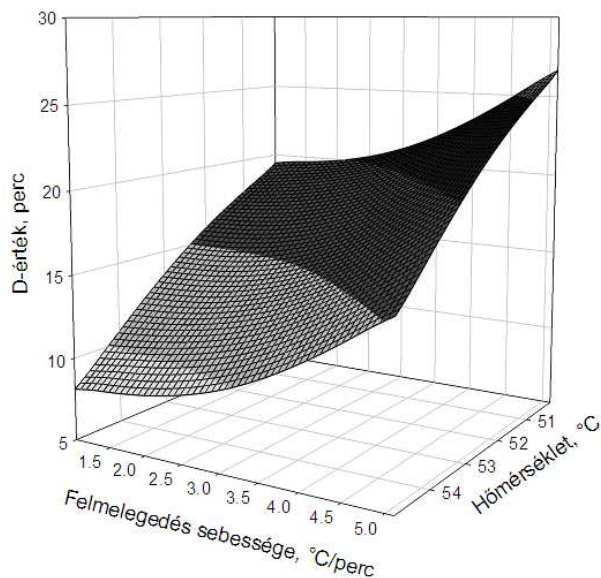
**35. ábra.** Az *Escherichia coli* tizedelési idejének (D-érték) változása a kezelési hőmérséklet és a felmelegítési sebesség függvényében



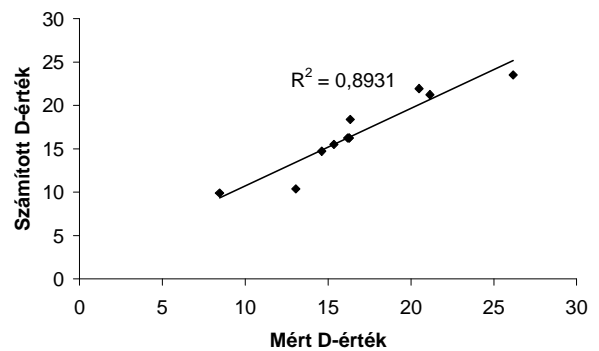
**36. ábra.** A *Escherichia coli* D-értékének változására kapott modell és a mért eredmények korrelációja

A *Listeria monocytogenes* különböző tesztekben kapott tizedelési idejeinek átlagaira illesztett 3D modell (37. ábra) alapján a *Listeria monocytogenes* hőpusztulására a mérési tartományban egyaránt szignifikánsan hatott a hőmérséklet ( $p < 0,01$ ) és a felmelegítési sebesség ( $p < 0,01$ ), valamint ezek kölcsönhatása ( $p < 0,05$ ; 17. táblázat).

A 38. ábrán látható, hogy a *Listeria monocytogenes* D-értékének változására kapott modell az *E. coli*-nál és a *S. Enteritidis*-nél kapott modellekhez képest erősebben korrelált a mért eredményekkel ( $r^2 = 0,893$ ).



37. ábra. A *Listeria monocytogenes* tizedelési idejének (D-érték) változása a kezelési hőmérséklet és a felmelegítési sebesség függvényében

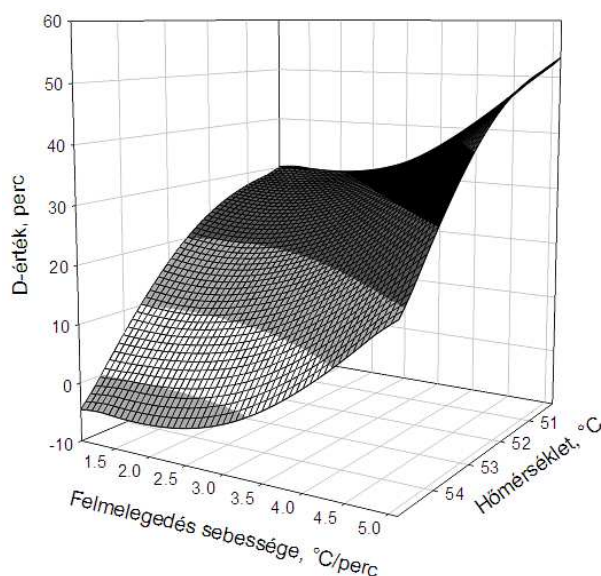


38. ábra. A *Listeria monocytogenes* D-értékének változására kapott modell és a mért eredmények korrelációja

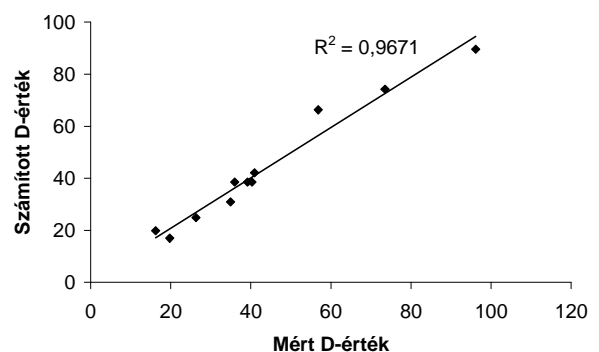
A *Staphylococcus aureus* tizedelési idejének változását a kezelési hőmérséklet és a felmelegítési sebesség függvényében ábrázoló 3D-s modell a 39. ábrán látható. A grafikonon látható, hogy kezelési hőmérséklet mellett (összhangban a 17. táblázattal) a felmelegítési sebességnek is hatása volt a *Staphylococcus aureus* hőpusztulására ( $p < 0,15$ ).

A *Staphylococcus aureus* D-értékének változására kapott modell által számított értékek korreláltak legszorosabban a számított értékekkel ( $r^2 = 0,967$ ), amit a 40. ábrán mutatok be.

A vizsgált négy mikroba D-értékeinek modellezésénél egyik esetben sem tudtam kimutatni egyértelmű kölcsönhatást a hőmérséklet és felmelegítési idő kapcsolatában (17. táblázat), tehát a hőkezelés munkánkban vizsgált két paraméter nem volt szignifikáns hatással egymásra.



39. ábra. A *Staphylococcus aureus* tizedelési idejének (D-érték) változása a kezelési hőmérséklet és a felmelegítési sebesség függvényében



40. ábra. A *Staphylococcus aureus* D-értékének változására kapott modell és a mért eredmények korrelációja

**17. táblázat. A másodfokú polinomiális modell regressziós együtthatói a kódolt egységekkel elvégzett válaszelemzéshez**

|                      | <i>S. Enteritidis</i> |                    | <i>E. coli</i>  |                    | <i>L. monocytogenes</i> |                    | <i>S. aureus</i> |                    |
|----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-------------------------|--------------------|------------------|--------------------|
|                      | $\beta$ -koeff.       | p-érték            | $\beta$ -koeff. | p-érték            | $\beta$ -koeff.         | p-érték            | $\beta$ -koeff.  | p-érték            |
| <b>Állandó</b>       | 23,83                 | 0,020 <sup>b</sup> | 11,16           | 0,043 <sup>b</sup> | 16,24                   | 0,000 <sup>a</sup> | 38,50            | 0,000 <sup>a</sup> |
| <b>H</b>             | -7,24                 | 0,036 <sup>b</sup> | -4,52           | 0,029 <sup>b</sup> | -2,36                   | 0,000 <sup>a</sup> | -14,50           | 0,000 <sup>a</sup> |
| <b>T</b>             | 5,65                  | 0,116 <sup>d</sup> | 0,67            | 0,720              | 1,76                    | 0,003 <sup>a</sup> | 2,74             | 0,103 <sup>d</sup> |
| <b>H×T</b>           | -11,53                | 0,064 <sup>c</sup> | 0,00            | 1,000              | -1,50                   | 0,035 <sup>b</sup> | -2,04            | 0,406              |
| <b>H<sup>2</sup></b> | -3,12                 | 0,481              | 5,12            | 0,088 <sup>c</sup> | -0,27                   | 0,570              | 6,48             | 0,019 <sup>b</sup> |
| <b>T<sup>2</sup></b> | 3,32                  | 0,456              | -1,60           | 0,538              | 0,84                    | 0,115 <sup>d</sup> | -0,81            | 0,689              |

H-felmelegítés sebessége (°C·min<sup>-1</sup>)                      <sup>a</sup> - p<0,01                      <sup>c</sup> - p<0,1  
T- Hőmérséklet (°C)    <sup>b</sup> - p<0,05    <sup>d</sup> - p<0,15

Eredményeim értékelésénél az irodalmi adatokkal összehangban megállapíthatjuk, hogy a vizsgált mikroba D-értékének változására mind a kezelési hőmérséklet, mind az előzetes hősok, amit kísérletemben a lassú felmelegítés jelentett, hatással volt. Továbbá a kapott tizedelési idők a hasonló mérési paraméterek között folytatott munkákban kapott tizedelési időkkel közel azonosak voltak (KUMAR & KUMAR, 2003; CEBRIÁN et al., 2009).

Az általam mért kísérletben a baktériumok 7 – 35 percet voltak kiteve a 37-43°C-os, a hőrezisztenciát leginkább befolyásoló hőmérséklet tartománynak. Míg *Listeria monocytogenes* esetében ilyen kísérleti paraméterek mellett a D<sub>56</sub>-értéket 8 – 15 percen határozta meg a modellem, addig mások vizsgálataiban a 35, 42 ill. 48°C-os 5, 15, 30 perces hősok hatására D<sub>57,8</sub>-érték 7.0 – 11,8 perc volt (BUNNING et al., 1990).

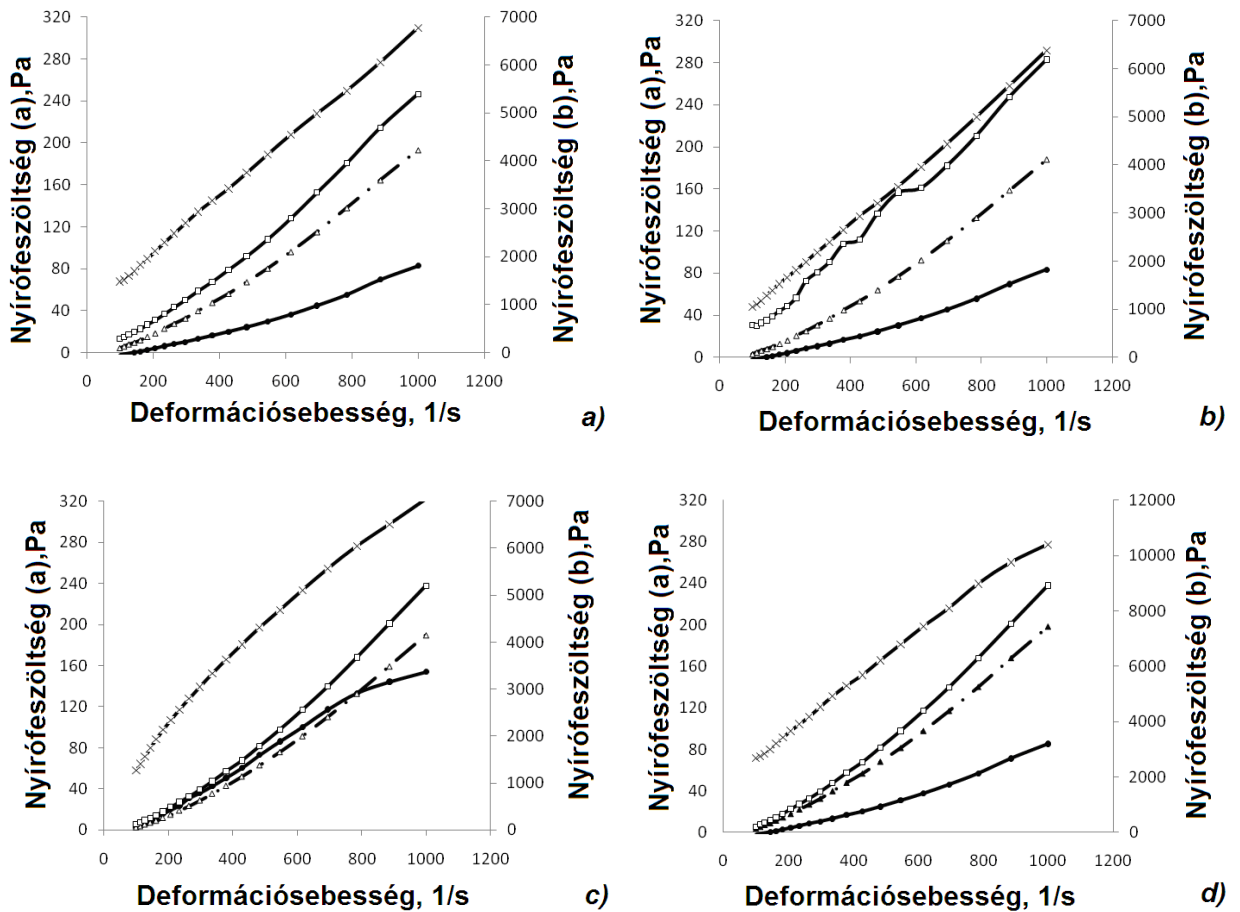
*Mérési eredményeim alapján a vizsgált mikroba (Salmonella Enteritidis, Escherichia coli, Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus) közül mindegyik tizedelési idejére szignifikáns (p<0,15) hatása volt a felmelegítési sebességnek az 1 – 5,1°C·min<sup>-1</sup> tartományban. A hőmérséklet 48,96 – 56,04°C-os tartományban egyedül a Listeria monocytogenes D-értékére nem volt szignifikáns hatással.*

*Eredményeim alapján olyan esetekben, ahol a teljes-tojáslevet viszonylag hosszú idő alatt melegítik fel a kezelési hőmérsékletre, számolni kell azzal, hogy egyes mikroba tizedelési ideje többszörösére növekedhet, amit főként alacsony kezelési hőmérsékleten kell szem előtt tartani.*

### 5.3. Különböző módon hőkezelt majd édesített tojásfehérje habok stabilitásának vizsgálata

#### 5.3.1. Reológiai vizsgálat

Rotációs viszkoziméter segítségével megvizsgáltam, hogy a különböző módon hőkezelt tojásfehérje hab stabilitására mely édesítőszer hatnak a leginkább, tehát melyik összetevő növeli legjobban a viszkozitást. A mérések elvégzése után a 41. ábrán bemutatott folyásgörbéket kaptam.



41. ábra. Tojásfehérje-porból készült minták (a); kíméletesen hőkezelt tojásfehérje-léből készült minták (b), nyers tojásfehérje-léből készült minták (c) és pasztőrözött tojásfehérje-lé minták (d) folyásgörbéi: —●—: édesítőszer hozzáadása nélkül\*, ill. —△·—: isosweet\* (glükóz-fruktóz szirup), —□—: frukto-oligoszaharid szirup\*, —×—: szaharóz\*\* hozzáadásával

\* nyírófeszültség értékek a bal oldali skáláról olvashatóak le

\*\* nyírófeszültség értékek a jobb oldali skáláról olvashatóak le

A viszkozitás növelésével a tojásfehérje habok stabilitása növelhető (STADELMAN & COTTERILL, 1995). Az édesítőanyagokkal készült tojásfehérje minták folyásgörbéi a 41. ábrán láthatók.

A tojásfehérje termékek közül a nyers tojásfehérje-lének a legnagyobb a viszkozitása, ennek az lehet az oka, hogy a benne található fehérjék szerkezete nem sérült a hőkezelés,

homogenizálás következtében. A hőkezelt tojáslevek alacsonyabb viszkozitással rendelkeznek, folyásgörbéik hasonló lefutásúak és hasonló értékeket mutatnak.

Az édesítőszer hozzáadása növelte a tojásfehérje termékek viszkozitását. Legnagyobb mértékben a szacharóz, legkisebb mértékben az isosweet adagolása növelte a viszkozitást.

A szacharózzal készített minták nyírófeszültsége 1 nagyságrenddel nagyobb, mint a többi vizsgált mintáé a deformációsebesség függvényében, tehát szacharóz hozzáadásával a viszkozitást jelentősen növelni lehet. Az isosweet-tel készített minták viszkozitása kisebb, mint más édesítőszer hozzáadásával készült mintáké.

A különböző folyásgörbékre a Herschel Bulkley modellt illesztettem, hogy a folyásgörbe paramétereit számszerűsíthessem:

$$\tau = \tau_0 + K * \dot{\gamma}^n, \text{ ahol}$$

$\tau$  = nyírófeszültség [Pa]

$\tau_0$  = folyáshatár [Pa]

K = látszólagos viszkozitás [Pa]

n = hatványkitevő, mellyel a reológia típusát tudjuk kifejezni

A Herschel-Bulkley modell alapján számolt reológiai paramétereket az 18. táblázat mutatja be. A korrelációs koefficiens értékek alapján ( $r^2 > 0.99$ ) a model minden minta esetén megfelelőnek bizonyult.

Az n hatványkitevő („power law index”) a szacharózzal készült minták esetén 1 körüli értéket mutatott, tehát a nyírófeszültség egyenletesen növekszik a deformációsebesség függvényében, a folyáshatár felett a viszkozitás állandó. A szacharózzal kombinált nyers tojásfehérje-lé n értéke kisebb, mint 1 (0,6), ami nyírásra vékonyodó („shear thinning”) reológiai viselkedést jelöl, vagyis a deformációsebesség növelésével csökken a folyásgörbe meredeksége. Ez azzal magyarázható, hogy a fehérjeláncok a nyírás irányába rendeződtek („alignment”), illetve mechanikailag sérülhettek a mérés folyamán. A többi minta n értéke 1 fölötti, tehát nyírásra vastagodó („shear thickening”), dilatáns viselkedést mutatnak. Magyarozatként szolgál, hogy ezek a minták viszonylag kevés folyadék fázist tartalmaznak. A fehérjék és a cukrok között egyre nagyobb a súrlódás, egyre nehezebb folyásra kényszeríteni a mintákat, egyre nagyobb erő kell az adott deformációsebesség fenntartásához.

Minél nagyobb a látszólagos viszkozitás („consistency”, K), várhatóan annál stabilabb a felvert tojásfehérjehab, (STADELMAN & COTTERILL, 1995). Az édesítőanyagok hozzáadása valamennyi tojásfehérje termék esetén növeli a viszkozitást. A szacharózzal készült minták

viszkozitása kiugróan magas értékeket mutatnak a többi termékhez képest, ezek közül is a legnagyobbak a nyers lével készült minta bizonyult (több mint 120000 mPas), a legkisebb viszkozitást az isosweettel készült minták mutatták.

A tojásfehérjelevek között a nyers lé bizonyult a legjobbnak, mivel a benne lévő fehérjeláncok kevésbé sérültek meg homogenizálás során, míg a pasztörözött tojásfehérje-lé minták esetében kaptuk a legrosszabb eredményt. Tehát a 55°C-on 24 órás hőntartással kezelt minta az általánosan használt pasztörözési eljárással készült tojásfehérje-lénél kedvezőbben viselkedett.

A szacharózzal készült minták folyáshatárral rendelkeznek ( $\tau_0$ ), plasztikus testként viselkednek, azaz egy bizonyos erő szükséges a folyáshatár eléréséhez. Ezzel magyarázható, hogy a habkészítésnél előbb felverik a tojásfehérjét, majd azután adják hozzá a cukrot, ellenkező esetben csak sokkal nagyobb deformáló erő hatására lehetne a levegőrészecskéket diszpergálni benne. Kivételt képez a nyers tojásfehérje-léből cukorral készült minta, amely a többi szacharózos mintától eltérően nem rendelkezett folyáshatárral.

**18. táblázat. Édesített ill. édesítés nélküli tojásfehérje termékek Hersch-Bulkley modellből számított reológiai paraméterei (átlag és szórás)**

| Minta  | $\tau_0$ (Pa)            | K (mPas)                     | n                    | $r^2$                |
|--------|--------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|
| TP.    | 0,00                     | 5,38 ( $\pm 0,89$ )          | 1,40 ( $\pm 0,02$ )  | 0,99 ( $\pm 0,001$ ) |
| TP.S.  | 747,44 ( $\pm 140,41$ )  | 10303,33 ( $\pm 6596,7$ )    | 0,94 ( $\pm 0,08$ )  | 0,99 ( $\pm 0,001$ ) |
| TP.F.  | 1,16 ( $\pm 2,69$ )      | 24,14 ( $\pm 5,43$ )         | 1,35 ( $\pm 0,01$ )  | 0,99 ( $\pm 0,001$ ) |
| TP.I.  | 0,00                     | 13,48 ( $\pm 2,07$ )         | 1,39 ( $\pm 0,02$ )  | 0,99 ( $\pm 0,00$ )  |
| KT.    | 0,00                     | 5,62 ( $\pm 2,60$ )          | 1,39 ( $\pm 0,05$ )  | 0,99 ( $\pm 0,003$ ) |
| KT.S.  | 472,35 ( $\pm 55,00$ )   | 5722,50 ( $\pm 3902,12$ )    | 1,02 ( $\pm 0,08$ )  | 0,99 ( $\pm 0,00$ )  |
| KT.F.  | 12,82 ( $\pm 0,33$ )     | 62,45 ( $\pm 4,36$ )         | 1,23 ( $\pm 0,11$ )  | 0,99 ( $\pm 1,00$ )  |
| KT.I.  | 0,00                     | 10,90 ( $\pm 0,05$ )         | 1,41 ( $\pm 0,004$ ) | 0,99 ( $\pm 0,00$ )  |
| NYL.   | 0,00                     | 72,67 ( $\pm 20,34$ )        | 1,15 ( $\pm 0,05$ )  | 0,99 ( $\pm 1,00$ )  |
| NYL.S. | 0,00                     | 122210,00 ( $\pm 13757,58$ ) | 0,60 ( $\pm 0,01$ )  | 0,99 ( $\pm 0,00$ )  |
| NYL.F. | 0,00                     | 17,08 ( $\pm 0,97$ )         | 1,42 ( $\pm 0,01$ )  | 0,99 ( $\pm 0,00$ )  |
| NYL.I. | 0,00                     | 7,87 ( $\pm 0,29$ )          | 1,47 ( $\pm 0,003$ ) | 0,99 ( $\pm 0,00$ )  |
| PL.    | 0,00                     | 4,63 ( $\pm 1,06$ )          | 1,43 ( $\pm 0,03$ )  | 0,99 ( $\pm 0,001$ ) |
| PL.S.  | 1495,86 ( $\pm 172,52$ ) | 17205,00 ( $\pm 7085,36$ )   | 0,92 ( $\pm 0,06$ )  | 0,99 ( $\pm 0,001$ ) |
| PL.F.  | 0,00                     | 11,56 ( $\pm 0,72$ )         | 1,44 ( $\pm 0,01$ )  | 0,99 ( $\pm 0,00$ )  |
| PL.I.  | 0,00                     | 11,33 ( $\pm 0,86$ )         | 1,42 ( $\pm 0,01$ )  | 0,99 ( $\pm 0,00$ )  |

TP: tojásfehérje por, KT: kéméletes hőmérsékleten hőkezelt tojásfehérje-lé, NYL: nyers tojásfehérje-lé, PL: pasztörözött tojásfehérje-lé

S: szacharóz, F: frukto-oligoszaharid szirup, I: isosweet (glükóz-fruktóz szirup),

$\tau_0$ : nyírófeszültség [Pa], K: látszólagos viszkozitás [Pa],

n: hatványkitevő, mellyel a reológia típusát tudjuk kifejezni

$R^2$ : modell korrelációja a mért értékekkel

### 5.3.2. Tojáshab stabilitása

Mivel a hab stabilitása az egyik legfontosabb tulajdonsága a hoboknak, ezért az egyes mintákat tárolási kísérletnek vettem alá, melynek során a léveszteségét és az állomány paramétereinek alakulását követtem nyomon.

A frissen elkészített tojáshabokat 50 ml-es mérőhengerbe töltöttem, 18 napon keresztül szobahőmérsékleten tároltam és naponta leolvastam, hogy hány ml levet eresztettek. A 43. ábrán az egyes tojásfehérje-lé termékekből készült habok léveszteségi görbéit mutatom be.

A folyadékszint az idő függvényében minden minta esetében monoton nőtt, kivéve a tojásporból szacharózzal készült hab esetén, amelynél folyadékszint növekedés nem volt tapasztalható a vizsgált idő alatt (42.a. ábra). A nyers tojásfehérje-léből szacharózzal valamint fruktózzal készült mintáknál a folyadékszint növekedése kb. egy hetes lappangási idő után indult meg (42.c. ábra).

Az ábrák alapján megállapítható, hogy valamennyi tojástermék esetén a szacharózzal készített habok eresztették a legkevesebb levet, kivéve a kíméletesen hőkezelt tojásléből készült habokat, amelyek közül az isosweettel készült termék bizonyult a legstabilabbnak.

A tojásfehérjepor esetében a kristálycukorból készített hab nem eresztett levet, hanem a tizenhatodik nap után összetömörödött a hab alja.

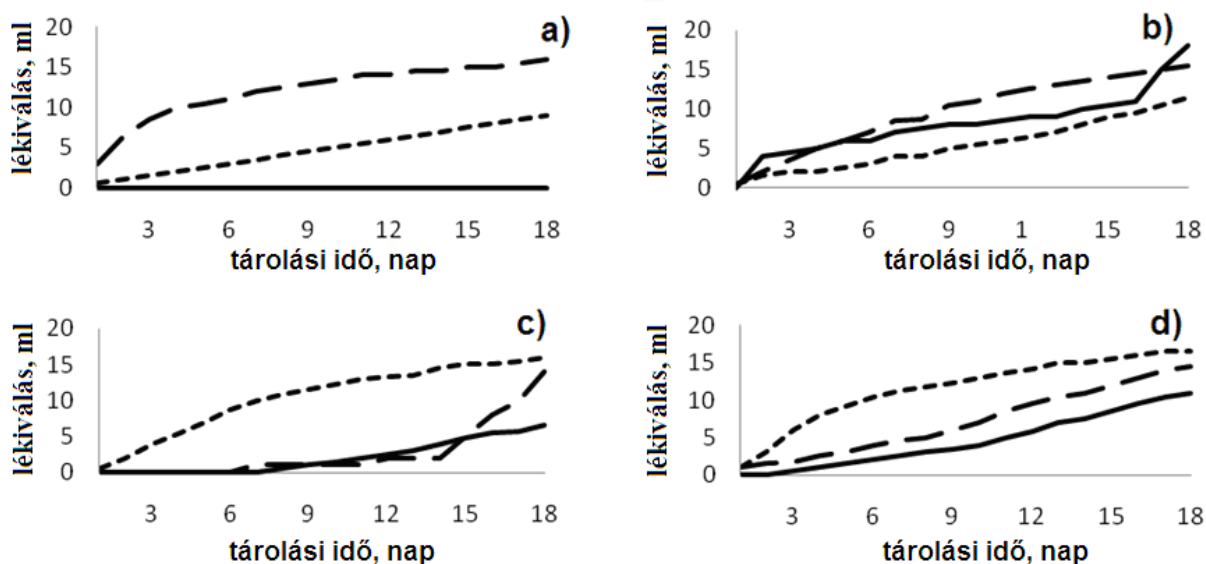
A nyers tojásléből készült minták esetén mind a szacharózzal, mind a fruktóz sziruppal készített habok kevés levet eresztettek, míg az isosweettel előállított tojáshab mindvégig sok levet eresztett.

