



**KRIOPROTEKTÍV ANYAGOK ALKALMAZÁSÁNAK HATÁSA  
FAGYASZTOTT-FELENGETTETT TOJÁSSÁRGÁJÁBÓL KÉSZÜLT  
MAJONÉZEK TECHNOFUNKCIÓS TULAJDONSÁGAIRA**

HIDAS KARINA ILONA<sup>1</sup> – NÉMETH CSABA<sup>2</sup> – VISY ANNA<sup>1</sup>- BARKÓ  
ANNAMÁRIA<sup>1</sup> – HORVÁTH-MEZŐFI ZSUZSANNA<sup>1</sup> – TÓTH ADRIENN<sup>1</sup> –  
NGUYEN LE PHUONG LIEN<sup>1</sup> – NYULASNÉ ZEKE ILDIKÓ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai  
Intézet, Állatitermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék, Budapest

<sup>2</sup>Capriovus Kft., Szigetcsép

**ÖSSZEFOGLALÁS**

A tojássárgája értékes élelmiszerösszetevő, melyet emulzióképző és színező tulajdonságainak, magas tápértékének, illetve érzékszervi tulajdonságainak köszönhet. Az ipari gyakorlatban pasztőrözéssel tartósítják, fogyaszthatósági ideje maximum néhány hét. Ez fagyasztással megnövelhető, azonban  $-6^{\circ}\text{C}$ -on gélesedés következik be. A gélesedési folyamat csökkenthető krioprotektív anyagok hozzáadásával. Kutatásunkban optimalizált koncentrációjú étkezési só és kristálycukrot tartalmazó fagyasztott-felengedett tojássárgájale mintákat készítettünk, melyeknek vizsgáltuk a reológiai és technofunkciós tulajdonságait. A tojássárgája minták hozzáadásával majonéz mintákat készítettünk, melyeket összehasonlítottuk színük és reológiai tulajdonságaik alapján. Kísérletünkben megállapítottuk, hogy a fagyasztott-felengedett tojássárgájale reológiai tulajdonságait és színét az alkalmazott krioprotektív anyagok nagymértékben befolyásolják, azonban a minták felhasználásával készült majonéz minták színe és reológiai tulajdonságai nem különböznek egymástól nagy mértékben.

**Kulcsszavak:** tojássárgájale, fagyasztás, majonéz, reológia, rotációs reométer, Back extrusion

## BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A tojás gyakran és sokszíniően alkalmazott élelmiszerösszetevő, amit értékes tápanyag-összetételének és funkcionális tulajdonságainak (emulzióképző, színező tulajdonságok, magas tápérték, érzékszervi tulajdonságok) köszönhet. Az ipari gyakorlatban sokszor feldolgozott tojástermékeket, például pasztőrözött tojásleveket alkalmaznak élelmiszerösszetevőként. A pasztőrözött tojássárgájale kiváló alapanyaga különböző cukrászipari termékeknek (pl. citromkrém, fagyalt, puding, crème brulée) és szószoknak (pl. majonéz) (Cook és Briggs 1986, Uysal et al. 2019).

A tojássárgája a hőkezésre érzékeny, rövid minőségmegőrzési idővel rendelkező termék, azonban fagyasztással lassítható a mikroorganizmusok szaporodása. Azonban a tojássárgája  $-6^{\circ}\text{C}$ -on, vagy annál kisebb hőmérsékleten gélesedési folyamaton megy keresztül. Ezt a jelenséget számos kutató tanulmányozta a közelmúltban (Au et al. 2015, Primacella et al. 2018, Wang et al. 2020). A leggyakrabban azzal magyarázzák a folyamatot, hogy a fagyasztás folyamata közben nagyméretű jégkristályok keletkeznek, ennek hatására a különböző komponensek koncentrációja megnő, ami a kissűrűségű lipoproteinek felhalmozódásához vezet (Zhao et al. 2021).