A pasztörözött tojásléből készült minták közül szintén a kristálycukorból készített tojáshab mutatott biztató eredményeket. Észrevehető, hogy a pasztörözött tojásléből készült habok meglepően sok, a többi habnál jóval több levet eresztettek. Ezen kívül érdemes megjegyezni, hogy a szacharózból készített minta a harmadik nap után kicukrosodott, majd az ötödik nap után a tojáslével együtt egy opálos csapadék képződött. A tizenegyedik nap után az opálosság megszűnt és a cukorkristályok göcképződés hatására összeálltak egy tömbbé. A fruktózzal készített tojáshab az ötödik nap után eresztett levet, ami szintén opálos lett.

A pasztörözött tojásfehérje-léből isosweetel készített minta nagyon sok levet eresztett már az első napoktól kezdve. A hetedik nap után nagyobb méretű buborékok is megjelentek, melyek a mérés végéig csak növekedtek. Ebből arra következtetnek, hogy a hab teljesen összeesett a vizsgált időszak végére.

A 43. ábra diagramjaiból jól látszik, hogy egy bizonyos nap után a minták léeresztése megnőtt, ezt legjobban a nyers tojásfehérje-léből fruktózzal készült hab mutatja (43.c. ábra). Ennek magyarázata az lehet, hogy megemelkedett a szobahőmérséklet, ezáltal a tárolhatósági idő lecsökkent. Amennyiben hűtőben tároltam volna a mintákat, akkor feltehetően sokkal

kedvezőbb eredmények születtek volna a például a hűtés viszkozitás növelő hatása miatt (RAO, 2007). Viszont a hűtve tárolást például a négercsókok esetében, melynél nem főzött tojásfehérje habot használnak, ritkán alkalmazzák, mivel az a termék árát nagymértékben megnövelné, vizsgálataim során azonban a tojásfehérje-lé termékek gyakorlati alkalmazhatóságát kívántam vizsgálni.



42. ábra. A rehidratált tojáspor (a), kíméletesen hőkezelt tojásfehérjelé (b), nyers tojásfehérje-lé (c) és pasztörözött tojásfehérje-lé (d) —: szacharózzal, — —: frukto-oligoszaharid sziruppal, - - - -: Isosweettel (fruktóz-glüklóz sziruppal) készített habjának lékiválása szobahőmérsékletű tárolás során

### 5.3.3. Állománymérés

#### 5.3.3.1. Friss habok állománya

A 19. táblázatban a frissen készített tojásfehérjehabok állományprofilról leolvasható keménység és adhézió paraméterek értékeit mutatom be.

Az táblázatban láthatjuk, hogy mindegyik tojástermék esetén a szacharózzal készített minták mutatták a legnagyobb keménységi értékeket, majd ezt követte a fruktóz sziruppal és isosweet-tel előállított hab. Kiemelkedően magas értéket mutatott a szacharózzal készült nyers tojásfehérje (138,5 g) és rehidratált tojáspor (100,33 g) minták. Ez azzal magyarázható, hogy a nyers tojásfehérje lében a hőkezelés, illetve szárítás hiánya miatt a tojásfehérje komponenseinek funkcionális tulajdonságai nem változtak. A többi termék keménységi értékei 42,67 g és 78,5 g között voltak. Legkisebb keménységgel (30,5 g illetve 24,17 g) a pasztörözött tojás-léből készített minták rendelkeztek.

A táblázatban szereplő értékekből továbbá megállapítható, hogy a szacharózzal készített minták adhéziója a legnagyobb. A szacharózos nyers tojásfehérje-lé (-420,16 gs) és pasztörözött tojásfehérje-lé (-301,28 gs) mutatta a legjobb eredményeket. A többi minta adhéziója (-100) és (-200) gs között mozog. A legkisebb értékeket itt is a frukto-oligoszaharid



szirupos és izo sweetes rehidratált tojásfehérje-por mintákban ((-53,33) gs) ill. ((-36,84) gs) mértem. Az adhéziós értékek abszolút értékei is hasonló tendenciát követtek, mint a keménység adatai.

Az állomány mérés alapján tehát a szacharóz adagolása javítja, az isosweet adagolása rontja a tojásfehérje habok minőségét.

#### 5.3.3.2. A tojás habok keménységének változása az idő függvényében

A tojásfehérjeporból készült haboknál egy hét után voltak a legkeményebbek a minták, majd csökkenés következett be, kivéve a szacharózzal készült minták esetén, ahol a keménység értéke szignifikáns változást nem mutatott. Az 55°C-on hőntartott tojás-léből készült minták keménységértékei egyenletes növekedést mutattak.

A nyers, homogenizált tojás-léből előállított habok közül a szacharózzal készített minta különbözött a másik kettőtől. Ennél ugyanis viszonylag kemény a kiindulási hab és az értékek csökkentek, míg a másik két minta esetében a keménységi értékek a 0. naptól folyamatosan nőttek. A harmadik hét után a szacharózból készült hab maradt a legszilárdabb.

A pasztörözött tojás-léből készült haboknál az első hétig egyértelmű növekedés tapasztalható mindhárom mintánál, majd ezután az isosweet-tel előállított hab keménységértékei csökkentek, míg a másik két minta adatai továbbra is növekedtek, csak kisebb ütemben.

#### 5.3.3.3. Az adhéziós munka változása az idő függvényében

A tojásfehérje habok esetén az adhéziós munka a tárolási idő függvényében egy kezdeti növekedés után csökkenni kezd. A nyers tojás-léből szacharózzal készített hab nagyon tapadós volt frissen, majd erős csökkenés után a második héttől kezdve lassan növekedni kezdett az adhéziója. A harmadik hét után is a szacharózzal előállított minta adhéziós munka értékei maradtak a legnagyobbak.

Megfigyelhető, hogy ha az ugyanolyan tojás-léből készült minták keménységi és adhéziós értékeit összevetjük, akkor abszolút értékeik hasonló tendenciát mutatnak. A habokra jellemző tehát, hogy minél nagyobb keménységgel rendelkeznek, azaz minél szilárdabbak, annál nagyobb az adhéziós munkájuk, azaz annál tapadósabb, „ragacsosabb” állományúak. Ennek egyik oka, hogy nagy cukortartalmúak, ami növeli a tojásfehérje viszkozitását és így a habstabilitását.

**19. táblázat. A különböző toásfehérje alapanyagból és édesítőszerből előállított tojásfehérje habok keménysége és adhéziós munkája**

| Édesítőszer                                 | Tárolási idő (hét) | Keménység (g) X±SD      | Adhéziós munka (gs) X±SD | Tárolási idő (hét)                  | Keménység (g) X±SD      | Adhéziós munka (gs) X±SD |
|---|--------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| <i>Tojásfehérje por</i>                     |                    |                         |                          | <i>Nyers tojásfehérje-lé</i>        |                         |                          |
| S   | 0                  | 103 ± 2.6 <sup>a</sup>  | -301 ± 9.9 <sup>a</sup>  | 0                                   | 139 ± 1.9 <sup>a</sup>  | -420 ± 14 <sup>a</sup>   |
|   | 1                  | 99 ± 3.7 <sup>a</sup>   | -266 ± 26 <sup>a</sup>   | 1                                   | 83 ± 2.1 <sup>b</sup>   | -224 ± 11 <sup>b</sup>   |
|   | 2                  | 109 ± 3.6 <sup>a</sup>  | -254 ± 25 <sup>a</sup>   | 2                                   | 91 ± 1.1 <sup>c</sup>   | -299 ± 6.7 <sup>c</sup>  |
|   | 3                  | 92 ± 11 <sup>a,b</sup>  | -209 ± 16 <sup>a</sup>   | 3                                   | 101 ± 5.2 <sup>d</sup>  | -311 ± 12 <sup>c</sup>   |
| F   | 0                  | 54 ± 2.9 <sup>a</sup>   | -131 ± 11 <sup>a</sup>   | 0                                   | 51 ± 1.7 <sup>a</sup>   | -119 ± 7.2 <sup>a</sup>  |
|   | 1                  | 103 ± 5.5 <sup>b</sup>  | -221 ± 20 <sup>a</sup>   | 1                                   | 74 ± 3.5 <sup>b</sup>   | -212 ± 4.3 <sup>b</sup>  |
|   | 2                  | 91 ± 4.4 <sup>c</sup>   | -179 ± 1.3 <sup>a</sup>  | 2                                   | 81 ± 1.5 <sup>b</sup>   | -224 ± 14 <sup>b</sup>   |
|   | 3                  | 58 ± 7.9 <sup>d,a</sup> | -92 ± 4.0 <sup>b</sup>   | 3                                   | 81 ± 0.8 <sup>b</sup>   | -195 ± 13 <sup>b</sup>   |
| I   | 0                  | 79 ± 4.6 <sup>a</sup>   | -222 ± 25 <sup>a</sup>   | 0                                   | 42 ± 0.6 <sup>a</sup>   | -98 ± 4.3 <sup>a</sup>   |
|   | 1                  | 125 ± 8.6 <sup>b</sup>  | -409 ± 60 <sup>b</sup>   | 1                                   | 118 ± 8.6 <sup>b</sup>  | -314 ± 52 <sup>b</sup>   |
|   | 2                  | 105 ± 5.0 <sup>c</sup>  | -324 ± 60 <sup>b</sup>   | 2                                   | 87 ± 8.7 <sup>c</sup>   | -209 ± 46 <sup>b</sup>   |
|   | 3                  | 151 ± 5.7 <sup>d</sup>  | -261 ± 34 <sup>b,a</sup> | 3                                   | 82 ± 4.9 <sup>c</sup>   | -174 ± 21 <sup>b</sup>   |
| <i>Kíméletesen hőkezelt tojásfehérje-lé</i> |                    |                         |                          | <i>Pasztörözött tojásfehérje-lé</i> |                         |                          |
| S   | 0                  | 68 ± 0.6 <sup>a</sup>   | -185 ± 6.0 <sup>a</sup>  | 0                                   | 43 ± 3.7 <sup>a</sup>   | -90 ± 14 <sup>a</sup>    |
|   | 1                  | 77 ± 1.2 <sup>b</sup>   | -203 ± 22 <sup>a</sup>   | 1                                   | 83 ± 1.7 <sup>b</sup>   | -219 ± 4.4 <sup>b</sup>  |
|   | 2                  | 88 ± 2.3 <sup>c</sup>   | -235 ± 29 <sup>a</sup>   | 2                                   | 99 ± 0.7 <sup>c</sup>   | -265 ± 20 <sup>c</sup>   |
|   | 3                  | 81 ± 5.4 <sup>c</sup>   | -204 ± 35 <sup>a</sup>   | 3                                   | 106 ± 1.7 <sup>d</sup>  | -261 ± 43 <sup>c</sup>   |
| F   | 0                  | 41 ± 1.7 <sup>a</sup>   | -96 ± 8.0 <sup>a</sup>   | 0                                   | 31 ± 3.6 <sup>a</sup>   | -53 ± 13 <sup>a</sup>    |
|   | 1                  | 85 ± 0.6 <sup>b</sup>   | -244 ± 13 <sup>b</sup>   | 1                                   | 79 ± 2.1 <sup>b</sup>   | -230 ± 11 <sup>b</sup>   |
|   | 2                  | 79 ± 3.4 <sup>b</sup>   | -189 ± 17 <sup>c</sup>   | 2                                   | 83 ± 2.9 <sup>b</sup>   | -232 ± 5.7 <sup>b</sup>  |
|   | 3                  | 74 ± 9.0 <sup>b</sup>   | -167 ± 43 <sup>c,a</sup> | 3                                   | 83 ± 4.9 <sup>b</sup>   | -228 ± 13 <sup>b</sup>   |
| I   | 0                  | 45 ± 1.4 <sup>a</sup>   | -102 ± 1.8 <sup>a</sup>  | 0                                   | 24 ± 0.6 <sup>a</sup>   | -37 ± 2.7 <sup>a</sup>   |
|   | 1                  | 85 ± 0.6 <sup>b</sup>   | -244 ± 13 <sup>b</sup>   | 1                                   | 85 ± 3.1 <sup>b</sup>   | -137 ± 22 <sup>b</sup>   |
|   | 2                  | 92 ± 0.4 <sup>c</sup>   | -266 ± 5.1 <sup>b</sup>  | 2                                   | 49 ± 8.1 <sup>c</sup>   | -84 ± 6.1 <sup>c</sup>   |
|   | 3                  | 92 ± 0.4 <sup>c</sup>   | -270 ± 14 <sup>b</sup>   | 3                                   | 32 ± 7.0 <sup>c,a</sup> | -29 ± 9.7 <sup>d,a</sup> |

S: szaharóz, F: frukto-oligoszaharid szirup, I: isosweet (glükóz-fruktóz szirup),

X: átlag, SD: standard szórás

<sup>a, b, c, etc.</sup> Azonos betűk jelölik, ha nincs szignifikáns különbség (p<0,95) a jelölt és az azt megelőző minta keménysége ill. adhéziós munkája között

### 5.3.4. Érzékszervi vizsgálatok

Az élelmiszerek kiválasztásánál a fogyasztók döntését főként az érzékszervi jellemzők befolyásolják, ezért megvizsgáltam, hogy az eltarthatósági idő növelése érdekében alkalmazott technológiák, valamint a habstabilitás növelése érdekében a mintákhoz adott új összetevők az érzékszervi jellemzőket milyen mértékben befolyásolják.

Az eredmények alapján érzékszervileg nem volt szignifikáns eltérés a különböző módon kezelt és édesített minták íze, állománya és illata között, valamint kellemetlen mellékíz sem volt kimutatható.

*Megállapítottam, hogy a habstabilitás szempontjából a legjobb minta a tojásporból szacharózzal készült hab, mivel léveszteséget nem tapasztaltam a tárolási kísérletek során, és frissen készítve is szilárdabbnak bizonyult a többi vizsgált mintánál, valamint a reológiai vizsgálat során is kimagasló eredményt ért el. Különösen jó eredményeket sikerült mérni a tojásporból isosweet-tel készült minta esetében is, ahol a keménységi és adhéziós értékekben kiugróan nagy eredményeket kaptam és a léveszteség értéke is alacsony volt, bár a reológiai vizsgálat során nem mutatott kiemelkedően magas értékeket.*

*A nyers tojásfehérje-léből szacharózzal készült minta frissen készítve nagyon magas keménységi és adhéziós értékeket mutatott, és lévesztesége is kedvezőnek bizonyult. A reológiai vizsgálat során ez a minta rendelkezett a legmagasabb látszólagos viszkozitás értékkel.*

*A kíméletesen hőkezelt tojásfehérje-léből isosweet-tel és a pasztőrözött tojásfehérje-léből szacharózzal készült minták állományparaméterei nem voltak kiemelkedőek, azonban alacsony léveszteség értékeik miatt eltarthatóság szempontjából megfelelőek.*

*A pasztőrözött tojásfehérje-léből szacharózzal készült minta a reológiai vizsgálat során a legjobbnak bizonyult, ennek a terméknek volt a legbiztatóbb a folyásgörbéje.*

*Az érzékszervi vizsgálatot pontozásos módszerrel, 100 pontos rendszerben, 23 fős bírálóbizottsággal végeztem el. A bírálók véleménye alapján az egyes termékek érzékszervi tulajdonságai között szignifikáns különbség nem volt, kellemetlen mellékízt nem azonosítottak.*

*Összességében megállapítottam, hogy az 55°C-on 24 órán át hőntartott tojásfehérje-lé termék techno-funkcionális tulajdonságai cukrászati alkalmazáshoz megfelelőek.*

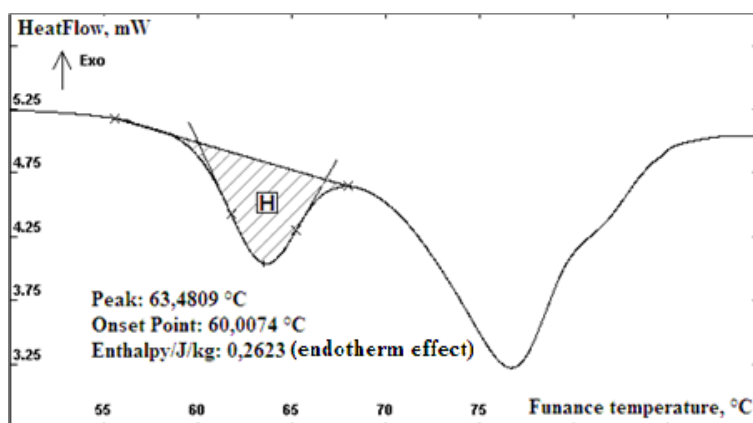
## 5.4. 50, 55 és 60°C-os hőntartás során bekövetkező változások vizsgálata DSC és NIR módszerekkel

A NIR és DSC méréseknél 50, 55 és 60°C-os hőkezelések során végeztem a méréseimet. A NIR méréseknél jól látható volt az, hogy az 50 és 55°C-os hőkezeléseknél a mérési eredményekből származó csoportok nagyon közel helyezkednek el egymáshoz, míg a 60°C-os kezeléshez tartozó csoportok jól elkülöníthetőek bizonyos hőkezelési idő után. A DSC-vel végzett mérések ugyanezeket az eredményeket támasztották alá, ezért a NIR-DSC értékek összehasonlításnál csak két hőkezelési hőmérséklethez (50 és 60°C) tartozó mérési eredményeket mutatom be.

### 5.4.1. Kalorimetrikus mérési eredmények

A tojásfehérje-lében az észlelt endoterm jelenségek jellemzően összhangban vannak a protein denaturációval. A tojásfehérje 4 fő komponens közül (konalbumin, lizozim, ovalbumin, globulinok) azonban a denaturációs pontok közelsége miatt a lizozim és a konalbumin csúcsainak egybeolvadása volt megfigyelhető (tojásfehérje első kalorimetrikus csúcsa). Mivel az általam vizsgált legmagasabb hőmérsékleten, 60°C-on is csak a konalbumin-lizozim frakciónak változott meg a kalorimetrikus állapota, így a DSC-NIR eredmények közül, valamint a eredmények összefüggésének vizsgálatánál e frakció entalpiáját vizsgáltam. Denaturációjuk 60°C-on kezdődött meg, és a denaturálódási csúcshőmérséklet 63°C környékén volt (43 ábra).

Mérési eredményeim alapján az 50 ill. 55°C-on kezelt tojásfehérje-lé minták első kalorimetrikus csúcsában mért denaturációs entalpia értékek nem változtak szignifikánsan, azonban a 60°C-on inkubált minták denaturációs entalpiája csökkent a kezelési idő növekedésével (20. táblázat). A



43. ábra. Natív tojásfehérje-lé termogramja szerinti értékelése

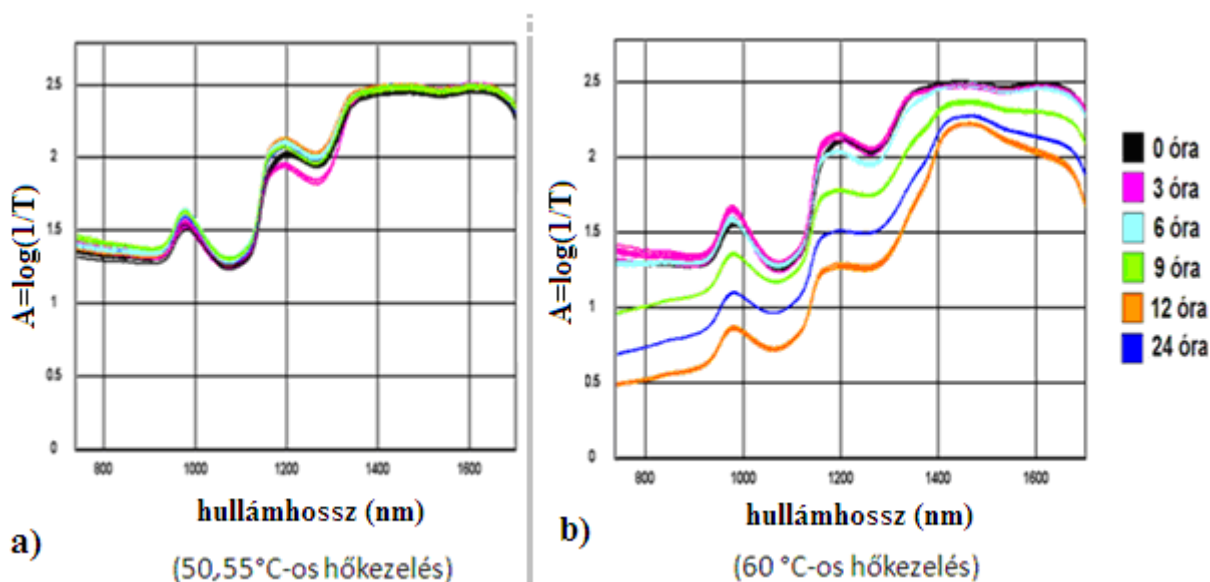
60°C-on kezelt minta konalbumin frakciójának denaturációs entalpiája már három órás hőntartás után szignifikánsan ( $P < 0,05$ ) eltért a kezeletlen mintáéhoz képest.

**20. táblázat. A konalbumin frakció denaturációs entalpiájának változása különböző hőntartási hőmérsékleteken**

| Kezelési idő,<br>óra | Konalbumin denaturációs entalpiája, J·kg <sup>-1</sup> |                       |                       |
|----------------------|--|-----------------------|-----------------------|
|                      | 50°C-os kezelés során                                  | 55°C-os kezelés során | 60°C-os kezelés során |
| 0                    | 0.29586±0.0027   | 0.29597±0.0020        | 0.29560±0.0023        |
| 3                    | 0.29648±0.0028   | 0.29591±0.0026        | 0.28984±0.0025        |
| 6                    | 0.29524±0.0030   | 0.29619±0.0023        | 0.26688±0.0026        |
| 9                    | 0.29546±0.0026   | 0.29571±0.0031        | 0.21928±0.0029        |
| 12                   | 0.29526±0.0023   | 0.29534±0.0026        | 0.16250±0.0019        |
| 24                   | 0.29528±0.0020   | 0.29665±0.0027        | 0.09874±0.0040        |

#### 5.4.2. Közei infravörös technika eredményei, összehasonlítások

A homogenizált tojásfehérje-lé minták jellegzetes NIR alapspektrumait a matematikai-statisztikai értékeléseket megelőzően „simítottam”. A 60°C-on tárolt tojásfehérje-lé mintáknál szemmel is jól látható módon elkülönültek a különböző mérési időponthoz tartozó spektrumok (44. ábra). A hőkezelési idő növekedésével az alapspektrumok intenzitása csökken.



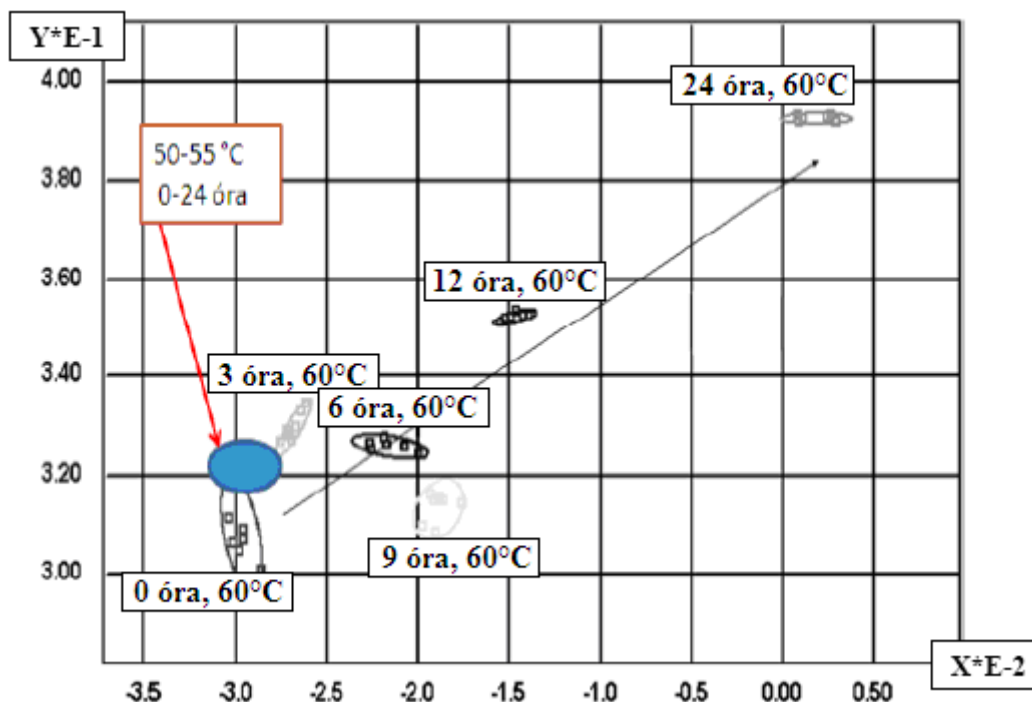
**44. ábra. 50, 55°C (a) és 60°C-on (b) hőntartott tojás fehérje-lé minták közei infravörös log 1/R spektruma 700-1700nm-es hullámhossz tartományban**

Az 50, 55°C-on történő hőntartás során mért minták spektrumai már sokkal homogénebb képet mutattak (45. ábra). Itt az elkülönülést vizuális módon már nem lehetett érzékelni, ellentétben a 60°C-on tárolt mintákkal.

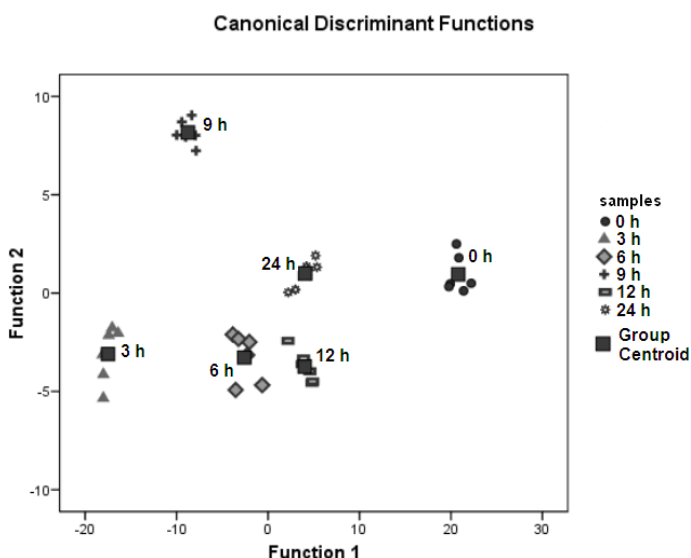
Ezt követően polár minősítő rendszerrel (PQS) vizsgáltam a spektrumokat. Igaz, hogy így nagy adatvesztés történt, viszont a vártnál szemléletesebb eredményeket hozott az elvégzett vizsgálat. A 24 órán át 60°C-on hő kezelt tojásfehérje-lé minták minőségpontjainak elhelyezkedése figyelhető meg a 45. ábrán. Az eltolódást már a minták alapspektrumai is előrevetíttek. Megfigyelhető továbbá, hogy a csoportokon belüli szórás igen kicsi, a csoportok közötti szórás viszont nagy, így a 24 órás vizsgálat során a különböző mintavételi

időpontokhoz tartozó minőségpontok között nem volt átfedés. A csoportok elhelyezkedésében egyfajta tendencia figyelhető meg az idő függvényében.

Az 50, 55°C-on 0-tól 24 óráig tartó hőkezelések minőségpontjait együtt ábrázoltam a 60°C-os hőkezelés minőségpontjaival és így az 50-55°C-on, 0-tól 24 órás hőkezelések minőségpontjai egy nagy pontfelhőben helyezkednek el jól elkülönülve a 60°C-os hőkezelés minőségpontjaitól (45. ábra).



45. ábra. 50-55 és 60°C-on hõn tartott tojásfehérje-lé minták PQS minőségpontjainak elhelyezkedése 24 órás kezelés alatt



46. ábra. 50, 55°C-on hõntartott tojásfehérje-lé minták diszkriminancia analízis score plotja az elsõ két diszkrimináló függvény alapján 900-1300 nm közötti tartományra

A diszkriminancia analízissel meghatároztam, hogy a különböző hőmérsékletű hõntartás során, az egyes időpontokhoz tartozó spektrumok csoportjai között milyen az átfedés. A 46. ábrán látható, hogy 50°C-on hõntartott tojásfehérje-lé minták külön csoportokba jól elkülönültek, amit alátámaszt a tévesztési mátrix is (21. táblázat). A keresztvalidált minták helyesen besorolása 100%.

Az 55°C-os hőntartás során az 50°C-os hőntartás eredményeihez hasonló eredményeket kaptam. A diszkriminancia analízis az összes mintát vizsgálva itt is 100%-os eredményt adott.

**21. táblázat. 50°C-on hön tartott tojásfehérje-lé minták diszkriminancia analízis teljes kereszt validációjának tévesztési mátrixa**

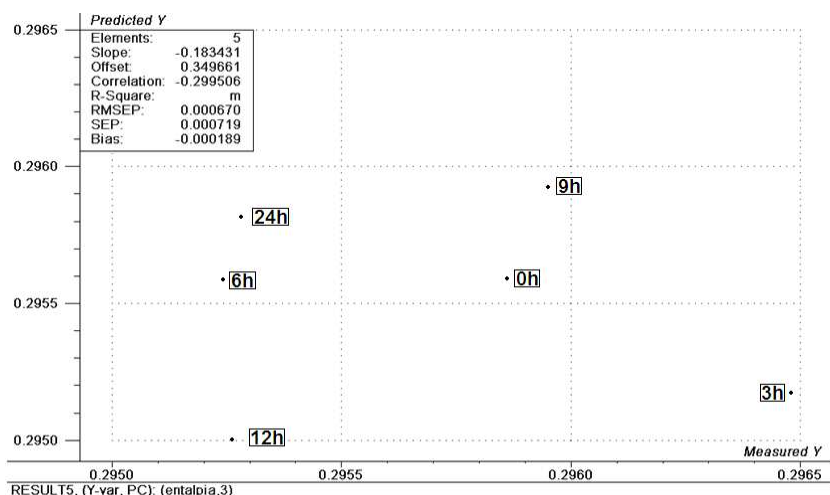
|                |                         |                    | Számított csoportba tartozás |       |       |       |        |        |        |       |
|----------------|-------------------------|--------------------|------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|
| Kezelési idő   |                         |                    | 0 óra                        | 3 óra | 6 óra | 9 óra | 12 óra | 24 óra | Összes |       |
| <b>Eredeti</b> | <b>Számszerűen</b>      | <b>0 óra</b>       | 6                            | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 6      |       |
|                |                         | <b>3 óra</b>       | 0                            | 6     | 0     | 0     | 0      | 0      | 6      |       |
|                |                         | <b>6 óra</b>       | 0                            | 0     | 6     | 0     | 0      | 0      | 6      |       |
|                |                         | <b>9 óra</b>       | 0                            | 0     | 0     | 6     | 0      | 0      | 6      |       |
|                |                         | <b>12 óra</b>      | 0                            | 0     | 0     | 0     | 6      | 0      | 6      |       |
|                |                         | <b>24 óra</b>      | 0                            | 0     | 0     | 0     | 0      | 6      | 6      |       |
|                |                         | <b>%</b>           | <b>0 óra</b>                 | 100.0 | .0    | .0    | .0     | .0     | .0     | 100.0 |
|                |                         | <b>3 óra</b>       | .0                           | 100.0 | .0    | .0    | .0     | .0     | 100.0  |       |
|                |                         | <b>6 óra</b>       | .0                           | .0    | 100.0 | .0    | .0     | .0     | 100.0  |       |
|                |                         | <b>9 óra</b>       | .0                           | .0    | .0    | 100.0 | .0     | .0     | 100.0  |       |
|                |                         | <b>12 óra</b>      | .0                           | .0    | .0    | .0    | 100.0  | .0     | 100.0  |       |
|                |                         | <b>24 óra</b>      | .0                           | .0    | .0    | .0    | .0     | 100.0  | 100.0  |       |
|                | <b>Kereszt-validált</b> | <b>Számszerűen</b> | <b>0 óra</b>                 | 6     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 6     |
|                |                         |                    | <b>3 óra</b>                 | 0     | 6     | 0     | 0      | 0      | 0      | 6     |
| <b>6 óra</b>   |                         |                    | 0                            | 0     | 6     | 0     | 0      | 0      | 6      |       |
| <b>9 óra</b>   |                         |                    | 0                            | 0     | 0     | 6     | 0      | 0      | 6      |       |
| <b>12 óra</b>  |                         |                    | 0                            | 0     | 0     | 0     | 6      | 0      | 6      |       |
| <b>24 óra</b>  |                         |                    | 0                            | 0     | 0     | 0     | 0      | 6      | 6      |       |
| <b>%</b>       |                         |                    | <b>0 óra</b>                 | 100.0 | .0    | .0    | .0     | .0     | .0     | 100.0 |
|                |                         | <b>3 óra</b>       | .0                           | 100.0 | .0    | .0    | .0     | .0     | 100.0  |       |
|                |                         | <b>6 óra</b>       | .0                           | .0    | 100.0 | .0    | .0     | .0     | 100.0  |       |
|                |                         | <b>9 óra</b>       | .0                           | .0    | .0    | 100.0 | .0     | .0     | 100.0  |       |
|                |                         | <b>12 óra</b>      | .0                           | .0    | .0    | .0    | 100.0  | .0     | 100.0  |       |
|                |                         | <b>24 óra</b>      | .0                           | .0    | .0    | .0    | .0     | 100.0  | 100.0  |       |

100.0% az eredetileg csoportosított minták helyes besorolása.

100.0% a kereszt-validált minták helyes besorolása.

Az 50°C-on vizsgált tojás fehérje minták spektrumait és a hődenaturációs vizsgálatokból nyert entalpia értékek kapcsolatának vizsgálatánál a korrelációs koefficiens értékét a program nem tudta meghatározni, így le lehet vonni azt a következtetést, hogy az entalpia értékek és a NIR-spektrumok között 50°C-os hőntartás mellett nem figyelhető meg kapcsolat (47. ábra).

Mivel a NIR-spektrumok 50°C-on csak kis mértékben változtak, és ezek a változások nem függték össze a kalorimetrikus tulajdonságokkal, valószínűsíthető, hogy egyéb állapotváltozás ill. állapotváltozások (dielektromos állandó, viszkozitás, stb.) együttes hatásai okozzák az eltolódást (RAGNI et al., 2007).



**47. ábra. Összefüggés a NIR prediktív és mért entalpia érték között 50°C-on hőntartott tojásfehérje-lé minta esetében**

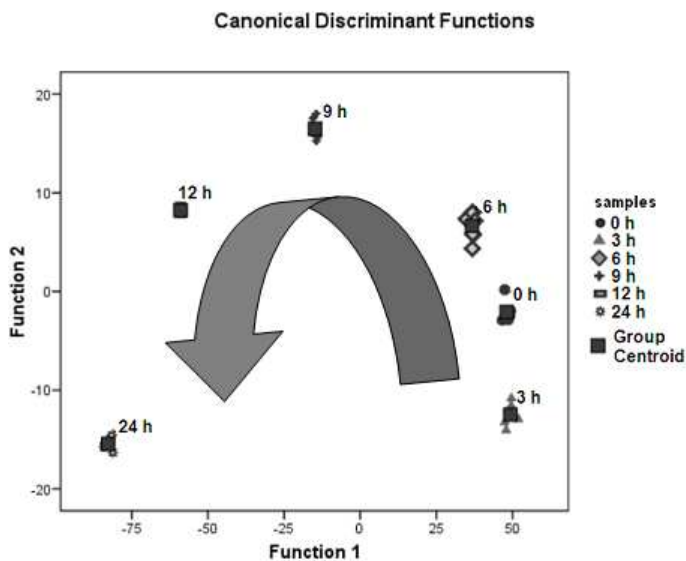
A 60°C-os hőntartás során (48. ábra) a csoportok jól elkülöníthetőek voltak, bár a keresztvalidáció során helyesen besorolt minták aránya 97,4%-ra romlott (22. táblázat).

**22. táblázat. 60°C-on hön tartott tojásfehérje-lé minták diszkriminancia analízis teljes kereszt validációjának tévesztési mátrixa**

|                         |                    | Számított csoportba tartozás |              |       |       |       |        |        |        |
|-------------------------|--------------------|------------------------------|--------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|                         |                    | Kezelési idő                 | 0 óra        | 3 óra | 6 óra | 9 óra | 12 óra | 24 óra | Összes |
| <b>Eredeti</b>          | <b>Számszerűen</b> | <b>0 óra</b>                 | 7            | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 7      |
|                         |                    | <b>3 óra</b>                 | 0            | 6     | 0     | 0     | 0      | 0      | 6      |
|                         |                    | <b>6 óra</b>                 | 0            | 0     | 6     | 0     | 0      | 0      | 6      |
|                         |                    | <b>9 óra</b>                 | 0            | 0     | 0     | 7     | 0      | 0      | 7      |
|                         |                    | <b>12 óra</b>                | 0            | 0     | 0     | 0     | 7      | 0      | 7      |
|                         |                    | <b>24 óra</b>                | 0            | 0     | 0     | 0     | 0      | 6      | 6      |
|                         |                    | <b>%</b>                     | <b>0 óra</b> | 100.0 | .0    | .0    | .0     | .0     | .0     |
|                         |                    | <b>3 óra</b>                 | .0           | 100.0 | .0    | .0    | .0     | .0     | 100.0  |
|                         |                    | <b>6 óra</b>                 | .0           | .0    | 100.0 | .0    | .0     | .0     | 100.0  |
|                         |                    | <b>9 óra</b>                 | .0           | .0    | .0    | 100.0 | .0     | .0     | 100.0  |
|                         | <b>12 óra</b>      | .0                           | .0           | .0    | .0    | 100.0 | .0     | 100.0  |        |
|                         | <b>24 óra</b>      | .0                           | .0           | .0    | .0    | .0    | 100.0  | 100.0  |        |
| <b>Kereszt-validált</b> | <b>Számszerűen</b> | <b>0 óra</b>                 | 7            | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 7      |
|                         |                    | <b>3 óra</b>                 | 0            | 6     | 0     | 0     | 0      | 0      | 6      |
|                         |                    | <b>6 óra</b>                 | 0            | 0     | 6     | 0     | 0      | 0      | 6      |
|                         |                    | <b>9 óra</b>                 | 0            | 0     | 0     | 7     | 0      | 0      | 7      |
|                         |                    | <b>12 óra</b>                | 0            | 0     | 0     | 0     | 7      | 0      | 7      |
|                         |                    | <b>24 óra</b>                | 0            | 0     | 0     | 0     | 0      | 6      | 6      |
|                         |                    | <b>%</b>                     | <b>0 óra</b> | 100.0 | .0    | .0    | .0     | .0     | .0     |
|                         |                    | <b>3 óra</b>                 | .0           | 100.0 | .0    | .0    | .0     | .0     | 100.0  |
|                         |                    | <b>6 óra</b>                 | .0           | .0    | 100.0 | .0    | .0     | .0     | 100.0  |
|                         |                    | <b>9 óra</b>                 | 14.3         | .0    | .0    | 85.7  | .0     | .0     | 100.0  |
|                         | <b>12 óra</b>      | .0                           | .0           | .0    | .0    | 100.0 | .0     | 100.0  |        |
|                         | <b>24 óra</b>      | .0                           | .0           | .0    | .0    | .0    | 100.0  | 100.0  |        |

100.0% az eredetileg csoportosított minták helyes besorolása.  
 97,4% a kereszt-validált minták helyes besorolása.

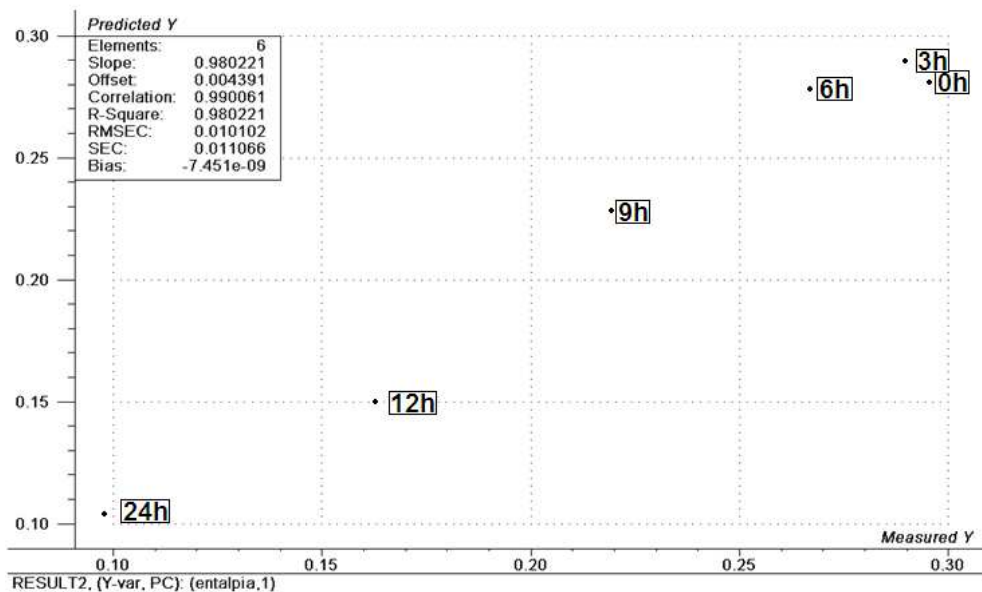




48. ábra. 60°C-on hőntartott tojásfehérje-lé minták diszkriminancia analízis score plotja az első két diszkrimináló függvény alapján 900-1300nm közötti tartományra

A 60°C-on hőntartott tojásfehérje minták spektrumait és a hődenaturációs vizsgálatokból nyert entalpia értékek kapcsolatának vizsgálatánál a korrelációs koefficiens értékére 0,99-t kaptam és a szabadsági fokkal korrigált predikciós hiba (RMSEP) 0,01 mW volt (49. ábra).

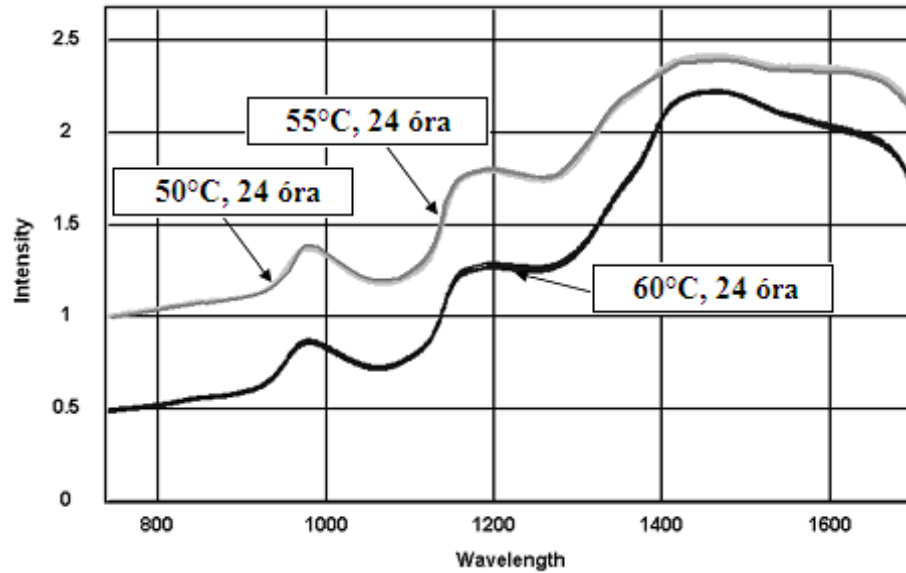
Így ebből az ábrából arra a következtetésre jutottam, hogy ebben az esetben a NIR spektrumok és a konalbumin entalpia értékei között jóval szorosabb a kapcsolat, mint az 50°C-on hőntartott tojásfehérje-lé esetében.



49. ábra. Összefüggés a NIR prediktív és mért entalpia érték között 60°C-on hőn tartott tojás fehérje lé minta esetében

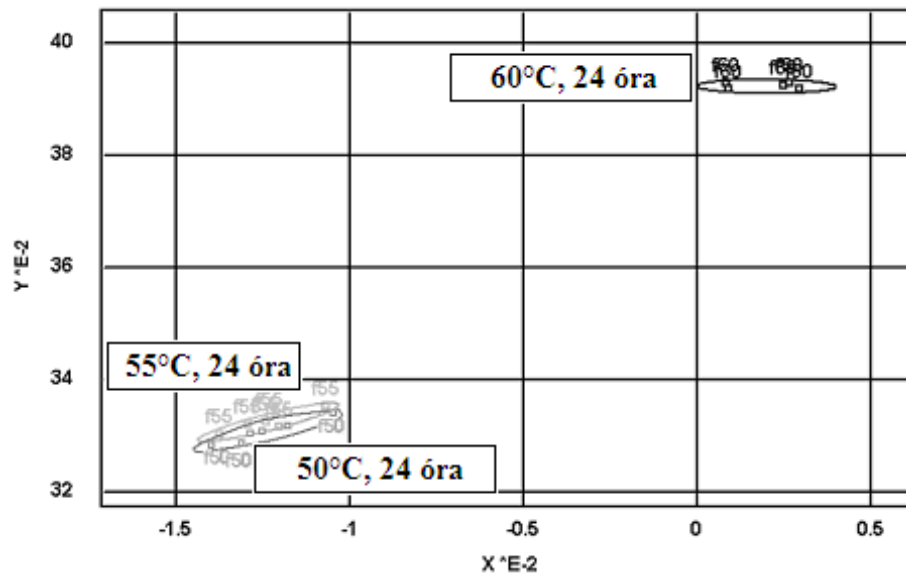
Megvizsgáltam, hogy a különböző hőmérsékleteken 24 órán át hőntartott minták mennyire jól különíthetők el egymástól a NIR módszerrel. A 50. ábrán az 50, 55, ill. 60°C-on hőntartott tojásfehérje-lé termékek közeli infravörös log 1/R spektrumait mutatom be 700-1700 nm-es hullámhossz tartományban. Jól láthatóan elkülönülnek a minták. Az elkülöníthetőséget bizonyítja a minták diszkriminancia analízis tévesztési mátrixa 900-1300

nm közötti tartományra vonatkoztatva (23. táblázat), melyben a minták 95,9% biztonságban sorolta be megfelelően. A 24 órán át 50 és 60°C-on hőn tartott minták minőségpontjai is az előzőben leírt teljes elkülöníthetőséget mutatják (51. ábra).



50. ábra. 50-55 és 60°C-on hőntartott tojásfehérje-lé minták közeli infravörös log 1/R spektruma 700-1700nm-es hullámhossz tartományba

Az 50, 55 és 60°C-on 24 órán át hőntartott tojásfehérje-lé minták minőségpontjainak elhelyezkedését mutatom be az 51. ábrán.



51. ábra. 50- 55°C és 60°C-on 24 órán át hőntartott tojás fehérje-lé minták minőségpontjainak elhelyezkedése

**23. táblázat. 50 és 60°C-on hőntartott tojásfehérje-lé minták diszkriminancia analízis teljes kereszt validációjának tévesztési mátrixa 900-1300nm közötti tartományra**

|                        |                    | Számított csoportba tartozás |      |       |        |
|------------------------|--------------------|------------------------------|------|-------|--------|
|                        |                    | Kezelési hőmérséklet         | 50°C | 60°C  | Összes |
| <b>Eredeti</b>         | <b>Számszerűen</b> | <b>50°C</b>                  | 25   | 1     | 36     |
|                        |                    | <b>60°C</b>                  | 0    | 38    | 38     |
|                        | <b>%</b>           | <b>50°C</b>                  | 97.2 | 2.8   | 100.0  |
|                        |                    | <b>60°C</b>                  | .0   | 100.0 | 100.0  |
| <b>Keresztvalidált</b> | <b>Számszerűen</b> | <b>50°C</b>                  | 33   | 3     | 36     |
|                        |                    | <b>60°C</b>                  | 0    | 38    | 38     |
|                        | <b>%</b>           | <b>50°C</b>                  | 91.7 | 8.3   | 100.0  |
|                        |                    | <b>60°C</b>                  | .0   | 100.0 | 100.0  |

98,6% az eredetileg csoportosított minták helyes besorolása.  
95,9% a keresztvalidált minták helyes besorolása.

**24. táblázat: 55 és 60°C-on hőntartott tojásfehérje-lé minták diszkriminancia analízis teljes kereszt validációjának tévesztési mátrixa 900-1300nm közötti tartományra**

|                        |                    | Számított csoportba tartozás |      |       |        |
|------------------------|--------------------|------------------------------|------|-------|--------|
|                        |                    | Kezelési hőmérséklet         | 55°C | 60°C  | Összes |
| <b>Eredeti</b>         | <b>Számszerűen</b> | <b>55°C</b>                  | 35   | 1     | 36     |
|                        |                    | <b>60°C</b>                  | 0    | 39    | 39     |
|                        | <b>%</b>           | <b>55°C</b>                  | 97.2 | 2.8   | 100.0  |
|                        |                    | <b>60°C</b>                  | .0   | 100.0 | 100.0  |
| <b>Keresztvalidált</b> | <b>Számszerűen</b> | <b>55°C</b>                  | 33   | 3     | 36     |
|                        |                    | <b>60°C</b>                  | 0    | 39    | 39     |
|                        | <b>%</b>           | <b>55°C</b>                  | 91.7 | 8.3   | 100.0  |
|                        |                    | <b>60°C</b>                  | .0   | 100.0 | 100.0  |

98,6% az eredetileg csoportosított minták helyes besorolása.  
95,9% a keresztvalidált minták helyes besorolása.

Az 50, 55°C-on hőntartott mintákhoz tartozó csoportok jól láthatóan elkülönültek. A 24 órán át tartó, különböző hőkezelési hőmérsékletekhez tartozó minőségpontok közül az 50-55°C-os hőkezelés minőség pontjai jól elkülönülnek a 60°C-os hőkezelés minőségpontjaitól viszont egymás között két csoport esetében (50 és 55°C-os ) nagymértékű átfedés figyelhető meg.

A diszkriminancia analízis ebben az esetben (900-1300 nm közötti tartományban), az 55 és 60°C-on hőntartott minták vizsgálatánál 98,6% biztonsággal tudta helyesen besorolni a mintákat (24. táblázat). Az 50, ill. 55°C-on 24 órán át tartott minták azonban csupán 13,8%-os biztonsággal voltak elkülöníthetőek. Ez is bizonyítja a hőntartó technológia kíméletességét, mivel észlelhető fehérje denaturáció nem jelentkezett. Valószínűleg olyan kis változás történhetett 50, ill. 55°C-on amit az általam elvégzett mérésekkel nem lehetett kimutatni.

*Összegzésül megállapítottam, hogy az 50, 55°C-os hőkezelésnél nem tapasztaltam összefüggést a hőkezelés és a tojásfehérje-lében bekövetkező szerkezeti változás között, így arra a következtetésre jutottam a NIR valamint a DSC mérések alapján, hogy az 50-55°C-os hőkezelés hatására nem történik számottevő fehérje denaturáció vagy szerkezeti változás. Így ezeken a hőmérsékleteken olyan technológia kidolgozása lehetséges, ahol az élőcsíraszám nagymértékű csökkentése mellett a termék megőrzi előnyös a natív tojásra jellemző tulajdonságait.*

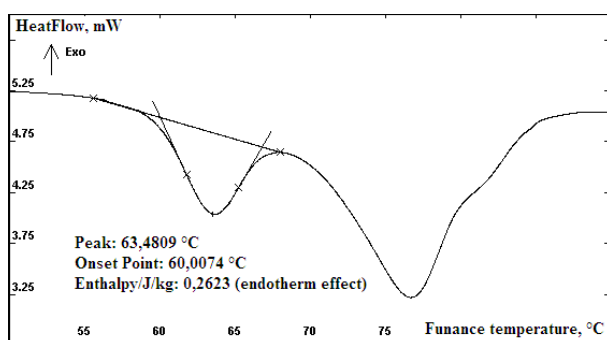
*60°C-on találtam korrelációt a tojásfehérje-lé PQS minőségpontjai és a hőkezelési idő között, így bizonyítottam, hogy a NIR módszer alkalmas a fehérje denaturáció nyomonkövetésére. Továbbá a különböző időpontokig 60°C-on hőkezelt tojásfehérje-lé termékekhez tartozó NIR alapspektrumok és a DSC eredmények összehasonlítása is alátámasztotta azt a megállapítást, hogy az 50 illetve 55°C-on való hőntartás esetében a tojásfehérje lében történő változások elenyészőek, nincs nagymértékű fehérje denaturáció a 60°C-os hőntartáshoz képest.*

*Bár 50-55°C-os hőntartás során a különböző csoportok szintén jól elkülönültek, azonban az elkülönülés okaira nem találtam meg az egyértelmű választ. Az infravörös tartományban detektált változások okai ezeken a hőmérsékleteken (50-55°C) valószínűleg a fehérje denaturációtól függetlenek voltak (pl.: lizozim-ovomucin komplex képződés, másodlagos fehérjék kismértékű denaturációja).*

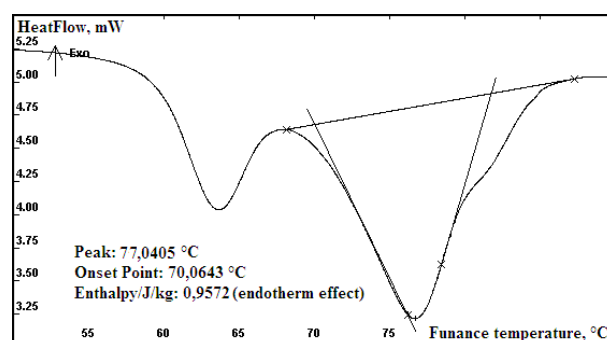
## 5.5. Tartósítószer hatása a tojásfehérje-lé hőérzékenységre

### 5.5.1. PH módosításának hatása a tojáslé mintákra

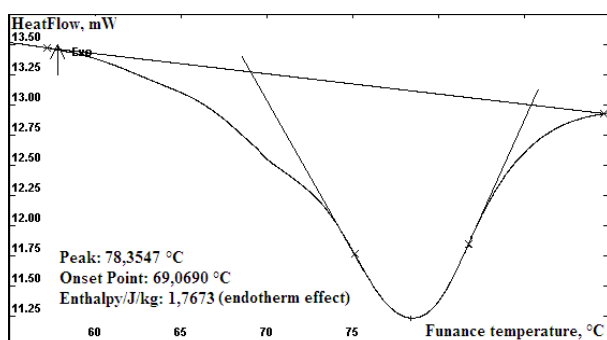
Elsőként a nyers, még hozzáadott adalékanyagok nélküli tojáslevekkel végeztem el méréseimet. A tojásfehérje-lében az észlelt endoterm jelenségek jellemzően összhangban vannak a protein denaturációval. A tojásfehérje 4 fő komponens közül (konalbumin, lizozim, ovalbumin, globulinok) azonban a homogenizálás miatt a lizozim és a konalbumin csúcsainak egybeolvadása volt megfigyelhető. Denaturációjuk 60°C-on kezdődött meg, míg a denaturálódási csúcshőmérséklet 63,5°C környékén volt (52. ábra).