A gélesedés mértékének csökkentésére és megakadályozására különböző krioprotektív anyagok használhatók. Az élelmiszerekhez adott krioprotektív anyagok megvédik az élelmiszert a fagyasztás és felengedtetés hatására bekövetkező változásoktól, például léeresztéstől és reológiai változásoktól (Maity et al. 2008). Az első gélesedésről szóló tanulmányban a szacharóz hatásosságát állapították meg (Moran 1925). Ezen kívül elterjedten alkalmazzák a konyhasót is a tojássárgájale fagyasztás hatására bekövetkező állományváltozásának csökkentésére (Lai 2016).

A fagyasztott-felengedtetett tojássárgájale felhasználhatósága szintén foglalkoztatja a kutatókat (L. Huang et al. 2016, Primacella et al. 2019). Huang és munkatársai (2016) megvizsgálták, hogy a tojássárgájale különböző időtartamú fagyasztva tárolása hogyan hat a belőle készített majonéz hőstabilitására, reológiai tulajdonságaira és szerkezetére. Kutatásuk során arra a következtetésre jutottak, hogy a tojássárgája fagyasztása és fagyasztva tárolása megváltoztatja a majonéz tulajdonságait. Megállapították, hogy az elkészített majonéz minták keményebbek, azonban hőstabilitásuk kisebb, mint a friss tojássárgája felhasználásával készült majonéz mintáé. Érzékszervi bírálattal megállapították, hogy a fagyasztott-felengedtetett tojássárgájával készült majonéz

elfogadhatósága nem rosszabb, mint a friss mintából készülté. *Primacella* és munkatársai (2019) különböző krioprotektív anyag hozzáadásával készítettek fagyasztott tojássárgáját, majd felengedetést követően ezekből majonéz mintákat állítottak elő. Kísérletükben többek között 10% koncentrációjú konyhasót, illetve szacharózt alkalmaztak. Mérési eredményeik alapján 10%-os koncentrációban alkalmazva ezek az adalékanyagok keményebb és kevésbé hőstabil majonézt eredményeznek, mint az általuk alkalmazott hidrolizált tojássárgája.

Korábbi kutatásaink során optimalizálással megállapítottuk, hogy 9% étkezési cukor vagy 6,6% étkezési só hozzáadásával érhető el a tojássárgájale fagyasztás-felengedetési hatására bekövetkező legkisebb mértékű gélesedése. Ezért ebben a kísérletben ezt a két adalékanyagot a fent említett koncentrációban alkalmaztuk, majd fagyasztás-felengedetést követően majonézt készítettünk belőle. A kísérletben összehasonlításra kerültek a tojássárgájale minták reológiai tulajdonságai a fagyasztást megelőzően és fagyasztás-felengedetést követően, illetve az elkészített majonéz minták állományát is megvizsgáltuk.

## **ANYAG ÉS MÓDSZER**

### ***Anyagok***

A kísérlet során felhasznált alapanyag pasztőrözött tojássárgájale (pH=  $6.41 \pm 0.015$ ) volt, amelyet a Capriovus Kft. (Szigetcsép, Magyarország) biztosított. Az előállítás során a tojás feltörését követően a tojássárgáját és a tojásfehérjét elválasztották, majd a tojássárgáját homogenizálták és 600 s időtartamig 65°C-on 600 kg/h tömegárammal pasztőrözték. A terméket 4°C-ra való hűtést követően polietilén flakonokba töltötték, majd hűtve tárolták. A laboratóriumba szállítás hűtött rakterű szállítójárműben történt a gyártást követő napon.

A majonéz minták elkészítése során használt jódozatlan étkezési só, étkezési cukor, napraforgó étolaj és ételecet (10%) kereskedelmi forgalomból származtak.

### ***Tojássárgájale minták elkészítése***

A kísérlet során 3 liter tojássárgájalevet használtunk fel, melyet 3 egyenlő részre osztottunk. Készítettünk egy 9% (m/m) szacharózt tartalmazó mintát, egy 6,6% (m/m)