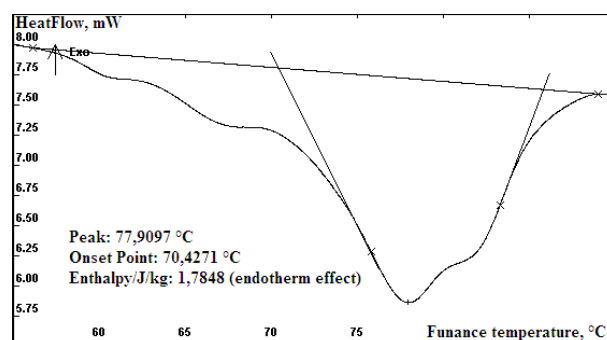
52. ábra. Tartósítószeret nem tartalmazó, natív tojásfehérje-lé termogramja (1. csúcs)



53. ábra. Tartósítószeret nem tartalmazó, natív tojásfehérje-lé termogramja (2. csúcs)



54. ábra. Tartósítószeret nem tartalmazó, natív tojássárgája-lé termogramja



55. ábra. Tartósítószeret nem tartalmazó, natív teljes-tojáslé termogramja

A második csúcs (denaturáció kezdete 70°C) az ovalbumin és globulinok denaturációját jellemzi. A tojásfehérje-lében az ovalbumin aránya jelentősen nagyobb (összes fehérjetartalom 54%-a), mint a globulinoké (összes fehérjetartalom 8%-a), így az ovalbumin kalorimetrikus tulajdonságai határozzák meg a második csúcs paramétereit. Ezen fehérjék denaturációs csúcshőmérséklete 77°C körül volt (53. ábra).

A tojássárgája-lében nagy mennyiségben találhatóak lipo-proteinek. Ezek nem különíthetők el még homogenizálatlan mintákban sem olyan egyértelműen egymástól kalorimetrikus módszerekkel, mint a tojásfehérje-lé proteinjei. A homogenizált mintákban egy-egy csúcsot vizsgáltam, tehát a lipo-proteinek összességét.

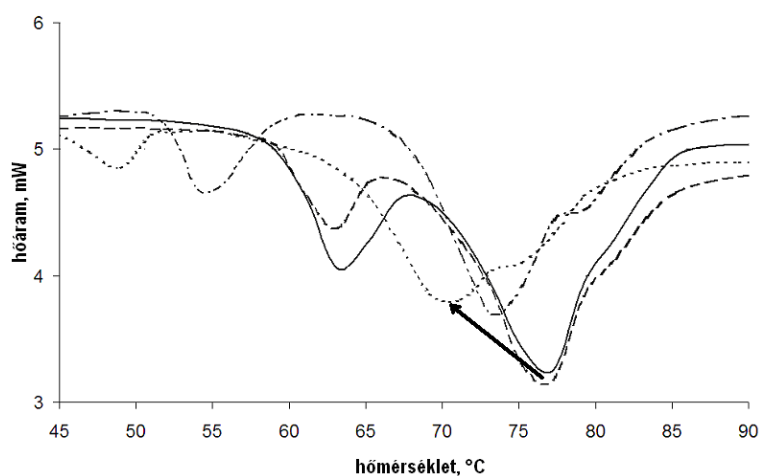
A tojássárgája az ipari tapasztalatokkal megegyezően, sokkal kevésbé bizonyult hőérzékenynek, mint a tojásfehérje-lé. Denaturációjának csúcshőmérséklete méréseim alapján 78°C körüli volt (54. ábra).

A teljes-tojáslé kalorimetrikus tulajdonságait (55. ábra) a tojásfehérje-lé és a tojássárgája-lé hőérzékeny alkotói egyaránt befolyásolják. A 53. és 54. ábra összehasonlításával jól látható, hogy a homogénezett tojásfehérje-lében található ovalbumin és a tojássárgája-lé lipo-proteinjeinek denaturációs csúcshőmérséklete hasonló (77-78°C), így döntő részben ez a két frakció befolyásolja a teljes-tojáslé termogramjának alakulását. Vizsgálataim során céloom csak a számottevő, a technológiai felhasználhatóságot befolyásoló változások vizsgálata volt, így teljes tojáslé esetében ezt az egy csúcsot tanulmányoztam.

A natív tojásfehérje-lé különböző frakcióinak kezdeti és csúcs denaturációs pontja valamint entalpiája citromsavval történő pH-csökkentés hatására megváltozott (56. ábra).

A tojásfehérje-lé 4,5-ös pH-értékre csökkentésekor a konalbumint tartalmazó frakció kezdeti denaturációs pontja 60°C-ról 45°C-ra csökken, miközben a denaturációs entalpiája közel harmadára redukálódik (0,2727 J/g-ról 0,0923 J/g-ra)

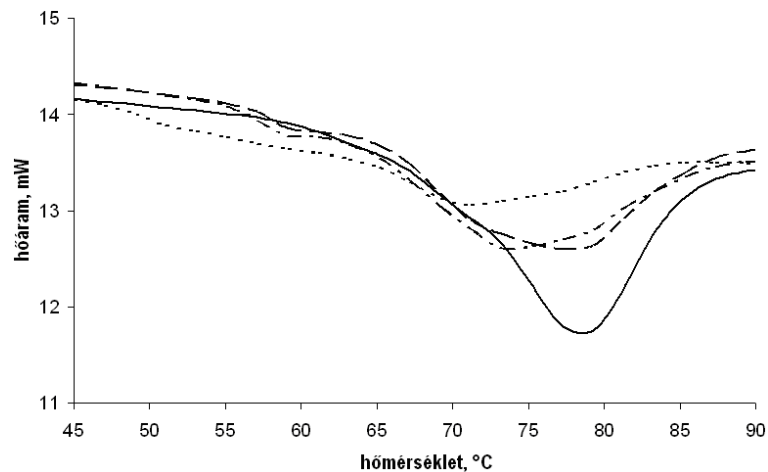
Az ovalbumint tartalmazó frakció denaturációs hőmérsékletei jelentősen eltolódtak. A natív tojásfehérje-lé pH-értékének 4,5-re vitele a kezdeti denaturációs hőmérsékletet 72°C-ról 64°C-ra, míg a denaturációs csúcshőmérsékletet 77°C-ról 70°C-ra körüli értékre csökkentette. Ennek ellenére az denaturációs entalpia csak csekély mértékben csökkent (pH 4,5 mellett átlagosan 1,0750 J/g-ról 0,9647 J/g-ra) a pH csökkentés hatására.



**56. ábra. Tojásfehérje-lé termogramjának változása pH módosítás hatására: — pH natív; - - pH 5,5; - - - pH 5,0; . . . pH 4,5**

Tojássárgája-lé citromsavval történő pH csökkentése esetén a tojásfehérje-léhez hasonlóan a denaturációs hőmérsékletek és a denaturációs entalpia csökkenését mértem (57. ábra).

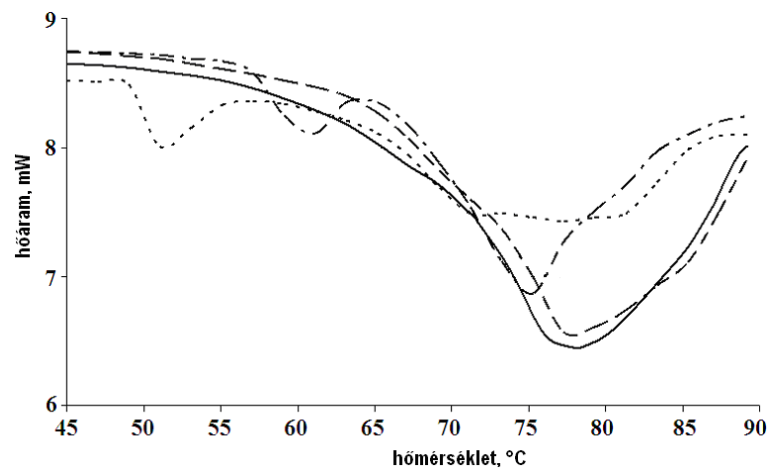
Tojássárgája-lé esetében a kezdeti denaturációs hőmérséklet már pH 5,5 értéken 64,5°C-ra csökkent a natív tojássárgája-lében mért 69°C-hoz képest, azonban ezt követően nem változott jelentősen. Ezzel szemben a denaturációs csúcspont állandó csökkenését állapítottam meg. Míg a natív és pH 5,5-ös tojássárgája-lében ez az érték 78°C körüli, pH 5,0 mellett 74°C körüli, pH 4,5 mellett átlagosan 71°C-ra csökkent.



**57. ábra. Tojássárgája-lé termogramjának változása pH módosítás hatására: — pH natív; — — pH 5,5; - - - pH 5,0; - . - . pH 4,5**

A teljes-tojáslé különböző pH-értéken történő vizsgálata során is tapasztaltam mind a denaturációs hőmérsékletekben, mind az denaturációs entalpiában változásokat (58. ábra). A kezdeti denaturációs hőmérséklet a natív teljes-tojáslében átlagosan mért 70,5°C-ról 65°C alá csökkent 4,5 pH érték mellett, ugyanakkor a denaturációs csúcserték csak csekély mértékben változott (75-78°C közötti értékeket mértem).

A denaturációs entalpia a pH 4,5-re csökkentése mellett 1,7384 J/g-ról 0,9753 J/g-re változott. Az entalpia változás a pH 5,5-ről 5,0-ra csökkentése alatt volt a legjelentősebb, ahol 1,7040 g/J-ról 1,2229 g/J-ra csökkent az értéke.



**58. ábra. Teljes-tojáslé termogramjának változása pH módosítás hatására: — pH natív; — — pH 5,5; - - - pH 5,0; - . - . pH 4,5**

A citromsavval pH csökkentett tojásstermékek denaturálódási kezdeti-, és csúcshőmérsékletét valamint entalpiáját az 25. táblázat foglalja össze. A friss tojásfehérje szisztematikus analízise nagyon jó reprodukálhatóságot mutatott a denaturálódási hőmérsékletre ( $\pm 0,5\%$ ) és az entalpiára (kb. 3%) vonatkozóan. Az itt alkalmazott készülék pontosságának és a bevizsgált minták nagy számának köszönhetően, az entalpia értékek

esetében előforduló hibák számát kb. 3%-ra lehet becsülni, mert a nagy, jól elkülönülő csúcsokat vizsgáltuk.

A natív tojáslevek kalorimetrikus görbéinek vizsgálatánál az irodalmi adatokhoz hasonló eredményeket kaptam. DSC görbék denaturálódási hőmérséklet csúcserkéiben mutatkozó egyes ingadozások az irodalmi adatokhoz képest a melegítési sebesség, a minta pH értékének és a minta méretének eltérő megválasztásából adódnak. A denaturációs entalpiában mutatkozó különbségek a műszer érzékenységevel és a bázis vonalhoz való eltérő illeszkedéssel magyarázhatók (FERREIRA et al., 1997).

**25. táblázat. Tojáslé-termékek kalorimetrikus tulajdonságainak változása pH-csökkenés hatására**

| Tojáslé-termékek pH-értéke |              | Tojásfehérje-lé |          | Tojás-sárgájale | Teljes-tojáslé |
|----------------------------|--------------|-----------------|----------|-----------------|----------------|
|                            |              | 1. csúcs        | 2. csúcs |                 |                |
| Natív tojáslé              | T(kezdeti)   | 60,34           | 71,93    | 69,14           | 70,49          |
|                            | T(max)       | 63,52           | 77,06    | 78,35           | 77,91          |
|                            | $\Delta H_d$ | 0,2727          | 1,0750   | 1,7248          | 1,7384         |
| pH 5,5                     | T(kezdeti)   | 60,00           | 70,58    | 64,66           | 68,01          |
|                            | T(max)       | 62,47           | 76,46    | 77,75           | 77,94          |
|                            | $\Delta H_d$ | 0,1505          | 1,0598   | 1,4466          | 1,7040         |
| pH 5,0                     | T(kezdeti)   | 54,47           | 67,77    | 64,42           | 67,04          |
|                            | T(max)       | 57,31           | 73,73    | 73,90           | 75,13          |
|                            | $\Delta H_d$ | 0,1368          | 1,1155   | 1,1019          | 1,2229         |
| pH 4,5                     | T(kezdeti)   | 45,12           | 63,72    | 64,25           | 64,78          |
|                            | T(max)       | 48,99           | 70,28    | 70,79           | 76,76          |
|                            | $\Delta H_d$ | 0,0923          | 0,9647   | 0,4403          | 0,9753         |

**Konfidencia intervallumok (95%) \*alsó és \*\*felső határai**

| Tojáslé-termékek pH-értéke |              | Tojásfehérje-lé |           | Tojás-sárgájale | Teljes-tojáslé |          |           |          |           |
|----------------------------|--------------|-----------------|-----------|-----------------|----------------|----------|-----------|----------|-----------|
|                            |              | 1. csúcs        | 2. csúcs  |                 |                |          |           |          |           |
| Natív tojáslé              | T(kezdeti)   | * 60,29         | ** 60,39  | * 69,63         | ** 74,23       | * 67,41  | ** 70,87  | * 69,36  | ** 71,62  |
|                            | T(max)       | * 63,48         | ** 63,56  | * 75,36         | ** 78,76       | * 76,24  | ** 80,46  | * 76,8   | ** 79,02  |
|                            | $\Delta H_d$ | * 0,2720        | ** 0,2724 | * 1,0697        | ** 1,0803      | * 1,7225 | ** 1,7271 | * 1,7351 | ** 1,7417 |
| pH 5,5                     | T(kezdeti)   | * 59,66         | ** 60,34  | * 68,66         | ** 72,5        | * 63,86  | ** 65,46  | * 66,88  | ** 69,14  |
|                            | T(max)       | * 61,8          | ** 63,14  | * 74,92         | ** 78,00       | * 76,58  | ** 78,92  | * 77     | ** 78,88  |
|                            | $\Delta H_d$ | * 0,1315        | ** 0,1695 | * 1,0555        | ** 1,0641      | * 1,441  | ** 1,4522 | * 1,6864 | ** 1,7216 |
| pH 5,0                     | T(kezdeti)   | * 53,55         | ** 55,39  | * 66,87         | ** 68,67       | * 63,72  | ** 65,12  | * 65,31  | ** 68,77  |
|                            | T(max)       | * 56,08         | ** 58,54  | * 71,43         | ** 76,03       | * 71,57  | ** 76,23  | * 73,1   | ** 77,16  |
|                            | $\Delta H_d$ | * 0,1278        | ** 0,1458 | * 1,1110        | ** 1,1200      | * 1,0997 | ** 1,1041 | * 1,2137 | ** 1,2321 |
| pH 4,5                     | T(kezdeti)   | * 42,72         | ** 47,52  | * 62,67         | ** 64,77       | * 63,2   | ** 65,3   | * 62,73  | ** 66,83  |
|                            | T(max)       | * 48,29         | ** 49,69  | * 69,08         | ** 71,48       | * 69,59  | ** 71,99  | * 74,49  | ** 79,03  |
|                            | $\Delta H_d$ | * 0,0911        | ** 0,0935 | * 0,9616        | ** 0,9678      | * 0,4372 | ** 0,4434 | * 0,9732 | ** 0,9774 |

*T(kezdeti) – denaturáció kezdetének hőmérséklete [°C]*

*T(max) – denaturációs csúcshőmérséklet [°C]*

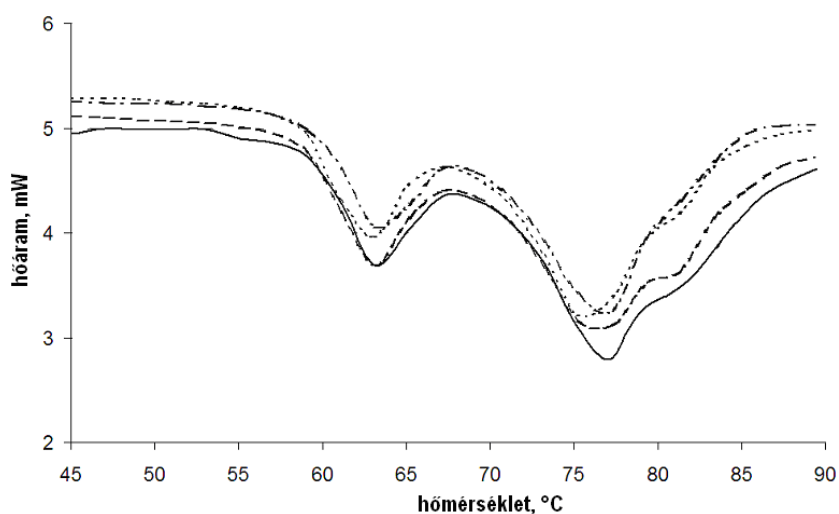
*$\Delta H_d$  - denaturációs entalpiaváltozás [J/g]*



### 5.5.2. Na-benzoát és kálium-szorbát hatása a tojáslevekre

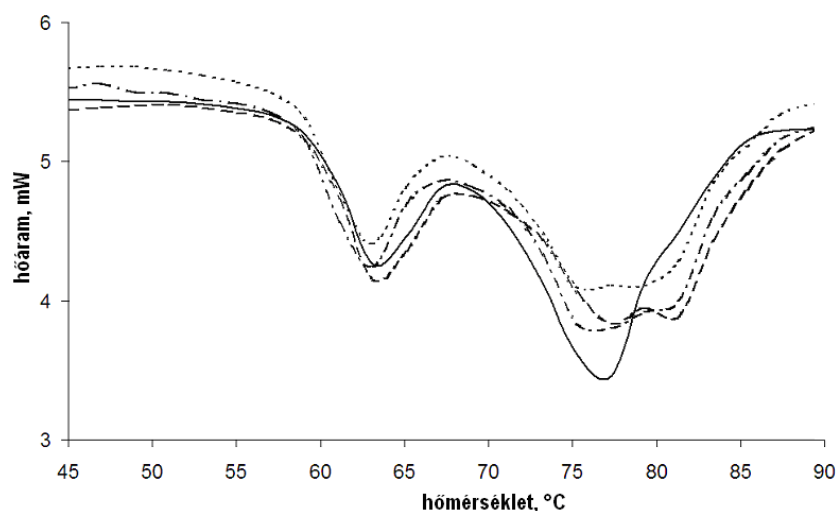
Nátrium-benzoát és kálium-szorbát tojáslevekhez adagolása esetén az általunk vizsgált kalorimetrikus értékekben nem tapasztaltam olyan jelentős változásokat (62 és 63. táblázat), mint a pH csökkentés esetén, ezért csak a hőérzékenység változás szempontjából legjelentősebb, tojásfehérje-levek DSC-görbéit mutatjuk be (59. és 60. ábra).

Nátrium-benzoát és kálium-szorbát tojáslevekhez adagolása esetén az általam vizsgált kalorimetrikus értékekben nem tapasztaltam olyan jelentős változásokat, mint a pH csökkentés esetén (26-27. táblázat). Kizárólag 0,5 g/l tartósítószer koncentrációnál teljes tojáslemben tudtam szignifikáns eltérést kimutatni.



59. ábra. Tojásfehérje-lé termogramjának változása kálium-szorbát adagolásának hatására:

—— 0,0 g/l kálium-szorbát; — — 0,1 g/l kálium-szorbát;  
- - - 0,3 g/l kálium-szorbát; - . - . 0,5 g/l kálium-szorbát



60. ábra. Tojásfehérje-lé termogramjának változása nátrium-benzoát adagolásának hatására

—— 0,0 g/l nátrium-benzoát; — — 0,1 g/l nátrium-benzoát;  
- - - 0,3 g/l nátrium-benzoát; - . - . 0,5 g/l nátrium-benzoát

**26. táblázat. Tojáslé-termékek kalorimetrikus tulajdonságainak változása tartósítószer hatására**

| Tojáslé-termékek pH-értéke<br>ill. a hozzájuk adott tartósítószer<br>koncentrációja |              | Tojásfehérje-lé |          | Tojás-<br>sárgájale | Teljes-<br>tojásle |
|---|--------------|-----------------|----------|---------------------|--------------------|
|   |              | 1. csúcs        | 2. csúcs |                     |                    |
| Natív tojásle   | T(kezdeti)   | 60,34           | 71,93    | 69,14               | 70,49              |
|   | T(max)       | 63,52           | 77,06    | 78,35               | 77,91              |
|   | $\Delta H_d$ | 0,2927          | 1,0750   | 1,7248              | 1,9384             |
| 0,1 g/l K-szorbát   | T(kezdeti)   | 59,88           | 71,27    | 68,23               | 67,93              |
|   | T(max)       | 63,28           | 76,86    | 77,80               | 77,35              |
|   | $\Delta H_d$ | 0,2995          | 0,9746   | 1,6672              | 1,9674             |
| 0,3 g/l K-szorbát   | T(kezdeti)   | 59,79           | 70,27    | 69,64               | 68,54              |
|   | T(max)       | 62,94           | 76,50    | 77,32               | 76,90              |
|   | $\Delta H_d$ | 0,2979          | 1,0083   | 1,6133              | 1,8434             |
| 0,5 g/l K-szorbát   | T(kezdeti)   | 59,29           | 70,26    | 66,45               | 67,98              |
|   | T(max)       | 62,57           | 76,03    | 77,16               | 76,74              |
|   | $\Delta H_d$ | 0,2949          | 1,0163   | 1,7254              | 1,9115             |
| 0,1 g/l Na-benzoát  | T(kezdeti)   | 60,05           | 71,64    | 69,96               | 70,29              |
|   | T(max)       | 63,52           | 80,96    | 78,34               | 77,89              |
|   | $\Delta H_d$ | 0,2822          | 0,9503   | 1,8223              | 1,9240             |
| 0,3 g/l Na-benzoát  | T(kezdeti)   | 59,35           | 70,33    | 69,55               | 70,23              |
|   | T(max)       | 62,74           | 79,97    | 78,15               | 77,83              |
|   | $\Delta H_d$ | 0,2884          | 0,9600   | 1,7497              | 2,0632             |
| 0,5 g/l Na-benzoát  | T(kezdeti)   | 59,22           | 71,36    | 69,28               | 66,49              |
|   | T(max)       | 62,51           | 76,34    | 78,01               | 71,92              |
|   | $\Delta H_d$ | 0,2869          | 1,0371   | 1,6753              | 2,0232             |

*T(kezdeti) – denaturáció kezdetének hőmérséklete [°C]*

*T(max) – denaturációs csúcshőmérséklet [°C]*

*$\Delta H_d$  - denaturációs entalpiaváltozás [J/g]*

**27. táblázat: A 26. táblázathoz tartozó konfidencia intervallumok (95%) alsó (\*) és felső (\*\*) határai**

| Tojáslé-termékek pH-értéke<br>ill. a hozzájuk adott<br>tartósítószer koncentrációja |              | Tojásfehérje-lé |        |         |        | Tojás-<br>sárgájale |        | Teljes-tojáslé |        |
|---|--------------|-----------------|--------|---------|--------|---------------------|--------|----------------|--------|
|   |              | 1. csúc         |        | 2. csúc |        | *                   | **     | *              | **     |
|   |              | *               | **     | *       | **     |                     |        |                |        |
| Natív tojáslé   | T(kezdeti)   | 59,11           | 61,57  | 70,40   | 73,46  | 67,79               | 70,49  | 69,28          | 71,7   |
|   | T(max)       | 62,03           | 65,01  | 75,70   | 78,42  | 76,86               | 79,84  | 76,92          | 78,9   |
|   | $\Delta H_d$ | 0,2864          | 0,2990 | 1,0667  | 1,0833 | 1,7157              | 1,7339 | 1,9323         | 1,9445 |
| 0,1 g/l K-szorbát   | T(kezdeti)   | 57,75           | 62,01  | 69,6    | 72,94  | 66,52               | 69,94  | 66,37          | 69,49  |
|   | T(max)       | 61,34           | 65,22  | 75,04   | 78,68  | 75,92               | 79,68  | 75,73          | 78,97  |
|   | $\Delta H_d$ | 0,2909          | 0,3081 | 0,9669  | 0,9823 | 1,6565              | 1,6779 | 1,8704         | 2,0644 |
| 0,3 g/l K-szorbát   | T(kezdeti)   | 57,92           | 61,66  | 68,65   | 71,89  | 67,89               | 71,39  | 67,11          | 69,97  |
|   | T(max)       | 60,96           | 64,92  | 74,74   | 78,26  | 75,83               | 78,81  | 75,11          | 78,69  |
|   | $\Delta H_d$ | 0,2896          | 0,3062 | 0,9974  | 1,0192 | 1,6031              | 1,6235 | 1,832          | 1,8548 |
| 0,5 g/l K-szorbát   | T(kezdeti)   | 57,56           | 61,02  | 68,57   | 71,95  | 65,08               | 67,82  | 66,21          | 69,75  |
|   | T(max)       | 60,45           | 64,69  | 73,09   | 78,97  | 75,68               | 78,64  | 75,12          | 78,36  |
|   | $\Delta H_d$ | 0,2888          | 0,3010 | 1,0092  | 1,0234 | 1,7166              | 1,7342 | 1,9037         | 1,9193 |
| 0,1 g/l Na-benz.  | T(kezdeti)   | 58,49           | 61,61  | 69,58   | 73,7   | 68,2                | 71,72  | 68,58          | 72     |
|   | T(max)       | 61,89           | 65,15  | 78,73   | 83,19  | 76,71               | 79,97  | 76,24          | 79,54  |
|   | $\Delta H_d$ | 0,2748          | 0,2896 | 0,9459  | 0,9547 | 1,8154              | 1,8292 | 1,9128         | 1,9352 |
| 0,3 g/l Na-benz.  | T(kezdeti)   | 57,69           | 61,01  | 68,97   | 71,69  | 67,81               | 71,29  | 69,25          | 71,21  |
|   | T(max)       | 61,25           | 64,23  | 78,33   | 81,61  | 76,53               | 79,77  | 76,96          | 78,7   |
|   | $\Delta H_d$ | 0,2815          | 0,2953 | 0,9517  | 0,9683 | 1,7374              | 1,762  | 1,9902         | 2,1362 |
| 0,5 g/l Na-benz.  | T(kezdeti)   | 57,35           | 61,09  | 69,44   | 73,28  | 68,05               | 70,51  | 65,78          | 67,2   |
|   | T(max)       | 60,99           | 64,03  | 74,53   | 78,15  | 76,94               | 79,08  | 71,25          | 72,59  |
|   | $\Delta H_d$ | 0,2798          | 0,2940 | 1,0250  | 1,0492 | 1,6652              | 1,6854 | 1,9441         | 2,1023 |

*T(kezdeti) – denaturáció kezdetének hőmérséklete [°C]*

*T(max) – denaturációs csúcshőmérséklet [°C]*

*$\Delta H_d$  - denaturációs entalpiaváltozás [J/g]*

Összefoglalva elmondhatom, hogy méréseim alapján már a pH-érték 5,0-re csökkentésével szignifikánsan megváltoztak a tojáslé-minták kalorimetrikus paraméterei. Az minták savanyításának hatására bekövetkező denaturációs entalpia csökkenés mellett a fehérjében a denaturációs hőmérséklet lecsökkenése is megfigyelhető volt. Míg natív állapotban a fehérje 60°C-on kezdett kicsapódni, addig pH 5,0 érték mellett már 54,5°C megkezdődött a denaturáció. Nátrium-benzoát és kálium-szorbát tojáslevekhez adagolása esetén az általam vizsgált kalorimetrikus értékekben csak a tartósítószer 0,5 g/l mennyiségben tartalmazó teljes tojáslében tapasztaltam szignifikáns eltérést.

Vizsgálataim bizonyítják, hogy a megengedett koncentrációban alkalmazott tartósító adalékanyagok megváltoztathatják a tojáslé-termékek olyan kalorimetrikus tulajdonságait, mint a kezdeti denaturációs hőmérséklet.

## 6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK, TÉZISEK

1. Megállapítottam, hogy az 55°C-os 24 órás hőkezelés alkalmas *Salmonella* Enteritidis mentes tojáslé-termékek előállítására.
2. Megállapítottam, hogy a hűtött tojáslevek kezelési hőmérsékletre történő felmelegítésének sebessége szignifikáns ( $P < 0,05$ ) hatással van a benne lévő *Salmonella* Enteritidis, *Staphylococcus aureus*, *Echerichia coli* és *Listeria monocytogenes* baktériumok hőtoleranciájára. A 15 percet meghaladó idejű felmelegítés akár három-négyszeresére is növelheti ezen mikroba  $D_{50-55}$  értékét, amit egy előzetes (58°C, 10 perc) hőkezelés tovább növelhet.
3. Igazoltam, hogy a *Salmonella* spp. hőpusztulása tojássárgája-lében, teljes-tojáslében és tojásfehérje-lében szignifikánsan eltérnek az 55°C-os 24 órás hőntartás során. Míg a *Salmonella* spp.  $D_{55}$ -értéke 24 órás hőntartás során tojásfehérje-lében a legkisebb, tojássárgájában a legnagyobb.
4. DSC módszerrel megállapítottam, hogy a tojásfehérje-lében 55°C-on történő hőkezelése során nem történik fehérje denaturáció. Továbbá az 55°C-on 24 órán át kezelt tojásfehérje-lé reológiai, habképző és habtartó tulajdonságai nem térnek el szignifikánsan a nyers, ill. hagyományos módon kezelt (64°C-on 5 percig hőkezelt) tojásfehérje-levektől.
5. Vizsgálataim bizonyítják, hogy a tojáslé termékekben megengedett tartósító adalékanyagok (citromsav, Na-benzoát, K-szorbát) már a Magyar Élelmiszerkönyvben engedélyezett koncentráció határokon belül is megváltoztathatják a tojáslé-termékek olyan kalorimetrikus tulajdonságait, mint a kezdeti denaturációs hőmérséklet. A már 55°C-nál alacsonyabb hőmérsékleten bekövetkező fehérje denaturációt figyelembe kell venni a hőkezelési paraméterek megválasztásánál.

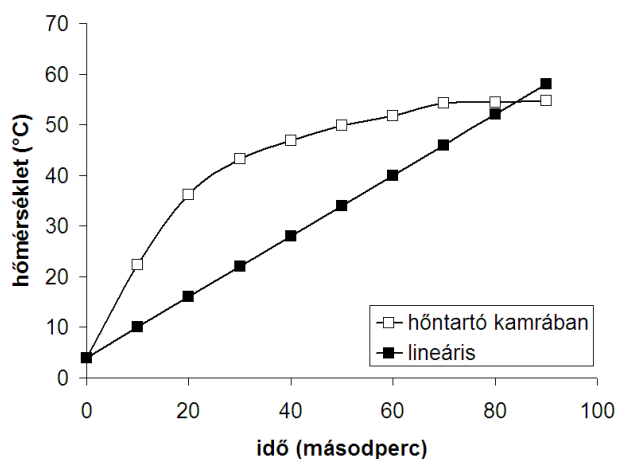
## 7. JAVASLATOK

Doktori munkámban a hűtve csomagolt, majd 55°C-on, ill. az alatti hőmérsékleten hőkezelt tojáslevekben hőntartás alatt bekövetkező mikrobiológiai és fizikai változásokat vizsgáltam. Méréseim során annak vizsgálatára koncentráltam, hogy a tojásle-termekek fehérjedenaturáló határhőmérsékleten mikrobiológiailag stabilak-e alacsony hőmérsékletű, hosszú idejű hőkezeléssel.

A csomagolóanyagba töltött tojáslevek viszonylag lassan veszik fel a kezelési hőmérsékletet, ami a bennük lévő baktériumok megnövekedett hőtoleranciájához vezethet. A minták lassú hőmérséklet felvétele annak köszönhető, hogy felfűtő közegnek levegőt használtam, melynek korlátozott a hőátadása és a hőkapacitása.

Napjainkban a tojásle-termekeket szinte kizárólag hőkezeléssel tartósítják, és a tojás viszonylag alacsony ára számos új tartósítási eljárás elterjedését megnehezíti. Ugyanakkor egyes új technológiákkal megoldható lenne a tojáslevek csomagolóanyagban történő kezelése anélkül, hogy a hősokk-válással számolni kéne. Ilyen tartósítási technológia a nagy hidrosztatikus nyomású technológia (HHP, high hydrostatic pressure) mely hatása az élelmiszer egész tömegében egyszerre, egyenletesen (izo-sztatikus) érvényesül. Így a nyomáskezelés hatása a hőkezeléssel ellentétben nem függ a kezelendő, előre csomagolt tojásle mennyiségétől. HHP technológiával már mi is végeztünk sikeres kísérleteket *S. Enteritidis*, *L. monocytogenes* és *S. aureus* mikrobákra vonatkozóan (NÉMETH et al., 2011).

Doktori munkámban a kezelési hőmérséklet és felmelegítési idő függvényében vizsgáltam a *S. Enteritidis*, az *E. coli*, az *S. aureus* és a *L. monocytogenes* tizedelési idejének változását. Az laboratóriumi körülmények közötti egyszerűbb reprodukálhatóság és az eltérő felmelegedési idők pontosabb beállíthatósága miatt lineáris felmelegítést alkalmaztam. Ugyanakkor a hőntartásos technológia ipari alkalmazása során a



**60. ábra. Tojásle-felmelegedése hőntartó terem ill. lineáris felmelegedés alkalmazása mellett**

hőntartó teremben a tojáslevek felmelegítése nem lineáris sebességgel történik (60. ábra). A nem lineáris felmelegítéssel történő hőkezelés hatására vonatkozóan csak a 5.1. fejezetben láthatóak (*S. Enteritidis*-re vonatkozó) hőpusztulás kinetikai adatok. Így érdemes lenne

megvizsgálni a különböző időtartalmú, nem lineáris felmelegítési sebességű felmelegítési idő hatását a tojásban szóba jöhető patogén baktériumok tizedelési idejére vonatkozóan.

Vizsgálataim folytatását érdemes lenne kiterjeszteni a hősokk fehérjék mennyiségi, összetételi vizsgálatára is. Mint azt az irodalmi áttekintésben említettem, mai napig nem teljesen ismert, hogy a hősokk (vagy más környezeti stresszorok) miként aktivizálja a hősokk-tényezőt, milyen és mekkora mennyiségű hősokk fehérje szintézist aktivál. Egyes sejtek, mint például a *L. monocytogenes* sejtek különböző stressz-fajtákra egy-egy meghatározott fehérjét generálnak. Néhány fajta fehérjét két vagy három stressz-körülmény egyaránt kiválthat. Mivel kísérleteim során az olykor az irodalmi adatok között szereplőknél is jóval magasabb szerzett hőtoleranciát tapasztaltam egyes mikrobáknál, érdekes lenne például 2D-PAGE technológiával megvizsgálni, ezt milyen hősokk fehérjék okozzák.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

A mai korszerű tojásfeldolgozó üzemek különböző pasztörözési technológiákat fejlesztettek ki, melyeknél minden esetben két fontos problémát kell szem előtt tartani: minél több romlást okozó mikroba és minden patogén mikroba pusztuljon el, ugyanakkor a tojás értékes anyagai ne károsodjanak.

A gyakorlatban leginkább olyan pasztörözési eljárások terjedtek el, amelyek során a tojáslevet szakaszosan vagy folyamatosan hőcserélőn vezetik át, ahol néhány perces hőkezeléssel csökkentik az élő sejtszámot. Pasztörözés után dobozást követő hűtve tárolás vagy a tojáslé porlasztva szárítása a következő technológiai lépés, melyeket követően a tojáslé-termékek élelmiszerbiztonsági szempontoknak megfelelően jutnak el a fogyasztókhoz.

A piaci verseny megkívánja a hűtve forgalmazott tojáslé-termékek eltarthatósági idejének növelését, ehhez viszont hatékonyabb eljárások kidolgozására van szükség. Egy lehetséges megoldás a tojáslé alacsony hőmérsékletű (55°C, vagy az alatti), hosszú ideig tartó (6 órát meghaladó) hőntartása. Amennyiben csomagolt tojásleveket kezelnének hőntartással, ki lehet zárni a hőkezelés utáni utófertőződés esélyét. Azonban számolni kell azzal, hogy a tojáslevek felmelegedése csomagolóanyagban viszonylag hosszú időt vehet igénybe, amely a hősokk hatása miatt a baktériumok megnövekedett hőtoleranciájához vezethet.

Fontos továbbá megvizsgálni, hogy a hőntartásos tartósítás elvégezhető-e már pasztörözött tojáslé-termékeken. Ugyanis amennyiben a pasztörözés hatására jelentősen megnövekedik a tojáslében lévő mikrobák hőrezisztenciája, úgy a már pasztörözött, dobozott levek nem kezelhetők hőntartással.

A technológia kivitelezhetőségét tovább egyszerűsítene, ha a fehérje-, sárgája- és teljes-tojáslevet azonos körülmények között egyszerre lehetne kezelni, így azt is érdemes megvizsgálni, hogy a különböző tojáslevekben mennyire eltérő a mikrobák hőpusztulása.

Ismert tény, hogy a tojáslé-termékek eltarthatósági ideje jelentősen meghosszabbítható tartósítószer alkalmazásával. Ugyanakkor keveset tudni arról, hogy amennyiben a csomagolás előtt a nyers tojásléhez citromsavat, Na-benzoátot, K-szorbátot adagolunk, azok hogyan befolyásolják a tojáslé hőérzékeny alkotóinak hőstabilitását, mivel ezeket a tartósító szereket a már hőkezelt tojáslevekbe szokták bekeverni.

A termékek mikrobiológiai stabilitása mellett fontos hogy érzékszervi és funkcionális tulajdonságaik, mint amilyen a tojásfehérje habképző és habtartó képesség ne romoljanak.

Mindezek alapján a következő kérdésre kerestem a választ:

1. A tojáslé-termékek fehérjedenaturáló határhőmérsékleten mikrobiológiailag stabillá tehetőek-e hosszú idejű hőkezeléssel?

2. Növeli-e az előzetes pasztörözés a hőntartásos kezelés élelmiszerbiztonsági kockázatát?
3. *Salmonella* spp. hőrezisztenciájára jelentős hatással van-e hőntartás során, hogy a tojásfehérje-, tojássárgája-lé és teljes tojáslé mintákban van?
4. A legnagyobb mennyiségben használt tojáslé-termékben, a teljes tojáslében hogyan változik a *Salmonella* Enteritidis, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* és *Staphylococcus aureus* tizedelési ideje a felmelegítési sebesség és a hőkezelési hőmérséklet függvényében?
5. A különböző tartósítási eljárások befolyásolják-e a tojásfehérje habképző képességét és a hab stabilitását?
6. Kimutatható-e DSC ill. NIR módszerrel 50 – 55°C-os hosszú ideig tartó hőntartás során kalorimetrikus, szerkezeti változás a tojásfehérjében?
7. Amennyiben a tartósítószerket még hőkezelés előtt a nyers tojáslevekhez hozzáadjuk, azok befolyásolják-e a hőérzékeny frakciók hőstabilitását?

Elsőként *Salmonella* Enteritidis és tojásporból izolált „*Salmonella* izolátum” hőpusztulását vizsgáltam tojáslevekben előzetes pasztörözés alkalmazásával, illetve anélkül. Olyan mértékben fertőztem meg *Salmonella*-val mintákat, hogy  $10^6$ - $10^7$  TKE/ml nagyságrendű legyen a kiindulási élőcsíraszám. A mikrobák beoltását a tojáslé-termékekbe 4°C-on végeztem. Az inokulummal megfertőztem 3-3 párhuzamos tojásfehérje-lé, tojássárgája-lé, teljes-tojáslé és kontrollként alkalmazott peptonvíz minta 100-100 ml-ét.

Meghatározva az élőcsíraszámok időbeli csökkenését, megállapítottam, hogy a csomagolást követő, 55°C-os hőntartás a 24 órás vizsgálat végére a kimutathatósági szint alá csökkenti a *Salmonella*-számot. Azonban a kezelést megelőző pasztörözés megnövelheti a *Salmonella* spp. hőtoleranciáját, ha ez a jelenség nem is mindig jelentkezik szignifikánsan.

Az előzetes pasztörözésnél sokkal jelentősebb hatása volt a mikrobák hőrezisztenciájára a minták lassú felmelegedésének. Ugyanis a termosztátba kerülésük után a *Salmonella*-val fertőzött tojáslevek és a peptonvíz több mint 2-3 óra elteltével érték el az 55°C-os kezelési hőmérsékletet, mely idő alatt a bennük lévő *Salmonella* baktériumokat feltehetőleg hősokk hatás érte, mely hőtoleranciájuk többszörösére növekedéséhez vezetett.

A hőkezelési hőmérséklet eléréséhez szükséges, hősokk-választ kifejtő hosszú felmelegedési idő hatásának vizsgálatához központi összetett rotációs elrendezésű kísérlettervet (CCD) használtam. Az összetett vizsgálatok időigényessége miatt csak a mikrobiológiailag legkockázatosabb teljes-tojáslevet vizsgáltam, melyeket *Salmonella* Enteritidis, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* baktériumokkal fertőztem meg. Az egyes változók (felmelegítési sebesség, hőntartási hőmérséklet) tizedelési



időre (D-érték) gyakorolt hatásának elemzéséhez a választó-felület módszert (RSM) használtam.

A mesterségesen fertőzött, 4°C-os teljes-tojásleveket szabályozható hőmérsékletű keverős termosztátba helyeztem. Ezt követően a mintákat lineárisan melegítettem 1,0–5,1°C/perc sebességgel 50,1–54,9°C hőmérsékletre, majd az adott hőmérsékleten tartva, 20 percen keresztül mértem az élőcsíraszám változását 5 percenkénti mintavétel mellett. Az élőcsíraszám meghatározásához hígítási sort készítettem, majd lemezöntéssel meghatároztam a minták mikrobaszámát.

Mérési eredményeim alapján a vizsgált mikrobák közül mindegyik tizedelési idejére szignifikáns ( $p < 0,15$ ) hatása volt a felmelegítési sebességnek az 1–5,1°C·min<sup>-1</sup> tartományban. A hőmérséklet 48,96–56,04°C-os tartományban egyedül a *Listeria monocytogenes* D-értékére nem volt szignifikáns hatással.

Eredményeim azt mutatták, hogy azokban az esetekben, amikor a teljes-tojáslevek viszonylag hosszú idő alatt melegednek fel a kezelési hőmérsékletre, számolni kell azzal, hogy egyes mikrobák tizedelési ideje extrém módon, akár három-négyszeresére is megnövekedhet, amit főként alacsony kezelési hőmérsékleten kell szem előtt tartani.

Megvizsgáltam, hogy a hosszú idejű hőkezelés alatt megőrzi-e tojásfehérje a techno funkcionális tulajdonságait. Összehasonlítottam a 24 órán át 55°C-on hőntartott tojásfehérje-lé reológiai és habstabilitásra vonatkozó tulajdonságait a nyers, a pasztőrözött és porból rehidratálva nyert tojáslé tulajdonságaival. A cukrászatokban a tojásfehérjéhez hab készítésekor szacharózt, különböző édesítőszereket adnak, így vizsgálataimban a tartósítási eljárás mellett ezek hatását is megvizsgáltam. Mind a viszkozitás, mind a habstabilitás vizsgálata során lehetett bizonyos trendeket megállapítani, de összességében elmondható, hogy a hőntartott tojásfehérje-lé és a pasztőrözött, illetve nyers tojásfehérje-léből készült habok tulajdonságai között nem lehet szignifikáns különbséget kimutatni. Az érzékszervi vizsgálatok során a bírálók nem tudták megkülönböztetni a különböző módon tartósított tojásfehérje-levekből készült habokat. A bírálók véleménye alapján az egyes termékek érzékszervi tulajdonságai között szignifikáns különbség nem volt, kellemetlen mellékíz nem azonosítottak.

A tojásfehérje-lében a hőntartás során bekövetkező kalorimetrikus és szerkezeti változások vizsgálatára DSC és NIR módszereket alkalmaztam. 50, 55 és 60°C-on 24 órán át hőntartottam a nyers tojásfehérje-lé mintákat, és a bennük bekövetkező változásokat 3, 6, 9, 12, ill. 24 óra után vizsgáltam. Az 50, 55°C-os hőkezelésnél nem tapasztaltam összefüggést a hőkezelés és a tojásfehérje-lében bekövetkező változás között így arra a következtetésre jutottam a DSC valamint a NIR mérések alapján, hogy az 50–55°C-os hőkezelés hatására nem

történik számottevő fehérje denaturáció vagy szerkezeti változás hosszan tartó hőntartás hatására sem a tojásfehérje-lében. Így ilyen hőmérsékletű hőkezelések alkalmazásával olyan technológia kidolgozása lehetséges, ahol az élősíraszám nagymértékű csökkentése mellett, a termék megőrzi előnyös, a natív tojásra jellemző tulajdonságait.

60°C-on találtam korrelációt a tojásfehérje-lé PQS minőségpontjai és a hőkezelési idő között, így bizonyítottam, hogy a NIR módszer alkalmas a fehérje denaturáció nyomkövetésére. Továbbá a különböző időpontokig 60°C-on hőkezelt tojásfehérje-lé termékekhez tartozó NIR alapspektrumok és a DSC eredmények összehasonlítása is alátámasztotta azt a megállapítást, hogy az 50 illetve 55°C-on való hőntartás esetében a tojásfehérje-lében nincs, ill. elenyésző mértékű a fehérje denaturáció.

Megvizsgáltam, hogy a tartósítószer hogyan befolyásolja a tojáslevek kalorimetrikus tulajdonságait. Vizsgálataim során nátrium-benzoátot valamint kálium-szorbát külön-külön adagoltam a mintákhoz úgy, hogy 0,1; 0,3; 0,5 g/l koncentrációjú oldatokat kapjak, továbbá citromsavval különböző pH-értékűre (5,5; 5,0; 4,5) savanyítottam a tojásle-mintákat. Méréseim alapján már a pH-érték 5,0-re csökkentésével szignifikánsan megváltoztak a tojásle-minták kalorimetrikus paraméterei. A minták savanyításának hatására bekövetkező denaturációs entalpia csökkenés mellett a fehérjében a denaturációs hőmérséklet lecsökkenése is megfigyelhető volt. Míg natív állapotban a fehérje 60°C-on kezdett denaturálódni, addig pH=5,0 érték mellett már 54,5°C-on megkezdődött a denaturáció. Nátrium-benzoát és kálium-szorbát tojáslevekhez adagolása esetén az általam vizsgált kalorimetrikus értékekben csak a tartósítószer 0,5 g/l mennyiségben tartalmazó teljes tojásle-ben tapasztaltam szignifikáns eltérést.

Vizsgálataim bizonyítják, hogy a megengedett koncentrációban alkalmazott tartósító adalékanyagok megváltoztathatják a tojásle-termékek olyan kalorimetrikus tulajdonságait, mint a kezdeti denaturációs hőmérséklet.

## 8. SUMMARY

Today's modern egg-processing plants have developed several pasteurization technologies. But two things are paramount: killing all the pathogens and as many spoilage bacteria as possible while simultaneously keeping the essential components of the egg from harm.

By and large, in practice pasteurization methods have spread in which liquid egg is subjected to heat exchange (batch or continuous), and the number of living cells is reduced during a few minutes of heat treatment. Following pasteurization liquid egg is either packaged and refrigerated or spray-dried to a powder, a process which ensures that the liquid egg product reaches the consumer in a condition which meets the food safety standards.

Competition in the market demands longer shelf-life for refrigerated liquid egg products. However, to achieve this, more efficient processing measures are called for. One possible solution is warm holding of liquid egg at low temperatures (55°C or less) for a long time (more than 6 hours). If packaged liquid eggs are heat-treated, the danger of post-heat-treatment re-infection is obviated. On the other hand, there is the factor of warmup time to be reckoned with, which means that due to heat-shock, bacteria may develop a higher tolerance to heat.

Furthermore, an important question—and one that needs more examination—is whether preservation by warm holding is possible with already pasteurized liquid egg products. Namely, since heat resistance of microbes in liquid egg is increased by the effect of pasteurization, previously pasteurized, packaged liquid eggs cannot be heat-treated by warm holding.

It would simplify the application of the technology even further if we could treat eggwhite, yolk, and whole liquid egg under the same conditions. That is why it is worth examining the variations in the lethality of microbes in the various egg products.

It is well known that liquid egg products can be stored considerably longer when preservatives are added. But we know little about what happens to the heat stability of their heat-sensitive components, if prior to packaging citric acid, sodium benzoate, or potassium sorbate are added to these raw egg products. Preservatives are usually mixed into previously heat-treated liquid eggs.

In addition to microbiological stability, the sensory and functional characteristics of the products must be considered, not to mention the foam-forming and foam-holding capacity of eggwhite.

With all of this in mind, I have searched for answers to the following questions:

1. Can liquid egg products be microbiologically stabilized at limiting temperature (i. e., at the temperature just before egg-white is denatured), using long-term heat-treatment?
2. Does pasteurization prior to long-term heat-treatment increase the risk of food safety hazards?
3. Is there a significant effect on the heat resistance of *Salmonella* spp. during heat-treatment, depending on the medium it is in (eggwhite, yolk, and liquid whole egg)?
4. Liquid whole egg is used in the largest quantities among liquid egg products. How does the D-value of *Salmonella* Enteritidis, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Staphylococcus aureus* change in liquid whole egg as a function of heating rate and temperature of heat-treatment?
5. Do the various methods of preservation influence foaming ability and foam stability of eggwhite?
6. Is it possible to detect with DSC or NIR methods calorimetric or structural changes in eggwhite as a result of long term heat treatment at 50 – 55°C?
7. If preservatives are added to raw liquid egg prior to heat-treatment, do they affect the heat stability of heat-sensitive components?

First, an examination was made on heat destruction of *Salmonella* Enteritidis and *Salmonella* „isolate” from milk powder in liquid eggs both with and without prior pasteurization. Inoculation with *Salmonella* samples was carried out so that an initial level of  $10^6$ - $10^7$  CFU/ml viable cell count was achieved. The microbes were inoculated in liquid egg products at 4°C. Hundred millilitres of liquid eggwhite, liquid egg yolk, liquid whole egg, and as a control, peptone diluent were inoculated in triplicates.

Having determined the reduction in number of viable cells over time, I concluded that by the end of the 24-hour examination, post-packaging heat treatment at 55°C reduced the *Salmonella* count to below the detectable level. Nevertheless, prior pasteurization increased the heat tolerance of *Salmonella* spp., although this phenomenon did not always manifest itself significantly.

Slow warming up of samples had a more considerable effect on heat resistance of microbes than prior pasteurization did. Thus, after being placed in the thermostat, the *Salmonella*-infected liquid eggs and peptone diluent reached the treatment temperature of 55°C within more than 2-3 hours, during which time we can presume that *Salmonella* bacteria received a heat shock that multiplied their heat tolerance.

CCD (central complex rotation design) was used in the experiments for the determination of the effect of long heat-up time necessary to reach the heat treatment temperature and responsible for the heat shock effect. Due to the time-consuming nature of

the complex experiments, only the most microbiologically risky product, liquid whole egg, was used. It was infected with the following bacteria: *Salmonella* Enteritidis, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Staphylococcus aureus*. The RSM (response surface method) was used to analyse the effects of different variables (rate of heating-up, heat treatment temperature) on D-value.

The artificially inoculated liquid whole egg samples (temperature: 4°C) were placed in a thermostat with temperature control and stirring capacity. Afterwards, samples were heated linearly at a rate of 1,0–5,1°C/minute to a temperature of 50,1–54,9°C, after which viable cell counts were measured every 5 minutes for 20 minutes, while maintaining constant temperature. A dilution series was prepared and then viable cell count was determined by pour plate method.

My results showed that in the 1–5,1°C·min<sup>-1</sup> range, rate of warming up had a significant effect ( $p < 0,15$ ) on the decimal reduction time of each microbe studied. There was only one exception: in the 48,96–56,04°C range, temperature had no significant influence on D-value of *Listeria monocytogenes*.