konyhasót tartalmazó mintát, illetve 1 litert adalékanyagok nélkül vizsgáltunk. Minden elkészített minta felét PA-PE (poliamid-polietilén) tasakokba (20 µm PA + 70µm PE; AMCO Kft, Magyarország) töltöttük, majd fóliahegesztővel lezártuk. A csomagolt mintákat  $-24 \pm 1.0^\circ\text{C}$ -on tároltuk 28 napig. Tárolást követően a mintákat felengedettük ( $4^\circ\text{C}$ -on 24 óra alatt). A minták másik felét szín, pH és reológiai vizsgálatoknak vetettük alá, illetve elkészítettük az adalékanyagot nem tartalmazó mintából a kontroll majonéz mintát, melynek szintén pH-ját, színét és reológiai tulajdonságait vizsgáltuk. A minták jelölését az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A kísérlet során elkészített tojássárgájale és majonéz minták jelölése  
Table 1: Coding of liquid egg yolk and mayonnaise samples prepared during the experiment

Minta leíró neve (1)	Tojássárgájale minta jelölése (2)	Majonéz minta jelölése (3)
adalékanyagot nem tartalmazó friss minta (4)	C	MC
adalékanyagot nem tartalmazó fagyasztott minta (5)	FC	MFC
9% szacharózt tartalmazó friss minta (6)	Sz	-
9% szacharózt tartalmazó fagyasztott minta (7)	FSz	MFSz
6,6% étkezési só tartalmazó friss minta (8)	S	-
6,6% étkezési só tartalmazó fagyasztott minta (9)	FS	MFS

(1) Descriptive name of the ample, (2) Coding of the egg yolk sample, (3) Coding of the mayonnaise sample), (4) fresh sample containing no additives, (5) frozen sample containing no additives, (6) fresh sample containing 9% sucrose, (7) frozen sample containing 9% sucrose, (8) fresh sample containing 6,6% salt, (9) frozen sample containing 6,6% salt

### **Majonéz minták készítése**

Az 1. táblázatban jelölt C, FC, FSz és FS jelű tojássárgájale minták felhasználásával Huang és munkatársainak (2016) módszerének módosításával majonéz mintákat

készítettünk. A tojássárgájalevet és az étolajat a vizsgálatok előtt 4°C-ra temperáltuk. A 200 g tömegű C és FS minta elkészítéséhez 143 g tojássárgájalevet, 2,4 g étkezési sót és 4,6 g cukrot 4 percen keresztül kevertük kézi mixerrel (Hand Blender set, 600W, SilverCrest, Cseh Köztársaság, Prága). Eközben egy mérőhenger segítségével egyenletesen hozzáadtuk a keverékhez az étolajat. Ezt követően további 1 percig tartó keverés közben az ételecetet adagoltuk a majonéz mintákhoz. Az Sz és S jelű minták esetében a receptet úgy módosítottuk, hogy a majonéz összetevői azonosak legyenek a fent bemutatott receptben szereplőkkel.

### ***A pH és a szín mérése***

A tojássárgájale és a majonéz minták pH-jának mérését 4°C-os hőmérsékleten végeztük digitális pH mérő (206-pH2, Testo SE & Co. KGaA, Titisee-Neustadt, Németország) segítségével. Minden minta esetén 3 párhuzamos mérést végeztünk.

A tojássárgájale és a majonéz minták színének méréséhez Konica-Minolta CR-400 típusú tristimulusos színmérő készüléket (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japán) használtunk. Vizsgálatunkban összehasonlítottuk a CIELAB tristimulusos színíngertérben értelmezett L\*, a\* és b\* színtényezőket. Az L\* a világossági tényező, az a\* a vörös/zöld színtényező (pozitív előjel esetén vörös színezet, negatív előjel esetén zöld színezet), a b\* pedig a sárga/kék színtényező (pozitív előjel esetén sárga színezet, negatív előjel esetén kék színezet). Minden minta esetén 5 párhuzamos mérést végeztünk.

### ***A tojássárgájale minták reológiai tulajdonságainak vizsgálata***

A fagyasztott és felengedtetett tojássárgájalevek reológiai tulajdonságainak vizsgálatát az Anton Paar MCR 92 (Anton Paar, Les Ulis, Franciaország) típusú reométerrel végeztük. A mérések során a berendezést rotációs üzemmódban üzemeltettük (CC 27-es koncentrikus henger mérőfejjel és a C-CC27/T200/XL/SS mérőhengerrel). A berendezést az Anton Paar RheoCompass™ szoftverrel vezéreltük. A mérések során a nyírási sebességet a gyorsuló szakaszban 10–1000 1/s, a lassuló szakaszban pedig 1000-10 1/s között változtattuk, és rögzítettük a látszólagos viszkozitást, illetve a nyírófeszültséget. A méréseket 20°C-os hőmérsékleten végeztük. Minden minta esetén 3 párhuzamos mérést végeztünk.