These results demonstrated that when liquid whole egg was heated relatively slowly up to treatment temperature, it could be expected that certain microbes' decimal reduction time might become extremely high, even 3 or 4 times higher, which mainly must be considered when using low treatment temperatures.

I investigated whether eggwhite maintained its techno-functional characteristics during long-term heat treatment. Rheological characteristics and foam stability of heat-treated (at 55°C for 24 hours) liquid eggwhite were compared to the ones of raw, pasteurized and from egg-powder re-hydrated liquid eggwhites. Confectioners add saccharin and various sweeteners to eggwhite when preparing whipped eggwhite, so during my experiments beside the preservation process, I also studied the effects of these additives. There were certain trends to be observed in both the viscosity and foam stability tests. However, all things considered, there was no real detectable difference between heat treated liquid eggwhite and pasteurized, or raw liquid eggwhite foams. During sensory tests, testers were unable to differentiate among foams prepared from eggwhite preserved by various methods. The testers' opinions were that no significant sensory difference existed between the various products, and they did not sense any unpleasant off-tastes, either.

DSC and NIR methods were applied in order to study calorimetric and structural changes during heat treatment of liquid eggwhite. Samples of raw liquid eggwhite were heat-treated at 50, 55 and 60°C for 24 hours, and the consequent changes were recorded after 3, 6, 9, 12, and 24 hours. At 50, and 55°C, no correlation was found between heat treatment and

changes in liquid egg white. Therefore, based on the DSC and NIR measurements I concluded that even during long-term heat treatment of liquid eggwhite at 50-55°C, neither detectable protein denaturation nor structural changes occurred. Thus, using this kind of heat treatment, it is possible to develop a technology in which the living cell count decreases, while the product keeps its beneficial, native egg-like qualities.

Correlation was found at 60°C between the PQS quality points of liquid eggwhite and the holding time, which led me to conclude that the NIR method is suitable for detecting protein denaturation. Furthermore, comparison of NIR base spectra with the DSC results of heat treated liquid eggwhite treated for various holding times at 60°C, supported the conclusion that at 50 or 55°C heat treatment, there is little or no measurable protein denaturation in liquid egg white.

An examination was made about the influence of preservatives on calorimetric features of liquid eggs. During the tests, sodium benzoate and potassium sorbate were added separately to the samples so that concentrations of 0.1; 0.3; and 0.5 g/l were achieved; and pH of liquid egg samples was set by citric acid to pH 5.5; 5.0; and 4.5, respectively. According to the measurements, even after reducing pH to 5.0, significant changes occurred in the calorimetric parameters of the samples. Enthalpy of denaturation decreased as a result of acidification of the samples, and temperature of eggwhite denaturation decreased as well. Whereas in native state eggwhite started to denature at 60°C, at pH=5.0 denaturation already commenced at 54,5°C. When sodium benzoate or potassium sorbate were added to liquid eggs, the calorimetric values I observed were significantly different only when the amount of preservative was 0.5 g/l for liquid whole egg.

My experiments proved that preservatives added in the approved concentrations may alter calorimetric characteristics (e.g. initial denaturation temperature) of liquid egg products.

# MELLÉKLETEK

## M1 Irodalomjegyzék

- ADAMS, M.R., MOSS, M.O. (1995): Bacterial Agents of Foodborn Illnesses, Food Microbiology, The Royal Society of Chemistry
- ABKARIAN, M., SUBRAMANIAM, A.B., KIM, S.-H., LARSEN, R., YANG, S.-M., STONE, H.A. (2007): Dissolution arrest and stability of armored bubbles. *Physical Review Letters*, 99(18) 1-4. p.
- ABDEL-NOUR, N., NGADI, M., PRASHER, S., KARIMI, Y. (2009): Prediction of egg freshness and albumen quality using visible/near infrared spectroscopy. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5) 731-736. p.
- ALLEN, K.E., DICKINSON, E., MURRAY, B.S. (2006): Acidified sodium caseinate emulsion foams containing liquid fat: a comparison with whipped cream. *LWT - Food Science and Technology*, 39(3) 225–234. p.
- ALLEN, K.E., DICKINSON, E., MURRAY, B.S. (2008a): Development of a model whipped cream: effects of emulsion droplet liquid/solid character and added hydrocolloid. *Food Hydrocolloids*, 22(4) 690–699.
- ALLEN, K.E., DICKINSON, E., MURRAY, B.S. (2008b): Whipped cream-like textured systems based on acidified caseinate-stabilized oil-in-water emulsions. *International Dairy Journal*, 18(10-11) 1011–1021. p.
- ALLEONI, A.C.C. (2006): Albumen protein and functional properties of gelation and foaming, *Scientia Agricola*, 63(3) 291-298. p.
- ALVAREZ, I., NIEMIRA, B .A., FAN, X., SOMMERS, C.H. (2006): Inactivation of *Salmonella* Serovars in liquid whole egg by heat following irradiation treatments. *Journal of Food Protection*, 69(9) 2066-2074. p.
- ANDRÁSSY, É., FARKAS, J., SEREGÉLY, ZS., DALMADI, I., TUBOLY, E., LÉBOVICS, V. (2006): Changes of hen eggs and their components caused by non-thermal pasteurizing treatments II. Some non-microbiological effects of gamma irradiation or hydrostatic pressure processing on liquid egg white and egg yolk. *Acta Alimentaria*, 35(3) 305-318. p.
- ARCHER, D. L. (1996): Preservation microbiology and safety: Evidence that stress enhances virulence and triggers adaptive mutations. *Trends in Food Science and Technology*, 7(3) 91–95. p.
- ARSENE, F., TOMOYASU, T., BUKAUA, B. (2000): The heat shock response of *Escherichia coli*. *International Journal of Food Microbiology*, 55(1-3) 3-9. p.
- BANKS, J.G., BOARD, R.G., SPARKS, N.H.C. (1986): Natural antimicrobial systems and their potential in food preservation of the future. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 8(2-3) 103–147. p.

- BARRETT, A.J. (1986): The cystatins: a new class of peptidase inhibitors. *Trends in Biochemical Sciences*, 12(2) 193-196. p.
- BEZKOROVAINY, A. (1981): Antimicrobial properties of iron-binding proteins. In: Phillips, M., Baetz, A. editors. Diet and resistance to disease. Advances in Experimental Medicine and Biology, Plenum Press, New York. 139-154. p.
- BIEDRZYCKA, E., BIELECKA, M. (2004): Prebiotic effectiveness of fructans of different degrees of polymerization, *Trends in Food Science & Technology*, 15(3-4) 170-175. p.
- BINKS, B.P. (2002): Particles as surfactants-similarities and differences. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 7(1-2) 21–41. p.
- BINKS, B.P., HOROZOV, T.S. (2005): Aqueous foams stabilized solely by silica nanoparticles. *Angewandte Chemie International Edition*, 44(24) 3722–3725. p.
- BINKS, B.P., MURAKAMI, R. (2006): Phase inversion of particle-stabilized materials from foams to dry water. *Nature Materials*, 5(11) 865–869. p.
- BINKS, B.P., KIRKLAND, M., RODRIGUES, J.A. (2008): Origin of stabilization of aqueous foams in nanoparticle-surfactant mixtures. *Soft Matter*, 4(12) 2373–2382. p.
- BLANKENHORN, G., OSUGA, G.T., LEEA, H.S., FEENEY, R.E. (1975): Synthesis of immobilized flavin derivatives and their use in purification of chicken egg-white ovoflavoprotein. *Biochimica et Biophysica Acta*, 386(2) 470-478. p.
- BOARD, R.G., FULLER, R. (1974): Non-specific antimicrobial defences of the avian egg, embryo end neonate. *Biological Reviews*, 49(1) 15-49. p.
- BORNET, F. R. J., BROUNS, F., TASHIRO, Y., DUVILLIER, V. (2002): Nutritional aspects of short-chain fructooligosaccharides: natural occurrence, chemistry, physiology and health implications, *Digestive and Liver Disease*, 34(S2), 111-120. p.
- BOX, G.E.P., DRAPER, N.R. (1987): Empirical Model-building and Response Surfaces. John Wiley and Sons Inc., NY
- BRADEN, C.R. (2006): *Salmonella enterica* serotype Enteritidis and eggs: A national epidemic in the United States. *Clinical Infectious Diseases*, 43(4), 512-517. p.
- BROOKS, J., HALE, H.P. (1961): The mechanical properties of the thick white of the hen's egg. II. The relation between rigidity and composition. *Biochimica et Biophysica Acta*, 46(2) 289–301. p.
- BRUL, S., COOTE, P. (1999): Preservative agents in foods: Mode of action and microbial resistance mechanisms. *International Journal of Food Microbiology*. 50(1-2), 1-17. p.
- BRYSON, J.L., CHEDID, L., MICHAELS, J.M., RAPP H., CASCIONE, A.S. (1995): Egg pasteurization. US 5455054
- BUNNING, V. K., CRAWFORD, R. G., TIERNEY, J. T., PEELER, J. T. (1990): Thermotolerance of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* Typhimurium after sub lethal heat shock. *Applied and Environmental Microbiology*, 56(10) 3216–3219. p.



- BURLEY, R.W., VADEHRA, D.V. (1989): The avian egg, chemistry and biology. Wiley, Toronto.
- BURDON, R.H. (1986): Heat shock and the heat shock proteins. *Biochemical Journal*, 240(2) 313–324. p.
- CEBRIÁN, G., CONDÓN, S., MAÑAS P. (2009): Heat-adaptation induced thermotolerance in *Staphylococcus aureus*: Influence of the alternative factor  $\sigma_B$ . *International Journal of Food Microbiology*, 135(3) 274-280. p.
- CERVANTES-MARTINEZ, A., RIO, E., DELON, G., SAINT-JALMES, A., LANGEVIN, D., BINKS, B.P. (2008): On the origin of the remarkable stability of aqueous foams stabilized by nanoparticles: link with microscopic surface properties. *Soft Matter* 4(7) 1531–1535. p.
- CHHABRA, A.T., CARTER, W.H., LINTON, R.H., COUSIN, M.A. (2002): A predictive model that evaluates the effect of growth conditions on the thermal resistance of *Listeria monocytogenes*. *International Journal of Food Microbiology*, 78(3) 235-243. p.
- CHERIAN, G., SIM, J.S. (1991): Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acids composition of eggs, embryos, and newly hatched chicks. *Poultry Science*, 70(4) 917-922. p.
- CIURCZAK, E. W.(1992): Principles of near-infrared spectroscopy. In: Handbook of Near-Infrared Analysis, 7-11 .p.
- CRUICKSHANK, E.M. (1934): Studies in fat metabolism in the fowl. *Biochemical Journal*, 28(3) 965–977. p.
- CONNOR, W.E., NEURINGER, M., REISBICK S., (1992): Essential fatty acids: the importance of n-3 fatty acids in the retina and brain. *Nutrition Reviews*, 50(4) 21-29. p.
- COTTERILL, O.J., GLAUERT, J.L. (1979): Nutrient values for shall, liquid/frozen, and dehydrated eggs derived by linear regression analysis and conversion factors. *Poultry Science*, 58(2) 131-134. p.
- COX, A.R., CAGNOL, F., RUSSELL, A.B., IZZARD, M.J. (2007): Surface properties of class II hydrophobins from *Trichoderma reesei* and influence on bubble stability. *Langmuir*, 23(15) 7995–8002. p.
- CROGUENNEC, T., RENAULT, A., BEAUFILS, S., DUBOIS, J.-J., PEZENNEC, S. (2007): Interfacial properties of heat-treated ovalbumin. *Journal of Colloid and Interface Science*, 315(2) 627–636. p.
- CUNNINGHAM, F.E., LINEWEAVER, H. (1965): Stabilization of egg-white proteins to pasteurizing temperatures above 60°C. *Food Technology*, 19(12), 1442-1447. p.
- CUTLER, J., HOLLANDER, A.G.D., ROS, A.J. (2000): Method for treating a liquid egg product. US 6149963
- DALMADI, I., SEREGÉLY, Zs., KAFFKA, K., FARKAS, J. (2007): Néhány többváltozós kemometriai módszer alkalmazása műszeres analitikai vizsgálatok értékelésére. *Élelmiszervizsgálati közlemények*, 53(4) 222-238. p.

- DAMODARAN, S. (2005): Protein stabilization of emulsions and foams. *Journal of Food Science*, 70(3) R54–66. p.
- DAVIDSON, L.J. (2004): Pasteurized eggs. US 6692784
- DEÁK, T. (2006): Élelmiszer mikrobiológia, Budapest, Mezőgazda Kiadó
- DECKERS, D., VANLINT, D., CALLEWAERT, L., AERTSEN, D., MICHIELS, C.W. (2008): Role of Ivy lysozyme inhibitor in growth or survival of *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* in hen egg albumen and in human saliva and breast milk. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(14) 4434-4439. p.
- DE KETELAERE, B., BAMELIS, F., KEMPS, B., DECUYPERE, E., DE BAERDEMAEKER, J. (2006): Non-destructive measurements of the egg quality. *World's Poultry Science Journal*. 60(3) 289-302. p.
- DOYLE, M.E., MAZZOTA, A.S., WANG, T., WISEMAN, D.W., SCOTT, V.N. (2001): Heat resistance of *Listeria monocytogenes*. *Journal of Food Protection*, 64(3) 410–425. p.
- DESFOUGÈRES, Y., LECHEVALIER, V., PEZENNEC, S., ARTZNER, F., NAU, F. (2008): Dry-heating makes hen egg white lysozyme an efficient foaming agent and enables its bulk aggregation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(13) 5120–5128. p.
- DICKINSON E., ETTOLAIE, R., KOSTAKIS, T., MURRAY, B.S. (2004): Factors controlling the formation and stability of air bubbles stabilized by partially hydrophobic silica nanoparticles. *Langmuir* 20(20) 8517–8525. p.
- DICKINSON, E. (2006): Interfacial particles in food emulsions and foams. In: Binks, B.P., Horozov, T.S. editors. *Colloidal particles at liquid interfaces*. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 298–327. p. Overview of principles and practice concerning the wettability and interfacial properties of particles in food colloids, including fat crystals at the oil–water interface and clumped emulsion droplets at the air–water interface
- DICKINSON, E. (2010): Food emulsions and foams: Stabilization by particles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 15(1-2) 40-49. p.
- DONOVAN, J.W., MAPES, C.J., DAVIS, J.G., GARIBALDI, J.A. (1975): A differential scanning calorimetric study of the stability of egg white to denaturation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 26(1) 73-83. p.
- DREYFUS, M.D. (1992): Marine oils and their effects. *Nutrition Reviews*, 50(4) 38-45. p.
- DRIMBA, L. (2009): A tojás funkcionális élelmiszer jellege: gasztró-enterológiai-endokrinológiai megközelítése. *Magyar Baromfi*, 50(10) 29-31. p.
- DU, L., PROKOP, A., TANNER, R.D. (2002): Effect of denaturation by preheating on the foam fractionation behavior of ovalbumin. *Journal of Colloid and Interface Science*, 248(2) 487-492. p.
- DU, Z., BILBAO-MONTOYA, M.P., BINKS, B.P., DICKINSON, E., ETTOLAIE, R., MURRAY, B.S. (2003): Outstanding stability of particle-stabilized bubbles. *Langmuir* 19(8) 3106–3108. p.

- EFSA (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY) (2009): EFSA-ECDC report for 2007: *Salmonella* remains most common cause of food-borne outbreaks ([www.efsa.europa.eu](http://www.efsa.europa.eu))
- EKLUND, T. (1980): Inhibition of growth and uptake processes in bacteria by some chemical food preservatives. *Journal of Applied Microbiology*, 48(2) 423-432. p.
- ELLIS, R.J., & VAN DER VIES, S.M. (1991): Molecular chaperones. *Annual Review of Biochemistry*, 60(2) 321–347. p.
- ELKIN, R.G., ROGLER, J.C. (1990): Reduction of the cholesterol content of eggs by the oral administration of lovastatin to laying hens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(8) 1635–1641. p.
- ELO, H.A., RÄISÄNEN S., TUOHIMAA P.J. (1980): Induction of an antimicrobial biotin-binding egg white protein (avidin) in chick tissues in septic *Escherichia coli* infection. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 36(3) 312-313. p.
- ELO, H.A., KORPELA, J. (1984): The occurrence and production of avidin: a new conception of the high-affinity biotin-binding protein. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 78(1) 15-20. p.
- ERBERSDOBLER, H.F., DEHN, B., NANGPALA, A., REUTERA, H. (1987): Determination of furosine in heated milk as a measure of heat intensity during processing. *Journal of Dairy Research*, 54(1) 147-151. p.
- EUROPEN COMISSION REGULATION No. 2073/2005/EC on Microbiological criteria for food staff
- EUROPEN COMISSION REGULATION No. 1441/2007/EC amending Regulation (EC) No 2073/2005 on microbiological criteria for foodstuffs
- FEENEY, R.E., STEVEFS, F.C., OSUGA, D.T. (1963): The specificities of chicken ovomucoid and ovoinhibitor. *The Journal of Biological Chemistry*, 238(4) 1415-1418. p.
- FERREIRA, M., HOFER, C., RAEMY A. (1997): A calorimetric study of egg white proteins. *Journal of Thermal Analysis*, 48(3) 683-690. p.
- FORSYTHE, R.H., FOSTER, J. F. (1950): Egg white proteins. I. Electrophoretic studies on whole white. *Biological Chemistry*, 184(1) 377-392. p.
- FOTADAR, U., ZAVELOFF, P., TERRACIO, L. (2005): Growth of *Escherichia coli* at elevated temperatures. *Journal of Basic Microbioogy*, 45(5) 403–404 p.
- FRONING, G.W. (1988): Nutritional and functional properties of egg proteins. In: Hudson B.J.F. editor. *Development of Food Proteins*. Elsevier Applied Science, London, 1-34. p.
- FRONING, G.W., PETERS, D., MURIANA, P., ESKRIDGE, K., TRAVNICEK, D., SUMNER, S.S. (2002): *International egg pasteurization manual*, United Egg Association, Alpharetta, GA. 5-12. p.
- GELLÉRT M., KOVÁCS G. (1999): Enterális fertőzések. In: Szalka A., Mészner Zs. szerk. *Infektológia*, Springer Orvosi Kiadó Kft., Budapest,

- GEORGOPOULOS, C., WELCH, W.J. (1993). Role of the major heat shock proteins as molecular chaperones. *Annual Review of Cell Biology*, 9(9) 601–634. p.
- GILL, C.O., & REICHEL, M.P. (1989): Growth of the cold-tolerant pathogens *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hydrophila* and *Listeria monocytogenes* on high – pH beef packaged under vacuum or carbon dioxide. *Food microbiology*, 6(4) 223–230. p.
- GOFF, H.D., VEGA, C. (2007): Structure-engineering of ice-cream and foam-based foods. In: McClements DJ, editor. Understanding and controlling the microstructure of complex foods. Cambridge, UK: Woodhead, 558–574. p.
- GONZENBACH, U.T., STUDART, A.R., TERVOORT, E., GAUCKLER, L.J. (2006a): Stabilization of foams with inorganic colloidal particles. *Langmuir*, 22(26) 10983–10988. p.
- GONZENBACH, U.T., STUDART, A.R., TERVOORT, E., GAUCKLER, L.J. (2006b): Ultrastable particle-stabilized foams. *Angewandte Chemie International Edition*, 45(21) 3526–3530. p.
- GRIFFIN, H.D. (1992): Manipulation of egg yolk cholesterol: a physiologist's view. *World Poultry Science*, 48(2) 101-112. p
- GUO, Z., WANG, Q., WUA, Z., ZHU, J., QIU, Y., ZHENG, L., QIU, L. (2010): The influence of influenza A (H1N1) virus on creatinine and cystatin C. *Clinica Chimica Acta*, 411(23-24) 2040-2042. p.
- HAJÓS, GY. (1993): Elektroforézis és alkalmazása az élelmiszerfehérjék elválasztásában. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 39(1), 7-25. p.
- HAMID-SAMIMI, M. H. (2000): Process for producing pasteurized liquid egg products. US 6024999
- HALPIN-DOHNALEK, M.I., MARTH, E.H. (1989): Staphylococcus aureus: production of extracellular compounds and behavior in foods : a review. *Journal of Food Protection*, 52(4) 267-282 p.
- HARGIS, P.S. (1988): Modifying egg yolk cholesterol in the domestic fowl - a review. *World's Poultry Science Journal*, 44(1) 17-29. p.
- HARGIS, P.S., VAN ELSWYK, M.E., HARGIS, B.M. (1991): Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. *Poultry Science*, 70(4) 874-883. p.
- HARKNESS, L. (2002): The History of Enteral Nutrition Therapy: From Raw Eggs and Nasal Tubes to Purified Amino Acids and Early Postoperative Jejunal Delivery. *Journal of the American Dietetic Association*, 102(3) 399-404. p.
- HAYAKAWA, S., SATO, Y. (1977): Physicochemical identity of  $\alpha$ -ovomucins or  $\beta$ -ovomucins obtained from the sonicated insoluble and soluble ovomucins. *Agricultural and Biological Chemistry*, 41(11) 1185-1191. p.
- HIDALGO, A., ROSSI, M., POMPEI, C. (1995): Furosine as a freshness parameter of shell eggs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 43(6) 1673-1677. p.

- HIDALGO, A., ROSSI, M., POMPEI, C. (2006): Estimation of equivalent egg age through furosine analysis. *Food Chemistry*, 94(4) 608-612. p.
- HILL, A.T., HALL, J.W. (1980): Effects of various combinations of oil spraying, washing, sanitizing, storage time, strain, and age upon albumen quality changes in storage and minimum sample sizes required for their measurement. *Poultry Science*, 59(10) 2237–2242. p.
- HODGE, S.M., ROUSSEAU, D. (2005): Continuous-phase fat crystals strongly influence water-in-oil emulsion stability. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82(3) 159–164. p.
- HOROZOV, T.S. (2008): Foams and foam films stabilized by solid particles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 13(3) 134–140. p.
- HOTRUM, N.E., COHEN STUART, M.A., VAN VLIET, T., VAN AKEN, G.A. (2005): Proposing a relationship between the spreading coefficient and the whipping time of cream. In: Dickinson E, editor. Food colloids: interactions, microstructure and processing. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry; 217–325. p
- HUMPHREY, T.J., CHAPMAN, P.A., ROWE, B.R., GILBERT, J. (1990): A comparative study of the heat resistance of salmonellas in homogenized whole egg, egg yolk or albumen. *Epidemiology and Infection*, 104(2) 237-241. p.
- HUNTER, T.N., PUGH, R.J., FRANKS, G.V., JAMESON, G.J. (2008): The role of particles in stabilizing foams and emulsions. *Advances in Colloid and Interface Science*, 137(2) 57–81. p.
- IBRAHIM, H.R., SUGIMOTO, Y., AOKI, T. (2000): Ovotransferrin antimicrobial peptide (OTAP-92) kills bacteria through a membrane damage mechanism. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1523(2-3) 196-205. p.
- JONES, C.Y., JONES, C.A., WILSON, I.B., KNOX, T.A., LEVEY, A.S., SPIEGELMAN, D., GORBACH, S.L., LENTE, F.V., STEVENS, L.A. (2008): Cystatin C and creatinine in an HIV cohort: the nutrition for healthy living study. *American Journal of Kidney Diseases*, 51(6) 914-924. p.
- JORGENSEN, F., PANARETOU, B., STEPHENS, P. J., KNOCHEL, S. (1996): Effect of pre- and post incubation temperature on thermotolerance and heat shock proteins in *Listeria monocytogenes*. *Journal of Applied Bacteriology*, 80(2) 216–224. p.
- JORGENSEN, F., HANSEN, T.B., KNOCHEL, S. (1999): Heat shock-induced thermotolerance in *Listeria monocytogenes* 13-249 is dependent on growth phase, pH and lactic acid. *Food Microbiology*, 16(2) 185–194. p.
- JULIA, S., SÁNCHEZ, L., PÉREZ, M.D., LAVILLA, M., CONESA, C., CALVO M. (2007): Effect of heat treatment on hen's egg ovomucoid: An immunochemical and calorimetric study. *Food Research International*, 40(5) 603-612. p.
- JUNEJA, V.K., KLEIN, P.G., MARMER, B.S. (1998): Heat shock and thermotolerance of *Escherichia coli* O157:H7 in a model beef gravy system and ground beef. *Journal of Applied Microbiology*, 84(4) 677-684. p.
- JUNEJA, V.K., ENLEN, B.S. (2001): Heat inactivation of *Salmonella* Typhimurium DT104 in beef as affected by fat content. *Letters in Applied Microbiology*, 30(6) 461-467. p.

- KAFFKA, K., SEREGÉLY, ZS. (2002): PQS (polar qualification system) the new data reduction and product qualification method. *Acta Alimentaria*, 31(1) 3-20. p.
- KATO, I., SCHRODE, J., KOHR, W.J., LASKOWSKI, M. (1987): Chicken ovomucoid: determination of its amino acid sequence, determination of the trypsin reactive site, and preparation of all three of its domains. *Biochemistry*, 16(1) 193-201. p.
- KATCHINSKI, D.M. (2004): On heat and cells and proteins. *News in Physiological Sciences*, 19(1) 11–15. p.
- KETTERER, B. (1965): Ovoglycoprotein, a protein of hen's-egg white. *Biochemical Journal*, 96(2) 372–376. p.
- KITABATAKE, N., TANI, Y., DOI, E. (1989): Rheological properties of heat-induced ovalbumin gels prepared by two-step and one-step heating methods. *Journal of Food Science*, 54(6) 132-138. p.
- KITAMOTO, T., NAKASHIMA, M., IKAI, A. (1982): Hen egg white ovomacroglobulin has a protease inhibitory activity. *The Journal of Biochemistry*, 92(5) 1679-1582. p.
- KOSTAKIS, T., ETELAIE, R., MURRAY, B.S. (2006): Effect of high salt concentration on the stabilization of bubbles by silica particles. *Langmuir*, 22(3)1273–1280. p.
- KOSTAKIS, T., ETELAIE, R., MURRAY, B.S. (2007): Enhancement of stability of bubbles to disproportionation using hydrophilic silica particles mixed with surfactants or proteins. In: Dickinson E, Leser, M.E., editors. *Food colloids: self-assembly and material science*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry; 357–68. p.
- KUMAR A., KUMAR S. (2003): Survival kinetics of *Salmonella enterica* serotype senftenberg (*S. senftenberg*) after heat and acid stress. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19(9) 985-987. p.
- LÁSZTITY, R. (2008): Egy tápanyagokban és bioaktív komponensekben gazdag élelmiszer rehabilitációja?! : a tojás kémiai összetétele és táplálkozási értéke. *Élelmészeti ipar*, 62(10) 289-292. p.
- LAYMAN, D.K., RODRIGUEZ, N.R. (2009): Egg protein as a source of power, strength and energy. *Nutrition Today*, 44(1) 43-48. p.
- LAU, C.K., DICKINSON, E. (2005): Instability and structural change in an aerated system containing egg albumen and invert sugar. *Food Hydrocolloids*, 19(1) 111–121. p.
- LAU, C.K., DICKINSON, E. (2007): Stabilization of aerated sugar particle systems at high sugar particle concentrations. *Colloids and Surfaces A*, 301(1-3) 289–300. p.
- LE LOIR, Y., BARON, F., GAUTIER, M. (2003): *Staphylococcus aureus* and food poisoning. *Genetics and Molecular Research*, 2(1) 63-76. p.
- LI-CHAN, E., NAKAI, S. (1989): Biochemical basis for the properties of egg white. *Critical Reviews in Poultry Biology*, 2(1) 21-59. p.

- LI-CHAN, E.C.Y., POWRIE, W.D., NAKAI, S. (1995): The chemistry of eggs and egg products. In Stadelman, W.J. Cotterill O.J. editors. *Egg Science and Technology*, New York, The Haworth Press, 105-175. p.
- LIN, Y.-D., CHOU, C.-C. (2004): Effect of heat shock on thermal tolerance and susceptibility of *Listeria monocytogenes* to other environmental stresses. *Food Microbiology*, 21(5) 605–610. p.
- LINDER, M.B., (2009): Hydrophobins: proteins that self-assemble at interfaces. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 14(5) 356–63. p.
- LINDQUIST, S. (1986): The heat-shock response. *Annual Review of Biochemistry*, 55(2) 1151–1191. p.
- LINTON, R. H., WEBSTER, J. B., PIERSON, M. D., BISHOP, J. R., & CAGNEY, C.R. (1992): The effect of sublethal heat shock and growth atmosphere on the heat resistance of *Listeria monocytogenes* Scott A. *Journal of Food Protection*, 55(1) 84–87. p.
- LIOT, M. (2000): Process for obtaining long shelf life liquid egg products. FR 2788406
- LUCISANO, M., HIDALGO, A., COMELLI, E.M., ROSSI, M. (1996): Evolution of chemical and physical albumen characteristics during the storage of shell eggs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(5) 1235-1240. p.
- MACDONNELL, L.R., FEENEY, R.E., HANSON, H.L., CAMBELL, A., SUGIHARA, T.F. (1955): The functional properties of the egg white proteins. *Food Technology*, 9(5) 49-53. p.
- MACFARLANE, S., MACFARLANE, G.T., CUMMINGS, J.H. (2006): Review article: prebiotic sin the gastrointestinal tract, *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 24(5) 701-714. p.
- MACKEY, B.M., & DERRICK, C.M. (1986): Elevation of the heat resistance of *Salmonella* Typhimurium by sublethal heat shock. *Journal of Applied Bacteriology*, 61(5) 389–393. p.
- MACKEY, B.M., & DERRICK, M.D. (1987a): Changes in the heat resistance of *Salmonella* Typhimurium during heating at rising temperatures. *Letters in Applied Microbiology*, 4(1) 13–16. p.
- MACKEY, B.M., & DERRICK, M.D. (1987b): The effect of prior shock on the thermoresistance of *Salmonella* Thompson in foods. *Letters in Applied Microbiology*, 5(6) 115–118. p.
- MACKEY, B.M., & DERRICK, M.D. (1990): Heat shock synthesis and thermotolerance in *Salmonella* Typhimurium. *Journal of Applied Microbiology*, 69(3) 373–383. p.
- MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV (Codex Alimentarius Hungaricus), 1-2-95/2 számú előírás (4. kiadás): Az élelmiszerekben használható adalékanyagok, az édesítőszeres és a színezékek kivételével
- MANAS, P., PAGÁN, R., SALA, F.J., CONDÓN, S. (2001): Low molecular weight milk whey components protect *Salmonella* Senftenberg 775W against heat by a mechanism involving divalent cations. *Journal of Applied Microbiology*, 91(5) 871–877. p.

- MCDOWELL, D.A. (2004): Food processing stresses in the spread of antibiotic resistance. In Smulders F.J.M., Collins, J.D. editors. Safety assurance during food processing: Food safety assurance and veterinary public health. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers. 243-265. p.
- MILLER, S.M., KATO, A., NAKAI, S. (1982): Sedimentation equilibrium study of the interaction between egg white lysozyme and ovomucin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 30(6) 1127-1132. p.
- MOATS, W.A. (1980): Classification of bacteria from commercial egg washers and washed and unwashed eggs. *Applied and Environmental Microbiology*, 40(4) 710-714. p.
- MURPHY, R.Y., MARKS, B.P., JOHNSON, E.R., JOHNSON, M.G. (2000): Thermal inactivation kinetics of *Salmonella* and *Listeria* in ground chicken breast meat and liquid medium. *Journal of Food Science*, 65(4) 706-710. p.
- MURRAY B.S., ETELAIE R. (2004): Foam stability: proteins and nanoparticles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 9(5) 314–320. p.
- MURRAY, B.S., DICKINSON, E., DU, Z., ETELAIE, R., KOSTAKIS, T., VALLET, J. (2005): Disproportionation kinetics of air bubbles stabilized by food proteins and nanoparticles. In: Dickinson E., editor. Food colloids: interactions, microstructure and processing. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry; 259–72. p. Direct experimental demonstration of the bubble-stabilizing ability of nanoparticles as compared to food proteins
- MURRAY, B.S. (2007): Stabilization of bubbles and foams. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 12(4-5) 232–241. p.
- MURRAY, B.S., DICKINSON, E., WANG, Y. (2009) Bubble stability in the presence of oil-in-water emulsion droplets: influence of surface shear versus dilatational rheology. *Food Hydrocolloids*, 23(4) 1198–208. p.
- NATIONAL ADVISORY COMMITTEE ON MICROBIOLOGICAL CRITERIA (2004): Requisite scientific parameters for establishing the equivalence of alternative methods of pasteurization. Washington, DC
- NÉMETH, CS., DALMADI, I., FRIEDRICH, L., ZEKE, I., JUHÁSZ, R., SUHAJDA, Á., BALLA, CS. (2011): Effect of high-pressure treatment on liquid whole egg. 49<sup>th</sup> EHPRG International Conference, Budapest (Hungary), 28 August-2 September
- 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. p.
- NOBLE, R.C., COCCHI, M., TURCHETTO, E. (1990): Egg fat – a case for concern? *World's Poultry Science Journal*, 46(2) 109-118. p.
- NORTON, I.T., SYROPOULOS, F., COX, P.W. (2009): Effect of emulsifiers and fat crystals on shearinduced droplet break-up, coalescence and phase inversion. *Food Hydrocolloids*, 23(6) 1521–1526. p.



- OMANA, D.A., WANG, J., WU, J. (2010): Ovomucin – a glycoprotein with promising potential. *Trends in Food Science & Technology*, 21(9) 455-463. p.
- OSUGA, D.T., FEENEY, R.E. (1977): Eggs proteins. In: Whitaker, J.R., Tannerbaum, S.R. editors. *Food proteins*. 2<sup>nd</sup> edition. Westport: Avi Publishing, 209-266. p.
- PALUMBO, M.S., BEERS, S.M., BHADURI, S., PALUMBO, S.A. (1995): Thermal resistance of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. in liquid egg yolk and egg yolk products. *Journal of Food Protection*, 58(9) 960-966. p.
- PAGÁN, R., CONDÓN, S., SALA, F.J. (1997): Effects of several factors on the heat-shock-induced thermotolerance of *Listeria monocytogenes*. *Applied and Environmental Microbiology*, 63(8) 3225–3232. p.
- PARK, S.I., DAESCHEL, M.A., ZHAO, Y. (2006): Functional properties of antimicrobial lysozyme-chitosan composite films. *Journal of Food Science*, 69(8) 215-221. p.
- PARSELL, D.A., LINDQUIST, S. (1993): The function of heat-shock proteins in stress tolerance: Degradation and reactivation of damaged proteins. *Annual Review of Genetics*, 27(1) 437–496. p.
- PHAN-THANH, L., GORMON, T. (1995): Analysis of heat and cold shock proteins in *Listeria* by two-dimensional electrophoresis. *Electrophoresis*, 16(1) 444–450. p.
- PHAN-THANH, L., GORMON, T. (1996): Stress proteins in *Listeria monocytogenes*. *Electrophoresis*, 18(8) 1464–1471. p.
- PHETTEPLACE, H.W., WATKINS, B.A. (1989): Effects of various omega-3 lipid sources on fatty acid composition in chicken tissues. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2(2) 104-117. p.
- PROCTOR, V.A., CUNNINGHAM, F.E., FUNG, D.Y.C. (1988): The chemistry of lysozyme and its use as a food preservative and a pharmaceutical. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 26(4) 359-395. p.
- RAGNI, L., AL-SHAMI, A., MIKHAYLENKO, G., TANG, J. (2007): Dielectric characterization of hen eggs during storage. *Journal of Food Engineering*. 82(4) 450-459. p.
- RAIKOS, V., CAMPBELL, L., EUSTON, S.R. (2007): Effects of sucrose and sodium chloride on foaming properties of egg white proteins. *Food Research International*, 40(3) 347-355. p.
- RAO, V.A. (2001): The prebiotic properties of oligofructose at low intake levels. *Nutrition Research*, 21(6) 843-848. p.
- RAO, M.A. (2007): Rheology of liquid foods – A review. *Journal of Texture Studies*, 8(2) 135-168. p.
- RIVERA, J.A., HOTZ, C., GONZÁLEZ-COSSÍO, T., NEUFELD, L., GARCÍA-GUERRA, A. (2003): The effect of micronutrient deficiencies on child growth: a review of results from community-based supplementation trials. *The Journal of Nutrition*, 133(11) 4010S-4020S. p.

- ROBACH, M.C. (1980): Use of preservatives to control microorganisms in foods. *Food Technology*, 34(10) 81-84. p.
- ROBERFROID, M. (2002): Functional food concept and its application to prebiotics, *Digestive and Liver Disease*, 34(S2), 105-110. p.
- ROBINSON, D.S., MONSEY, J.B. (1972): Changes in the composition of ovomucin during liquefaction of thick egg white. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 23(1) 29-38. p.
- RODLER, M. (2006): Az élelmiszer-mikrobiológia története. *Budapesti Népegészségügy*, 37(2) 131-136. p.
- ROSS, T., McMEEKIN, T.A. (1994): Predictive microbiology. *International Journal of Food Microbiology*, 23(3-4) 241–264. p.
- RULLIER, B., NOVALES, B., AXELOS, M.A.V. (2008): Effect of protein aggregates on foaming of  $\beta$ -lactoglobulin. *Colloids and Surfaces A*, 330(2-3) 96–102. p.
- RULLIER, B., AXELOS, M.A.V., LANGEVIN, D., NOVALES, B. (2009):  $\beta$ -Lactoglobulin aggregates in foam films: correlation between foam films and foaming properties. *Journal of Colloid and Interface Science*, 336(2) 750–755. p.
- SCHLESINGER, M.J. (1986): Heat shock proteins: The search for functions. *Journal of Cell Biology*, 103(2) 321–325. p.
- SCHLESINGER, M.J. (1994): How the cell copes with stress and the function of heat shock proteins. *Pediatric Research*, 36(1) 1–6. p.
- SCHNAPPE, B., (2010): Ovobest holt das beste aus dem Ei... *Die Milchwirtschaft*, 1(8) 307-308. p.
- SERGELIDIS, D., ABRAHIM, A. (2009): Adaptive response of *Listeria monocytogenes* to heat and its impact on food safety. *Food Control*, 20(1) 1-10. p.
- SILVERSIDES, F.G., BUDGELL, K. (2004): The relationships among measures of egg albumen height, pH, and whipping volume. *Poultry Science*, 83(10) 1619-1623. p.
- SIMOPOULOS, A.P. (2000): Human Requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Science*, 79(7) 961–970. p.
- SMITH, M.B.; BACK, J.F. (1965): Studies on ovalbumin: II-The formation and properties of the s-ovalbumin, a more stable form of ovalbumin, *Australian Journal of Biological Science*, 18(2) 365-377. p.
- SONG, W.O., KERVER, J.M. (2000): Nutritional Contribution of Eggs to American Diets. *Journal of the American College of Nutrition*, 19(S5) 556S–562S. p.
- SÖRQVIST, S. (2003): Heat resistance in liquids of *Enterococcus* spp., *Listeria* spp., *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella* spp. and *Campylobacter* spp. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 44(1) 1-19. p.

- STADELMAN, W.J.; PRATT, D.E. (1989): Factors influencing composition of the hen's egg. *World's Poultry Science Journal*, 45(3) 247-266. p.
- STADELMAN, W.J., COTTERILL, O. (1995): Egg science and technology, Food Products Press, New York
- STEVENS, L., DUNCAN, D. (1988): Peptide mapping of ovoglobulins G2A and G2B in the domestic fowl. *British Poultry Science*, 29(3) 665-669. p.
- SUBRAMANIAM, A.B., MEJEAN, C., ABKARIAN, M., STONE, H.A. (2006): Microstructure, morphology, and lifetime of armoured bubbles exposed to surfactants. *Langmuir*, 22(14) 5986–5990. p.
- SUNG, K., KHAN, S.A., NAWAZA, M.S., CERNIGLIA, C.E., TAMPLIN, M.L., PHILLIPS R.W., KELLEY, L.C. (2011): Lysozyme as a barrier to growth of *Bacillus anthracis* strain Sterne in liquid egg white, milk and beef. *Food Microbiology*, (article in press, doi:10.1016/j.fm.2011.03.002)
- SWARTZEL, K.R., BALL, H.R., HAMID-SAMIMI, M. H. (1991a): Method for the ultrapasteurization of liquid whole egg products. US 5019408
- SWARTZEL, K.R., BALL, H.R. (1991b): Method for pasteurizing liquid whole egg products. US 5019407
- SWARTZEL, K.R., PALANIAPPAN, S. (1997): Method for pasteurizing liquid whole egg products. US 5670199
- SZEITZ-SZABÓ, M., KRISZTALOVICS, K., SRÉTER-LANCZ, ZS., FEHÉR, Á., CSEH, J. (2008): Magyarország mikrobiológiai élelmiszer-biztonsági helyzete. *Élelmiszervizsgálati közlemények*, 54(S1) 7-42 p.
- TCHUENBOU-MAGAIA, F.L., NORTON, I.T., COX, P.W. (2009): Hydrophobins stabilized air-filled emulsions for the food industry. *Food Hydrocolloids*, 23(7) 1877–1885. p.
- TORTEN, J., EISENBERG, H. (1982): Studies on colloidal properties of whole egg magma. *Journal of Food Science*, 47(5) 1423-1428. p.
- TSUGE, Y., SHIMOYAMADA, M., WATANABE, K. (1996): Differences in hemagglutination inhibition activity against bovine rotavirus and hen Newcastle disease virus based on the subunits in hen egg white ovomucin. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 60(9) 1505-1506. p.
- UNTERHASLBERGER, G., SCHMITT, C., SHOJAEI-RAMI, S., SANCHEZ, C. (2007): Lactoglobulin aggregates from heating with charged cosolutes: formation, characterization and foaming. In: Dickinson E., Leser M.E, editors. Food colloids: self-assembly and material science. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry; 177–94. p.
- USDA (1980): Egg pasteurization manual. ARS 74-78. Agricultural Research Service, Albany, CA.
- USDA (2004): Risk characterization for *Salmonella* spp. in egg products ([http://www.fsis.usda.gov/oppde/rdad/FRPubs/04-034N/Risk\\_Characterization\\_Part\\_2.pdf](http://www.fsis.usda.gov/oppde/rdad/FRPubs/04-034N/Risk_Characterization_Part_2.pdf))

VALENTI, P., ANTONINI, G., VON HUNOLSTEIN, C., VISCA, P., ORSI, N., ANTONINI, E. (1983): Studies of the antimicrobial activity of ovotransferrin. *International Journal of Tissue Reactions*, 5(1) 97-105. p.

VAN DE WIELE, T., BOON, N., POSSEMIERS, S., JACOBS, H., VERSTRAETE, W. (2004): Prebiotic effects of chicory inulin in the simulator of the human intestinal microbial ecosystem, *FEMS Microbiology Ecology*, 51(1) 143-153. p.

VIGNES-ADLER, M., WEIRE, D. (2008): New foams: fresh challenges and opportunities. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 13(3) 141–149. p.

VIJAYARAGHAVAN, K., NIKOLOV, A., WASAN, D., HENDERSON, D. (2009): Foamability of liquid particle suspensions: a modelling study. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48(17) 8180–8185. p.

WALTHER, A., MÜLLER, A.H.E. (2008) Janus particles. *Soft Matter*, 4(4) 663–668. p.

WATKINS, B.A. (1991): Importance of essential fatty acids and their derivatives in poultry. *Journal of Nutrition*, 121(9) 1475-1485. p.

WHITING, R.C. (1995): Microbial modeling in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35(6) 467–494. p.

WOODWARD, S.A., COTTERILL, O.J. (1983): Electrophoresis and chromatography of heat-treated plain, sugared and salted whole egg. *Journal of Food Science*, 48(2) 501-506. p.

XU, W., NIKOLOV, A., WASAN, D.T. (2005a): Shear-induced fat particle structure variation and the stability of food emulsions. 1. Effects of shear history, shear rate and temperature. *Journal of Food Engineering*, 66(1) 97–105. p.

XU, W., NIKOLOV, A., WASAN, D.T. (2005b) Shear-induced fat particle structure variation and the stability of food emulsions. 2. Effects of surfactants, protein and fat substitutes. *Journal of Food Engineering*, 66(1) 107–116. p.

YANG, S.C., BALDWIN, R.E. (1995): Functional properties of eggs in foods, In: Stadelman, W.J., Cotterill, O.J. editors. *Egg science and echnology*. 4.ed. Binghamton: Food Products Press; Haworth Press, 405-463. p.

YANG, S.E., YU, R.-C., CHOU, C.-C. (2001): Influence of holding temperature on the growth and survival of *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus* and the production of staphylococcal enterotoxin in egg products. *International Journal of Food Microbiology*, 63(1-2) 99-107. p.

ZEIDLER, G., PASIN, G., KING, A.J. (1996): Supercritical fluid extraction of cholesterol from liquid egg yolk. *Journal of Cleaner Production*, 4(2) 143. p.

ZHANG, S., SUN, D., DONG, X., LI, C., XU, J. (2008): Aqueous foams stabilized with particles and nonionic surfactants. *Colloids and Surfaces A*, 324(1.3) 1–8. p.

[www.capriovus.eu](http://www.capriovus.eu)

[www.merck.hu](http://www.merck.hu)

[www.ovobel.com](http://www.ovobel.com)

[www.ovobest.de](http://www.ovobest.de)

[www.sanovoeng.com](http://www.sanovoeng.com)

## M2-M5 Egyéb mellékletek

### M2. Tojások osztályozása (STADELMAN & COTTERILL, 1995)

#### M2.a. Élelmiszeripari felhasználásra alkalmas egész tojások osztályozása minőség alapján

| Tojás minőségi osztályai  | Osztály jellemzése   |
|---|--|
| <b>AA osztály</b>   | -tiszta, törésmentes tojáshéj<br>-legfeljebb a héjon belüli térfogat 1/8 része a légcella, amely szabadon mozog<br>-elkülönült, tiszta tojásfehérje<br>-a tojássárgája hiánytalan és tökéletesen meghatározható a körvonala  |
| <b>A osztály</b><br>( <i>friss tojás</i> )  | -tiszta, törésmentes tojáshéj<br>-legfeljebb a héjon belüli térfogat 3/16 része a légcella, amely szabadon mozog<br>-elkülönült, tiszta tojásfehérje<br>-a tojássárgája hiánytalan és jól meghatározható a körvonala   |
| <b>B osztály</b><br>( <i>másodosztályú, illetve tartósított tojás</i> )                   | -tiszta (esetleg enyhén szennyezett), törésmentes tojáshéj<br>-héjon belüli térfogat 3/16 részét meghaladja a légcella, amely szabadon mozog<br>-a tojásfehérje kissé híg és zavaros<br>-a kissé lapított, gyakran baktériumokkal fertőzött tojássárgája körvonala világosan látható, (előfordulhatnak kisebb hibák) |
| <b>C osztály</b><br>( <i>gyenge minőségű, élelmiszeripari hasznosításra szánt tojás</i> ) | -az előző kategóriákba nem tartozó, de ipari felhasználásra alkalmas tojások   |

#### M2.b. Az A osztályú tojások tömeg szerinti besorolása

| Tömeg szerinti osztály | Tojástömeg [g] |
|------------------------|----------------|
| XL                     | legalább 73    |
| L                      | 63-73          |
| M                      | 53-63          |
| S                      | Legfeljebb 53  |

**M3. A tojáspor-termékek egyensúlyi nedvességtartalma a relatív páratartalomra és nedvességtartalomra vonatkoztatva (STADELMAN & COTTERILL, 1995)**

| relatív páratartalom [%] | Teljes-tojáspor egyensúlyi nedvességtartalma |      |      |      |      |      |
|--------------------------|--|------|------|------|------|------|
|                          | 10°C   | 21°C | 32°C | 43°C | 60°C | 77°C |
| 10                       | 2,7  | 2,6  | 2,4  | 2,0  | 1,8  | 1,4  |
| 20                       | 3,9  | 4,7  | 3,4  | 3,2  | 2,6  | 2,0  |
| 30                       | 5,1  | 4,8  | 4,4  | 4,0  | 3,4  | 2,8  |
| 40                       | 6,4  | 6,0  | 5,6  | 5,2  | 4,2  | 3,4  |
| 50                       | 7,4  | 7,0  | 6,6  | 6,2  | 5,4  | 4,6  |
| 60                       | 9,0  | 8,6  | 8,2  | 7,8  | 7,0  | 5,6  |
| 70                       | 10,7   | 10,5 | 10,2 | 9,6  | 8,6  | 6,8  |

| relatív páratartalom [%] | Tojásfehérje-por egyensúlyi nedvességtartalma |      |      |      |      |      |
|--------------------------|---|------|------|------|------|------|
|                          | 10°C  | 21°C | 32°C | 43°C | 60°C | 77°C |
| 10                       | 1,6   | 1,5  | 1,4  | 1,3  | 1,1  | 0,8  |
| 20                       | 2,5   | 2,4  | 2,2  | 2,0  | 1,7  | 1,3  |
| 30                       | 3,1   | 2,9  | 2,7  | 2,4  | 2,1  | 1,7  |
| 40                       | 3,7   | 3,5  | 3,3  | 3,0  | 2,5  | 2,0  |
| 50                       | 4,3   | 4,1  | 3,9  | 3,6  | 3,1  | 2,7  |
| 60                       | 5,6   | 5,0  | 4,7  | 4,5  | 4,1  | 3,3  |
| 70                       | 6,9   | 6,7  | 6,6  | 6,3  | 5,6  | 4,4  |

| relatív páratartalom [%] | Tojássárgája-por egyensúlyi nedvességtartalma |      |      |      |      |      |
|--------------------------|---|------|------|------|------|------|
|                          | 10°C  | 21°C | 32°C | 43°C | 60°C | 77°C |
| 10                       | 5,6   | 5,4  | 5,0  | 4,1  | 3,7  | 2,9  |
| 20                       | 6,8   | 6,5  | 6,0  | 5,6  | 4,6  | 3,5  |
| 30                       | 8,4   | 8,0  | 7,3  | 6,6  | 5,6  | 4,6  |
| 40                       | 10,5  | 9,9  | 9,2  | 8,6  | 6,9  | 5,6  |
| 50                       | 11,8  | 11,1 | 10,6 | 9,9  | 8,6  | 7,4  |
| 60                       | 14,6  | 13,0 | 12,2 | 11,8 | 10,6 | 8,5  |
| 70                       | 18,0  | 17,6 | 17,2 | 16,5 | 14,4 | 11,4 |

**M4. melléklet. A tojástörésből származó tojáshéj hulladék összetétele (STADELMAN & COTTERILL, 1995)**

| A HULLADÉK ÖSSZETÉTELE A... |                                       |  |                         |
|-----------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------|
|                             | ...héjhoz tapadt tojás-fehérjével [%] | ...tojáshéj centrifugálását követően [%] | ...ázatást követően [%] |
| Nedvesség*                  | 29,1                                  | 16,2                                     |                         |
| Fehérje                     | 7,6                                   | 5,3                                      | 5,2                     |
| Lipid                       | 0,24                                  | 0,30                                     | 0,05                    |
| Hamu                        | 91,1                                  | 94,2                                     | 95,4                    |
| CaCO <sub>3</sub>           | 90,9                                  | 91,8                                     | 93,1                    |
| Kalcium                     | 36,4                                  | 36,7                                     | 37,3                    |
| Vas                         | 0,020                                 | 0,0022                                   | 0,0023                  |
| Kálium                      | 0,097                                 | 0,072                                    | 0,060                   |
| Magnézium                   | 0,398                                 | 0,400                                    | 0,407                   |
| Nátrium                     | 0,152                                 | 0,126                                    | 0,115                   |
| Kén                         | 0,091                                 | 0,087                                    | 0,043                   |
| Foszfor                     | 0,116                                 | 0,104                                    | 0,117                   |