A minták reológiai tulajdonságait a Herschel-Bulkley modell segítségével hasonlítottuk össze. A folyásgörbékre (nyírósebesség-nyírófeszültség diagram) Herschel-Bulkley modellt [1] illesztettünk az Excel Solver segítségével. Minimalizáltuk a mért és számolt nyírófeszültség adatpontok különbségének négyzetének az összegét. Változtatható értékeként a  $\tau_0$ , K és n paramétereket adtuk meg.

$$\tau = \tau_0 + K \left( \frac{d\gamma}{dt} \right)^n \quad [1]$$

Ahol  $\tau$ : nyírófeszültség [Pa],  $\tau_0$ : folyáshatár [Pa], K: konzisztencia koefficiens [ $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ ],  $d\gamma/dt$ : nyírási sebesség (deformáció sebesség) [1/s], n: folyásindex (dimenzió nélküli).

### ***A majonéz minták reológiai tulajdonságainak vizsgálata***

A majonéz minták reológiai tulajdonságainak vizsgálatát TA.XT Plus állománymérő készülékkel (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) „back extrusion” rendszerrel végeztük Wang és munkatársainak (2020) módszere alapján (Wang et al. 2020). A műszer vezérlését és az adatok kiértékelését a Texture Exponent 32 szoftver segítségével hajtottuk végre. A mérő feléthez tartozó henger alakú mintatartót ( $d = 50$  mm) üresen a mérési pozícióba helyeztük és a kompressziós mérőfejet ( $d = 35$  mm) a mintatartó fölé pozicionáltuk. Ezt követően kalibráltuk a mérőfej magasságát 65 mm-re. A mintatartót megtöltöttük 80 ml térfogatú 4°C-ra temperált mérendő mintával (80 ml), majd elindítottuk a mérést 15 mm behatolási mélység és 1 mm/s állandó sebesség mellett. A behatolási mélység elérését követően a mérőfej visszatért a kiinduló helyzetébe.

A kiértékelés során a felvett erő-idő diagramon meghatároztuk a minta szilárdságát a maximális behatolási mélységnél felvett maximális erő értékeként, illetve a kohéziót a visszafelé haladás közben mért maximális erő értékeként. Minden minta esetén 5 párhuzamos mérést végeztünk.

### ***Statisztikai vizsgálat***

A statisztikai vizsgálatot IBM Statistics 24 szoftverrel végeztük 5%-os szignifikancia szinten ( $p < 0.05$ ). A hibatagok normalitását Shapiro-Wilk teszttel ellenőriztük. A szóráshomogenitást Levene's teszttel ellenőriztük. A statisztikai analízist egytényezős ANOVA segítségével hajtottuk végre. Amennyiben az ANOVA szignifikánsnak bizonyult, a különböző csoportok elkülönítésére a szóráshomogenitás feltételének

teljesülése esetében Tukey HSD tesztet, a szóráshomogenitás sérülése esetében Games-Howell tesztet végeztünk.

## EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

### *A tojássárgájale minták esetében bekövetkező változások*

A friss, kezeletlen tojássárgájale minta pH értéke 6,42 (2. táblázat). Ez az érték magasabb, mint a friss tojássárgájale esetében, amelynek pH-ja 6,0 körüli. A feldolgozott tojássárgájale esetében azonban a pH növekedése tapasztalható (Mine 2008). A 2. táblázatban látható, hogy a só hozzáadásával a pH kismértékben csökkent, azonban ez nem okozott szignifikáns különbséget a C és S jelű minták között. A 28 napig tartó fagyasztva tárolás és a felengedetetés hatására azonban mind az adalékanyagot nem tartalmazó, mind az adalékanyagot tartalmazó minták pH-ja növekedett, azonban csak az adalékanyagot nem tartalmazó minta esetében bizonyult szignifikánsnak a különbség a friss és a fagyasztott-felengedetett minta között (C és FC jelű minták). A pH növekedése a fagyasztás során természetes folyamat, melyet Huang és munkatársai (1997) is megfigyeltek (Huang et al. 1997).