\*eredeti nedvességtartalom

M5. Tojáslé-termékek viszkozitása és sűrűsége a hőmérséklet függvényében 3 forrásból (RAO, 2007)

| Hőmérséklet<br>[°C]  | Ohio            |                                | Illinois        |                                | California      |                                |
|--|-----------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|
|  | $\eta$<br>[cps] | $\rho$<br>[g/cm <sup>3</sup> ] | $\eta$<br>[cps] | $\rho$<br>[g/cm <sup>3</sup> ] | $\eta$<br>[cps] | $\rho$<br>[g/cm <sup>3</sup> ] |
| <i>Stabilizált tojásfehérje-lé</i>                               |                 |                                |                 |                                |                 |                                |
| <i>(pH=7,0; víztartalom=88%)</i>                                 |                 |                                |                 |                                |                 |                                |
| 5  | 4,8             | 1,041                          | 7,4             | 1,039                          | 5,5             | 1,041                          |
| 30   | 2,7             | 1,036                          | —               | 1,035                          | 2,8             | 1,035                          |
| 40   | 1,9             | 1,033                          | 2,3             | 1,031                          | 2,3             | 1,032                          |
| 50   | 1,7             | 1,031                          | 2,0             | 1,028                          | 1,9             | 1,028                          |
| <i>Teljes-tojáslé</i>  |                 |                                |                 |                                |                 |                                |
| <i>(víztartalom=75%)</i>   |                 |                                |                 |                                |                 |                                |
| 6  | 19,0            | 1,044                          | 12              | 1,045                          | 14              | 1,045                          |
| 30   | 6,4             | 1,042                          | 6,3             | 1,032                          | 6,0             | 1,031                          |
| 40   | 5,5             | 1,027                          | 5,2             | 1,024                          | 4,4             | 1,023                          |
| 50   | 4,1             | 1,027                          | 4,0             | 1,023                          | 3,5             | 1,022                          |
| 60   | 3,1             | 1,020                          | 2,7             | 1,020                          | 3,2             | 1,017                          |
| <i>Cukrozott (10m<sup>m</sup>/m<sup>%</sup>) tojássárgája-lé</i> |                 |                                |                 |                                |                 |                                |
| <i>(pH=6,3; víztartalom:=50%)</i>                                |                 |                                |                 |                                |                 |                                |
| 5  | 180             | 1,086                          | 210             | 1,070                          | 180             | 1,085                          |
| 30   | 56              | 1,068                          | 64              | 1,072                          | 64              | 1,067                          |
| 40   | 40              | 1,065                          | 46              | 1,060                          | 39              | 1,064                          |
| 50   | 31              | 1,056                          | 35              | 1,057                          | 29              | 1,061                          |
| 60   | 27              | 1,054                          | 27              | 1,052                          | 26              | 1,055                          |
| <i>Tojássárgája-lé</i>   |                 |                                |                 |                                |                 |                                |
| <i>(pH=6,8; víztartalom=55%)</i>                                 |                 |                                |                 |                                |                 |                                |
| 5  | 310             | 1,042                          | 230             | 1,048                          | 240             | 1,044                          |
| 30   | 92              | 1,040                          | 80              | 1,030                          | 79              | 1,037                          |
| 40   | 70              | 1,032                          | 58              | 1,023                          | 57              | 1,026                          |
| 50   | 54              | 1,030                          | 46              | 1,018                          | 44              | 1,021                          |
| 60   | 48              | 1,027                          | 37              | 1,012                          | 0               | 1,015                          |
| <i>Sózott (10m<sup>m</sup>/m<sup>%</sup>) tojássárgája-lé</i>    |                 |                                |                 |                                |                 |                                |
| <i>(pH=6,0; víztart.=50%)</i>                                    |                 |                                |                 |                                |                 |                                |
| 5  | 1600            | 1,120                          | 2300            | 1,103                          | 1800            | 1,099                          |
| 30   | 400             | 1,100                          | 500             | 1,093                          | 300             | 1,096                          |
| 40   | 250             | 1,089                          | 340             | 1,092                          | 220             | 1,089                          |
| 50   | 180             | 1,081                          | 240             | 1,078                          | 150             | 1,082                          |
| 60   | 140             | 1,077                          | 180             | 1,072                          | 120             | 1,080                          |



## M6 PUBLIKÁCIÓK

### Könyv, könyvfejezet

Friedrich L., **Németh Cs.**, 2011. Baromfifeldolgozás, VM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, (ISBN 978-963-309-013-8)

Friedrich L., **Németh Cs.**, 2011. Baromfiipari gépek üzemeltetése, VM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, (ISBN 978-963-309-013-8)

### Bejelentett magyar szabadalom

**Németh Cs.**, Nádly N., Balla Cs., Friedrich L., Németh Z. (ifj.), Németh Z., Tóth K. 2011. Sajt jellegű tojásfehérje készítmény és eljárás előállítására, (ügyszám: P1100509)

Balla Cs., Friedrich L., **Németh Cs.**, Németh Z. (ifj.), Németh Z., Tóth K., 2009. Eljárás hosszan eltartható tojáslé előállítására és az eljárással előállított tojáslé készítmény, (ügyszám: P0900493)

### IF-es folyóiratban megjelent közlemények

**Németh Cs.**, Pataki Á., Jónás G., Surányi J., Friedrich L., Pásztor-Huszár K., Balla Cs. 2011. Near Infrared Spectroscopic measurements in liquid egg white products kept at 50, 55 and 60°C, *International Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9(3-4) pp. 49-52. (IF = 0,425)

**Németh Cs.**, Dalmadi I., Friedrich L., Balla Cs. 2011. *Salmonella* Enteritidis és *Listeria monocytogenes* hőrezisztenciájának változása tojásfehérje-lében a kezelési hőmérséklet és a felmelegítési sebesség függvényében, *Magyar Állatorvosok Lapja* 133(10) pp. 605-611. (IF=0,300)

**Németh Cs.**, Dalmadi I., Friedrich L., Pásztor-Huszár K., Suhajda Á., Ivanics J., Balla Cs. 2011. Pasteurization of liquid egg by HHP treatment, *African Journal of Microbiology Research* (elfogadva, megjelenés alatt) (IF=0,528)

**Cs. Németh**, B. Mráz, L. Friedrich, Á. Suhajda, B. Janzsó, Cs. Balla, 2011. Microbiological measurements for development of a new preservation procedure for liquid egg, *Czech Journal of Food Science*, 29(6) pp. 469-474. (IF = 0,602)

**Németh Cs.**, Friedrich L., Surányi J., Balla Cs. 2011. The heat destruction of *Salmonella* Enteritidis in liquid egg white as a function of heat treatment, temperature and heating rate, *Journal of Food Protection* (elfogadva, megjelenés alatt) (IF=1,96)

**Németh Cs.**, Dalmadi I., Surányi J., Balla Cs. 2011. Effect of high-pressure treatment on the microorganisms in whole liquid egg, *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 58(S1) 192. (IF=0,625)

**Németh Cs.**, Friedrich L., Dalmadi I., Surányi J., Balla Cs. 2011. Heat-Resistance of *Salmonella* Enteritidis, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in whole liquid egg, *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 58(S1) 193 (IF=0,625)

**Németh Cs.**, Dalmadi I., Mráz, B., Friedrich L., Pásztor-Huszár, K., Suhajda, Á., Janzso B., Balla Cs., 2011. Study of Long Term Post-Treatment of Whole Egg Powder at 50–55°C, *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, 61(4), pp. 239-243. (IF = 0,217)

**Cs. Németh**, Friedrich, J. Surányi, 2011. Effect of heat resistance of *Salmonella* spp. during pasteurisation on the efficiency of long term heat treatment, *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 58(S1) pp. 79 (IF=0,625)

**Cs. Németh**, Friedrich, Cs. Balla, B. Mráz, L. Á. Suhajda, 2011. Effect of changes in heat resistance of *Salmonella* spp. during pasteurization on the efficiency of long term heat treatment at 55 °C, *International Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9, pp. 125-128 (IF = 0,425)

**Németh Cs.**, Horváth K., Drobecz Á., Friedrich L., Pásztor-Huszár K., Balla Cs., 2010. Calorimetric study of changes induced by preservatives in liquid egg products, *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, 60, pp. 347-352. (IF = 0,217)

**Németh Cs.**, Friedrich L., Balla Cs., Mohácsi-Farkas Cs., 2010. Thermal destruction of *Listeria monocytogenes* in liquid egg. *Journal of Food Protection*, 73(S1). pp. 174. (IF = 1,96)

**Németh Cs.**, Friedrich L., Surányi J., Balla Cs. 2011. Examinations to develop an alternative pasteurisation method, *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* 2009, 56(S1) pp. 214. (IF=0,625)

#### **Nem IF-es folyóiratcikkek, idegen nyelvű**

**Németh Cs.**, Dalmadi I., Jónás G., Friedrich L., Surányi J., Mráz B., Suhajda Á., Balla Cs., 2011. Analysis of parameters affecting the shelf life of liquid whole egg. *Acta Agronomica Óváriensis*, (elfogadva, megjelenés alatt)

**Németh Cs.**, Friedrich L., Pásztor-Huszár K., Pipoly E., Suhajda Á., Balla Cs., 2011. Thermal destruction of *Listeria monocytogenes* in liquid egg products with heat treatment at lower temperature and longer than pasteurization, *African Journal of Food Science*, 5. pp. 161-167.

**Németh Cs.**, Friedrich L., Zeke I., Balla Cs., 2010. A new liquid egg product, *Review of Faculty of Engineering (Analecta Technica Szegediensis)*, 2-3, pp. 165-170.

**Németh Cs.**, Friedrich L., Surányi J., Balla Cs., 2010. Calorimetric effects of potassium sorbate and sodium benzoate in egg processing, *Review of Faculty of Engineering (Analecta Technica Szegediensis)*, 2-3, pp. 159-164.

**Németh Cs.**, Friedrich L., Balla Cs., Suhajda Á., 2010. Effect of changes in heat resistance of *Salmonella* spp. during pasteurization on the efficiency of long term heat treatment at 55 °C, *Acta Agronomica Óváriensis*, 52, pp. 3-10.

Németh Z., **Németh Cs.**, Pásztor-Huszár K., Czóbel Sz., 2010. Resilience in C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> weed stands, in response to different water regimes, *Crop Production*, S1, pp. 541-586.

**Németh Cs.**, Zeke I., Juhász R., Friedrich L., Dr. Barta J., Balla Cs., 2010. Flow properties of processes liquid egg white products, *Annual Transactions the Nordic Rheology Society*, 18, pp. 71-75.

**Németh Cs.**, Friedrich L., Horváth K., Pásztor-Huszár K., Balla Cs., 2009. Calorimetric analysis of egg white products preserved by different methods, *Journal of Food Physics*, 22, pp. 17-23

Ozsváth P., **Németh Cs.**, Friedrich L., Pásztor-Huszár K., Németh Z., Horváth K., Vén Cs., Balla Cs., 2009. Retail Storage of peeled, hard-boiled whole eggs, *Review of faculty engineering*, pp. 83-89

### **Nem IF-es folyóiratcikkek, magyar nyelvű**

**Németh Cs.**, Drobecz Á., Friedrich L., Pásztor-Huszár, K., Balla Cs., 2010. Tartósítószerrek hatására bekövetkező kalorimetrikus változások tojáslé-termékekben, *Élelmiszer Tudomány Technológia*, S1, pp. 13-14.

**Németh Cs.**, Friedrich L., Suhajda Á., Janzsó B., Balla Cs., 2010. Salmonella spp. hőpusztulásának vizsgálata 55 °C-on hőntartott tojáslé-termékekben, *Élelmiszer Tudomány Technológia*, 2, pp. 15-19.

**Németh Cs.**, Friedrich L., Zeke I., Balla Cs., 2010. Hőntartással tartósított tojáslé-termékek eltarthatóságának növelése II., *Hűtőipar*, 58, pp. 9-13.

**Németh Cs.**, Horváth K., Friedrich L., Pásztor-Huszár K., Zeke I., Balla, Cs., 2009. A tojásfehérjelé, a tojássárgájale, és a teljes tojáslé hőérzékenységének vizsgálata, *Baromfi ágazat*, 1, pp. 72-74

Ozsváth P., **Németh Cs.**, Friedrich L., Németh Z., Zeke I., Horváth K., Pásztor-Huszár K., Balla Cs., 2009. Héj nélküli, főtt egész tojások kiskereskedelmi hűtve tárolási lehetőségeinek vizsgálata, *Élelmiszeri Ipar*, 63, pp. 115-118

**Németh Cs.**, Drobecz Á., Horváth K., Friedrich L., Pásztor-Huszár K., Balla Cs., 2009. Kalorimetrikus tanulmány a tojáslé-termékekben különböző tartósítószerrek hatására bekövetkezett változásokról, *Élelmiszeri Ipar*, 63, pp. 251-254

**Németh Cs.**, Friedrich L., Drobecz Á., Balla Cs., 2009. Különböző módon hőkezelt tojásfehérje-termékek kalorimetrikus tulajdonságainak összehasonlítása, *Magyar Baromfi*, 50, pp. 26-29

**Németh Cs.**, Friedrich L., Suhajda Á. (2008) Mikrobiológiai mérések új tojáslé-tartósítási eljárás kidolgozásához. *Magyar Baromfi*, pp. 35-37..

**Németh Cs.**, Friedrich L., Suhajda Á., Balla Cs. (2008) Tojáslé-termékek alacsony hőmérsékletű hőkezelésének vizsgálata. *Élelmiszeri Ipar*, 7, pp. 202-204..

## Konferencia kiadványban

### Konferencia kiadványok teljes, idegen nyelvű

**Németh Cs.**, Balla Cs., Dalmadi I., Pásztor-Huszár K., Friedrich L., Zeke I. 2011. Effect of high-pressure treatment on liquid whole egg from microbiological and physical aspect, Conference Chinese-European Cooperation for a Long-term Sustainability, november 9-11, Budapest

**Németh Cs.**, Mráz B., Suhajda Á., Dalmadi I., Friedrich L., Balla Cs., 2011. Study of long term post-treatment of whole liquid egg powder, 2nd CEFSEER Workshop, szeptember 8-10. Újvidék, Szerbia

**Németh Cs.**, Friedrich L., Dalmadi I., Surányi J., Suhajda Á., Balla Cs., 2011. Thermal death of *Salmonella* Enteritidis and *Listeria monocytogenes* in liquid egg in function of treatment temperature and heating rate, 6<sup>th</sup> International CIGR Technical Symposium, április 18-20. Nantes, Franciaország

**Németh Cs.**, Friedrich L., Surányi J., Zeke I., Suhajda Á., Balla Cs., 2011. Calorimetric changes induced by preservatives in liquid egg products, 6<sup>th</sup> International CIGR Technical Symposium, április 18-20. Nantes, Franciaország

**Németh Cs.**, Friedrich L., Suhajda Á., Balla Cs., 2011. Changes in thermal tolerance of *Salmonella* spp. incubated at 55 °C for 24 °C (in liquid egg products), 9<sup>th</sup> APCC, március 20-23., Taipei, Tajvan

**Németh Cs.**, Friedrich L., Pásztor-Huszár K., Vén Cs., Zeke I., Balla Cs., 2010. New pasteurisation procedure for liquid egg, V. CEFood Conference, május 19-21., Pozsony, Szlovákia

Zeke I., Balla Cs., Vén Cs., **Németh Cs.**, Pásztor-Huszár K., Friedrich L., 2009. Studies of cryogenic freezing of multilayer confectionery products, 5th CIGR International Symposium, augusztus 31-szeptember 2., Potsdam, Németország

**Németh Cs.**, Friedrich L., Pásztor-Huszár K., Vén Cs., Zeke I., Balla Cs., 2009. New preservation procedure for liquid egg, 5th CIGR International Symposium, augusztus 31-szeptember 2, Potsdam, Németország

### Konferencia kiadványok teljes, magyar nyelvű

**Németh Cs.**, Pataki Á., Dalmadi I., Friedrich L., Balla Cs. 2011. Tojásfehérjében hőkezelés hatására bekövetkező változások nyomon követése NIR módszerrel, XXXIV. Kémiai Előadói Napok, november 2-4, Szeged,

**Németh Cs.**, Balla Cs. 2010. *Salmonella* spp. hőpusztulásának vizsgálata 55 °C-on hűtött tojásle-termékekben, XXXIII. Óvári Tudományos Nap, október 7., Mosonmagyaróvár

## Konferencia kiadványok összefoglaló, idegen nyelvű

**Németh Cs., Dalmadi I., Friedrich L., Balla Cs.** 2011. Examination of the possibilities in storing boiled whole eggs, *Microbiologia BALKANICA* 2011, október 25-29, Belgrád, Szerbia

**Németh Cs., Radványi D., Juhász R., Balla Cs.,** 2011. Evaluation of stability of whipped egg white, 7<sup>th</sup> International Congress of Food Technologists, Biotechnologists and Nutritionists, szeptember 20-23, Opatija, Horvátország

**Németh Cs., Dalmadi I., Friedrich L., Zeke I., Juhász R., Suhajda Á., Balla Cs.,** 2011. Effect of high-pressure treatment on liquid whole egg, 49th EHPRG conference, augusztus 28. – szeptember 2. Budapest

**Németh Cs., Zeke I., Juhász R., Surányi J., Balla Cs.,** 2011. Destruction of *Salmonella* in the function of treatment temperature and heating rate, IAFP European Symposium, május 18-20. Ede, Hollandia

**Németh Cs., Zeke I., Juhász R., Surányi J., Dalmadi I., Balla Cs.,** 2011. Parameters (storage temperature, pH and preservative content) affecting the shelf life of liquid whole egg, IAFP European Symposium, május 18-20. Ede, Hollandia

**Németh Cs., Mráz, B., Suhajda, Á., Dalmadi I., Friedrich L., Balla Cs.,** 2011. Study of long term post-treatment of whole egg powder at 50-55 °C, DIFSC 2011, február 27.- március 1., Dubai, Egyesült Arab Emírségek

Mráz, B., **Németh Cs., Suhajda, Á., Dalmadi I., Friedrich L., Balla Cs.,** 2011. Thermal death of *Salmonella Enteritidis* and *Listeria monocytogenes* in liquid egg as a function of treatment temperature and heating rate, DIFSC 2011, február 27.- március 1., Dubai, Egyesült Arab Emírségek

**Németh Cs., Friedrich L., Balla Cs.,** 2010. Investigation of retail storage possibilities of peeled, boiled eggs, 1<sup>st</sup> International Congress on Food Technology, november 3-6., Antalya, Törökország,

**Németh Cs., Friedrich L., Suhajda Á., Balla Cs.,** 2010. Thermal destruction of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in liquid egg. FoodInnova 2010. október 25-29., Valencia, Spanyolország

**Németh Cs., Friedrich L., Surányi J.** 2010. Effect of changes in heat resistance of *Salmonella* spp. during pasteurization on the efficiency of long term heat treatment, MMT Nagygyűlés. október 13-15., Keszthely

**Németh Cs., Friedrich L., Suhajda Á., Balla Cs.,** 2010. Thermal destruction of pathogenic micro-organisms in liquid egg, EHEDG 1st Hygienic Engineering and Design Conference for Food Factories, október 4-5., Szentpétervár, Oroszország

**Németh Cs., Friedrich L., Mohácsi-Farkas Cs., Suhajda Á., Balla Cs.,** 2010. Thermal destruction of *Salmonella* spp. in liquid egg products with heat treatment at lower temperature and longer than pasteurization, Food Micro 2010. augusztus 30.- szeptember 3., Koppenhága, Dánia

**Németh Cs.**, Balla Cs., Pipoly E., Suhajda Á., 2010. Thermal destruction of *Listeria monocytogenes* in liquid egg products with heat treatment at lower temperature and longer than pasteurization, Food Micro 2010. augusztus 30.-szeptember 3., Koppenhága, Dánia

**Németh Cs.**, Friedrich L., Balla Cs., 2010. Examinations to develop germ-free liquid egg products, IUFOST 2010, augusztus 22-26, Fokváros, Dél-Afrika

**Németh Cs.**, Friedrich L., Mohácsi-Farkas, Balla Cs., 2010. Thermal denaturation of *Listeria monocytogenes* in liquid egg, IAFF 2010 Annual Meeting, augusztus 1-4., Anaheim, USA

**Németh Cs.**, Friedrich L., Pásztor-Huszár, K., Vén, Cs., Zeke I., Balla Cs., 2010. An alternative pasteurisation method, Food Factory 2010, június 31. -július 2., Göteborg, Svédország

**Németh Cs.**, Zeke I., Juhász R., Friedrich L., Dr. Barta J., Balla Cs., 2010. Rheological properties of processes liquid egg white products, XVIIth World Congress of International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering, június 13-17, Quebec, Kanada

**Németh Cs.**, Friedrich L., Balla Cs., Pipoly E., Suhajda Á., 2010. Thermal destruction of *Listeria monocytogenes* in liquid egg, június 9-11, Dublin, Írország

**Németh Cs.**, Friedrich L., Balla Cs., Pipoly E., Suhajda Á., 2010. Safety of liquid egg products, ISOPOL XVII., május 5-8., Porto, Portugália

Juhász R., Zeke I., Nótin B., **Németh Cs.**, Stréger-Máté M., Barta J., Balla Cs., 2010. Rotációs és oszcillációs viszkozimetria alkalmazása az élelmiszervizsgálatokban, KÉKI 340. Tudományos Kollokvium, szeptember 24. Budapest

**Németh Cs.**, Zeke I., Juhász Réka, Friedrich L., Barta J., Balla Cs., 2010. Flow properties of processes liquid egg white products, Annual European Rheology Conference, április 7-9., Göteborg, Svédország

**Németh Cs.**, Friedrich L., Pásztor-Huszár K., Koncz Á., Balla Csaba, 2010. Safe liquid egg white based drink, Functional Food Conference 2010, március 9-11, Cork, Írország

**Németh Cs.**, Friedrich L., Dalmadi I., Pásztor-Huszár K., Balla Cs., 2009. Examinations to develop an alternative egg pasteurisation method, New challenges in food preservation-Effost2009, november 11-13, Budapest

**Németh Cs.**, Friedrich L., Koncz Á., Balla Cs., 2009. Examinations to develop an alternative pasteurisation method, 2th Central European Forum of Microbiology, október 7-9, Keszthely

Horváth K., **Németh Cs.**, Friedrich L., Dalmadi I., Balla Cs., 2009. Near-infrared spectroscopic and microbiological measurements in carefully heat treated liquid egg products, Conferentia Chemometrica 2009, szeptember 27-30, Siófok

**Németh Cs.**, Friedrich L., Suhajda Á., Pásztor-Huszára K., Zeke I., Vén Cs., Horváth K., Balla Cs., 2009. Investigation of the thermal resistance of *Salmonella* spp. in liquid egg products, ISAM 2009 - 6th International Symposium of Anaerobic Microbiology, június 17-20, Prága, Csehország

**Németh, Cs.**, Friedrich, L., Pásztor-Huszár, K., Vén, Cs., Koncz, K., Balla, Cs., 2009. Development of a safe liquid egg white based drink, Food and Function 2009 - International Scientific Conference on Nutraceuticals and Functional Foods, június 9-11, Zsolna, Szlovákia

### **Konferencia kiadványok összefoglaló, magyar nyelvű**

**Németh Cs.**, Horváth K., Friedrich L., Pásztor-Huszár K., Zeke I., Balla Cs., 2011. Baktériumok szaporodását gátló adalékanyagok hatása a tojáslevek kalorimetrikus tulajdonságaira, Magyar Kémikusok Egyesületének 1. Nemzeti Konferenciája, május 22-25. Sopron

Pataki Á.G., **Németh Cs.**, Balla Cs., 2011. Tojásfehérje-lében kíméletes hűntartás során bekövetkező változások vizsgálata NIR és DSC módszerekkel, Magyar Kémikusok Egyesületének 1. Nemzeti Konferenciája, május 22-25. Sopron

**Németh Cs.**, Pipoly E., Suhajda Á., Friedrich L., Surányi J., Balla Cs. 2011. *Salmonella* Enteritidis, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* és *Staphylococcus aureus* mikrobák hőrezisztenciájának változása teljes-tojásleiben, Hungalimentária 2011, április 19. Budapest

**Németh Cs.**, Friedrich L., Zeke I., Balla Cs, 2010. A tojásle tartósítására alkalmas hűntartó terem ipari alkalmazása, 34. Kutatási és fejlesztési tanácskozás, február 2. Gödöllő

**Németh Cs.**, Friedrich L., Zeke I., Dalmadi I., Suhajda Á., Janzsó B., Juhász R., Mráz B., Balla Cs., 2010. Tojáslevek hosszan tartó, a fehérjék natív tulajdonságait megőrző kezelése, KÉKI 341. Tudományos Kollokvium, november 26., Budapest

**Németh Cs.**, Drobecz Á., Friedrich L., Pásztor-Huszár K., Balla Cs., 2009. Kalorimetrikus tanulmány a tojásle-termékekben különböző tartósítószer hatására bekövetkezett változásokról, Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak, október 28-30, Budapest

**Németh Cs.**, Horváth K., Drobecz Á., Friedrich L., Zeke I., Balla Cs., 2009. Tartósítószer hatására a tojásle-termékekben, XXXII. Kémiai Előadói Napok, október 26-28, Szeged

**Németh Cs.**, Friedrich L., Pásztor-Huszár K., Balla Cs., 2009. Mérések hűntartós tojásle-tartósító technológia kifejlesztéséhez, Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak, október 28-30, Budapest

**Németh Cs.**, 2009. Mikrobiológiai mérések új tojásle-tartósítási eljáráshoz –XXIX. OTDK, Agrártudományi szekció - Előadás kivonatok, Gödöllő, 122

## SZAKMA SPECIFIKUS TUD. ALKOTÁSOK

### Szakmai elismerés, szakmai díjak

#### OTDK II. III., MÉTE TDK I., II., III. díja vagy egyetemi TDK I. díja

**Németh Csaba:** Mikrobiológiai mérések új tojáslé-tartósítási eljáráshoz  
Egyetemi TDK. Budapest, 2008  
1. helyezés

**Németh Csaba:** Mikrobiológiai mérések új tojáslé-tartósítási eljáráshoz  
MÉTE-OTDK. Budapest, 2008  
3. helyezés

**Németh Csaba:** Mikrobiológiai mérések új tojáslé-tartósítási eljáráshoz  
MÉTE-OTDK. Gödöllő, 2009  
1. helyezés



# KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

## Köszönettel tartozom:

- ... **Dr. Balla Csaba** témavezetőmnek a doktori munkám során nyújtott támogatásáért és szakmai segítségért.
- ... A Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kar **Hűtő-, és Állattermék Technológiai Tanszék dolgozóinak** a szakmai segítségért és hasznos tanácsokért. Itt köszönném meg **Dr. Friedrich Lászlónak** a doktori munkám előzményének tekinthető diplomamunkám témavezetését, **Dr. Dalmadi Istvánnak** kísérleteim megtervezésében és eredményeim statisztikai kiértékelésében nyújtott segítségét, valamint **Pásztorné Dr. Huszár Klárának** az idegen nyelvű cikkek fordításában, lektorálásában nyújtott segítségét.
- ... A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszékéről **Dr. Suhajda Ágnesnek** a disszertáció elkészítéséhez nyújtott szakmai segítségéért és hasznos útmutatásáért, **Janek Zsuzsannának**, **Pipoly Erikának** és **Imre Nikolettnek** a mikrobiológiai méréseknél nyújtott segítségükért.
- ... A Konzervtechnológiai Tanszék vezetőjének, **Dr. Barta Józsefnek**, hogy lehetővé tette a tanszék műszerállományának használatát, valamint **Dr. Juhász Rékának** a reológiai vizsgálatoknál nyújtott segítségéért, tanácsaiért. Itt szeretném megköszönni **Radványi Dalma** és **Zeke Ildikó** segítségét is.
- ... **Mráz Balázsnak**, hogy szakmai tanácsokkal segítette méréseimet, eredményeim publikálását!
- ... Mezőgazdasági és Ipari Mikroorganizmusok Nemzeti Gyűjteményének vezetőjének, **Tornai-Lehoczki Juditnak**, hogy biztosította a mérésimhez szükséges mikrobatörzseket.
- ... **Dr. Kiskó Gabriellának** és **Dr. Józwiak Ákosnak** a műhelyvitán való opponensi tevékenységükért, javaslataikért.

**Külön köszönöm feleségemnek, Némethné Sallós Orsolyának, szüleimnek, szeretteimnek és barátaimnak a biztatást, bátorítást, és hogy akárcsak bármikor máskor az életben, doktori munkám során is mindig mindenben számíthattam rájuk!**

Köszönöm!