2. táblázat: A friss és fagyasztott tojássárgájale minták pH és színtényező értékei

Table 2: pH and colour of fresh and frozen-thawed liquid egg yolk samples

Minta (1)	pH		L*		a*		b*	
	Átlag (2)	Szórás (3)	Átlag (2)	Szórás (3)	Átlag (2)	Szórás (3)	Átlag (2)	Szórás (3)
C	6,42 <sup>ab</sup>	0,02	67,00 <sup>e</sup>	0,34	11,94 <sup>e</sup>	0,06	55,70 <sup>d</sup>	0,18
FC	6,63 <sup>c</sup>	0,06	75,64 <sup>f</sup>	0,31	8,56 <sup>c</sup>	0,18	53,07 <sup>cd</sup>	0,23
FS	6,47 <sup>abc</sup>	0,15	53,62 <sup>b</sup>	0,30	4,87 <sup>a</sup>	0,07	36,83 <sup>b</sup>	0,97
FSz	6,57 <sup>bc</sup>	0,06	62,81 <sup>d</sup>	0,35	9,06 <sup>c</sup>	0,15	51,06 <sup>c</sup>	2,03
S	6,34 <sup>a</sup>	0,02	47,01 <sup>a</sup>	0,48	7,43 <sup>b</sup>	0,71	29,59 <sup>a</sup>	1,85
Sz	6,43 <sup>ab</sup>	0,02	61,53 <sup>c</sup>	0,84	10,95 <sup>d</sup>	0,36	50,27 <sup>c</sup>	2,58

a minták kódolását az 1. táblázat mutatja be, a különböző kis betűk szignifikánsan eltérő értékeket jeleznek

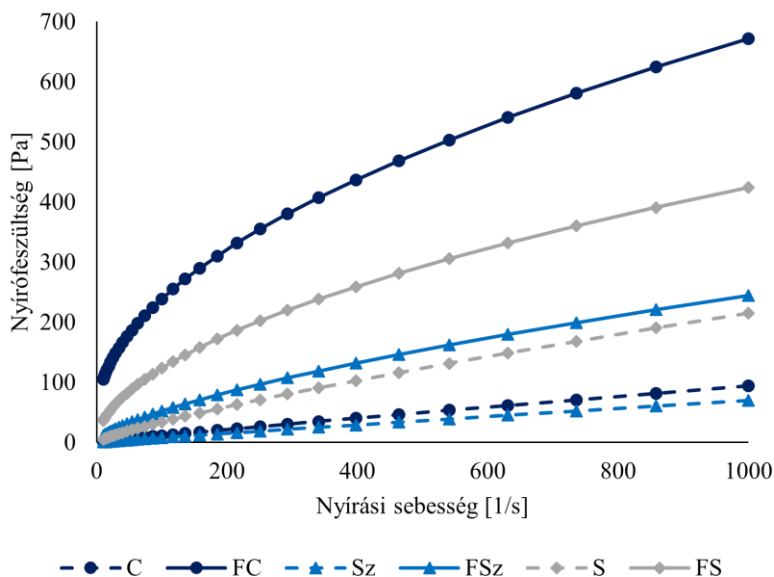
(1) Sample, (2) Mean, (3) Standard deviation; sample coding is shown in table 1., different lower case letters show significant difference

A tojássárgájale minták szintényezőinek változását szintén a 2. táblázat szemlélteti. Látható, hogy az S és Sz jelű minták kisebb L\* értékekkel rendelkeztek, mint a C jelű minta. A legsötétebbnek a söt tartalmazó minta bizonyult. A fagyasztás-felengedetetés folyamatát követően a minták színe minden esetben szignifikáns változáson ment keresztül, színük világosodott. A vörös-zöld színezeti tényezők a tojássárgájale minták esetében a pozitív tartományban helyezkednek el, enyhe vörös színezet jellemzi őket. A só, illetve a cukor hozzáadásával az a\* értékek csökkentek, kevésbé vörös színezet jellemzi őket. A fagyasztva tárolás és felengedetetés után a minták a\* értékei szintén minden minta esetében csökkentek. A sárga-kék színezeti tényező értéke a só és a cukor hozzáadásával szignifikánsan megváltozott, az értékek csökkentek. A fagyasztás-felengedetetés hatására azonban a minták sárga színezete az adalékanyagot tartalmazó minták esetében erősödött.

A tojássárgájale minták folyásgörbéit az 1. ábra mutatja be. A minták folyásgörbéi alapján elmondható, hogy a vizsgált tojássárgájalevek Nem-newtoni folyadékok. Ezen belül a pszeudoplasztikus anyagok közé tartoznak, melyekre jellemző, hogy a folyásgöbre konvex, érintője csökken. A növekvő nyírófeszültség értékeknél a viszkozitás értéke csökken. Ez azzal magyarázható, hogy a molekulák között csökken a kölcsönhatás a növekvő nyírósebesség értékek hatására (Steffe 1992). A minták pszeudoplasztikus reológiai viselkedését a 3. táblázatban szereplő n értékek is megerősítik, ugyanis erre a viselkedésre a  $0 < n < 1$  értékek jellemzők. Az 1. ábrán jól látható, hogy a C mintához képest az Sz jelű mintában a cukor hozzáadásának hatására egy enyhe nyírófeszültség csökkenés következik be, amely egyben a látszólagos viszkozitás csökkenését is jelenti. Ezzel szemben az S jelű mintában nagyobb nyírófeszültség értékeket mértünk, amely nagyobb látszólagos viszkozitásra is utal. Ez a tendencia a 3. táblázatban szereplő K értékek esetében is tükröződik, amelyek szignifikánsan különböznek egymástól. Primacella és munkatársai (2018) is megállapították, hogy a friss tojássárgájához adott cukor csökkenti a viszkozitást, míg a só növeli. Ennek hátterében az áll, hogy a két alkalmazott krioprotektor hatásmechanizmusa nagyon különböző. A só hozzáadásának hatására bekövetkezik a fehérjék disszociációja, a fehérje konformáció megváltozik, amely a viszkozitás növekedését eredményezi (Primacella et al. 2018). A cukrokat általában stabilizátorként használják, hogy megvédjék a fehérjéket a liofilizálás és a fagyasztva tárolás során bekövetkező bomlástól. Egyes kutatások szerint a cukrok a fehérje felszínének meghatározott helyein hidrogénkötéseket hoznak létre, és így



helyettesítik a víz stabilizáló funkcióját, amely a fagyás által kiváltott kiszáradás során elveszik (Wang et al. 2009). A fagyasztás-felengedetést követően az adalékanyagot nem tartalmazó minta nyírófeszültség értékei nagymértékben megnövekedtek, a minta viszkozitása nagymértékben nőtt. Emellett fontos megemlíteni, hogy a folyásgörbe kezdeti értéke ebben nem 0 Pa, hanem megjelent egy folyáshatár. Ezt a 3. táblázatban látható  $\tau_0$  érték is megmutatja. A folyáshatár jelenléte azt jelenti, hogy a folyás mindaddig nem jön létre, amíg a nyíróerő nem haladja meg az adott értéket (Steffe 1992). Ez azt mutatja meg, hogy az adalékanyagot nem tartalmazó FC jelű minta géles állományúvá vált. Az FS és FSz jelű mintákra azonban nem jellemző a folyáshatár. Nyírófeszültség értékeik és látszólagos viszkozitásuk nagyobbak, mint a friss mintáké, azonban kisebbek, mint az FC jelű mintáé.



1. ábra: A friss és a fagyasztott-felengedetett tojássárgájale minták folyásgörbéi (a jelmagyarázatot az 1. táblázat tartalmazza)

Figure 1: Flow curve of the fresh and frozen-thawed liquid egg yolk samples (coding is shown in table 1.)

3. táblázat: A friss és fagyasztott-felengedett tojássárgájale minták reológiai tulajdonságai, a Herschel-Bulkley modell paramétere

Table 3: Rheological properties of fresh and frozen.thawed liquid egg yolk samples, parameters of the Herchel-Bulkley model

Minta (1)	$\tau_0$		K		n	
	Átlag (2)	Szórás (3)	Átlag (2)	Szórás (3)	Átlag (2)	Szórás (3)
C	0,00	0,00	0,16 <sup>b</sup>	0,01	0,92 <sup>d</sup>	0,00
FC	45,00	4,76	18,59 <sup>f</sup>	1,36	0,51 <sup>a</sup>	0,00
FS	0,00	0,00	10,53 <sup>e</sup>	1,68	0,54 <sup>a</sup>	0,02
FSz	0,00	0,00	2,37 <sup>d</sup>	0,11	0,67 <sup>b</sup>	0,00
S	0,00	0,00	0,85 <sup>c</sup>	0,01	0,80 <sup>c</sup>	0,00
Sz	0,00	0,00	0,10 <sup>a</sup>	0,00	0,95 <sup>e</sup>	0,00

a minták kódolását az 1. táblázat mutatja be, a különböző kis betűk szignifikánsan eltérő értékeket jeleznek

(1) Sample, (2) Mean, (3) Standard deviation; sample coding is shown in table 1., different lower case letters show significant difference

#### ***A majonéz minták esetében bekövetkező változások***

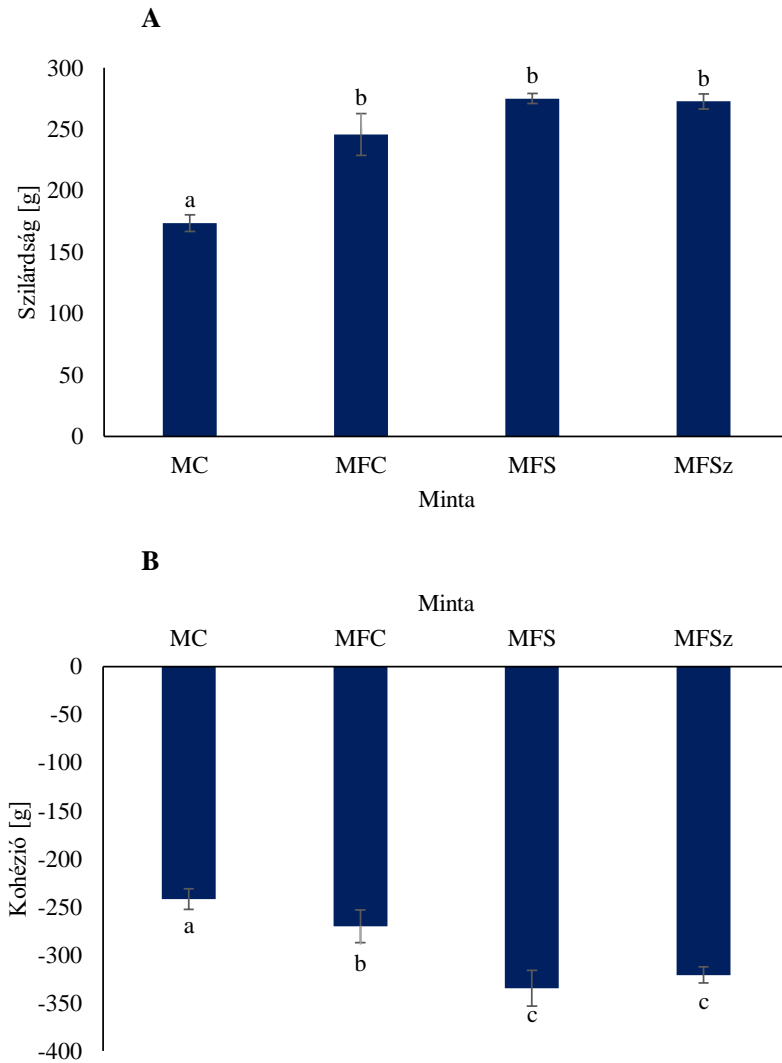
A friss és fagyasztott-felengedett tojássárgájale mintákból készített majonéz minták színtényezőit a 4. táblázat mutatja be. Látható, hogy a minták  $L^*$  értékei nagyon hasonlóak, értékük 89,17 és 91,92 között változik. A kis szórás érték miatt a statisztikai vizsgálat alapján az értékek egymástól szignifikánsan eltérnek, azonban ez a különbség nem mondható jelentősnek. A vörös-zöld színezeti tényezők értékei a negatív tartományban találhatók, azonban csak nagyon halvány zöld színezetről beszélhetünk a majonéz minták esetében. Az  $a^*$  értékek között látható változás sem számottevő. A  $b^*$  értékek 30,27 és 32,92 között mozogtak a vizsgálat során. Ez alapján a minták egyértelműen sárga színezetűek. Nagymértékű változás egyik esetben sem volt megfigyelhető.

4. táblázat: Az friss és fagyasztott-felengedett tojássárgájale minták felhasználásával készített majonéz minták CIELab színtényezői

Table 4: Colour of the mayonnaise samples prepared from fresh and frozen-thawed liquid egg yolk samples

Minta	L*		a*		b*	
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
MC	89,17 <sup>a</sup>	0,41	-0,02 <sup>c</sup>	0,02	30,27 <sup>a</sup>	0,45
MFC	90,26 <sup>b</sup>	0,55	-0,70 <sup>b</sup>	0,18	32,92 <sup>c</sup>	1,04
MFS	91,05 <sup>c</sup>	0,10	-1,13 <sup>a</sup>	0,18	31,43 <sup>b</sup>	0,13
MFSz	91,92 <sup>d</sup>	0,18	-0,88 <sup>b</sup>	0,07	30,69 <sup>ab</sup>	0,29

A 2. ábra mutatja be a majonéz minták „Back extrusion” vizsgálatának eredményeit. A szilárdság értékek alapján elmondható, hogy az MC jelű minta kevésbé szilárd, mint a fagyasztott-felengedett tojássárgájaleből készült minták. Azonban a fagyasztáson átesett tojásleből készült majonéz minták (MFC, MFS és MFSz) között a statisztikai analízis nem talált különbséget. A kohézió értékeknél azonban nemcsak az MC jelű majonéz minta tér el a fagyasztott-felengedett tojássárgájaleből készült majonézektől. Az adalékanyagot tartalmazó tojássárgájaleből készült majonéz minták (MFS és MFSz) kohéziója is szignifikánsan különbözik a fagyasztott-felengedett, azonban adalékanyagot nem tartalmazó mintáétól (MFC). *Huang* és munkatársai (2016) azt tapasztálták, hogy a 3 hónapig fagyasztva tárolt tojássárgájaleből készült majonéz minta keménysége nagyobb, mint a friss tojássárgája felhasználásával készülté (*Huang* et al. 2016). *Primacella* és munkatársainak (2019) vizsgálatában azonban a 10% sót és 10% cukrot tartalmazó minták keménység értékei nem különböztek szignifikánsan a friss tojássárgájaleből készült mintáétól (*Primacella* et al. 2019). Azonban a különböző receptúra és reológiai módszer miatt az eredmények nem összehasonlíthatóak.



2. ábra: A majonéz minták reológiai vizsgálatának eredményei (a minták kódolását az 1. táblázat mutatja be, a különböző kis betűk szignifikánsan eltérő értékeket jeleznek)

Figure 2: Results of the rheological analysis of mayonnaise samples (coding is shown in table 1., different lower case letters show significant difference)

## ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásunkban megállapítottuk, hogy a 28 napig tartó fagyasztva tárolás és az azt követő felengedés hatására a tojássárgájale pH-ja és színe szignifikáns változásokon megy keresztül. A minták pH-ja fagyasztást követően nőtt és világosabbá váltak. A reológiai tulajdonságokban bekövetkező változások még meghatározóbbak voltak, ugyanis a krioprotektorként alkalmazott anyagok megakadályozták a tojássárgájale gélesedését. Azonban a fagyasztott-felengedett tojássárgájale mintákból készített majonéz minták színük és állományuk alapján nem különböztek egymástól nagy mértékben. A szilárdságukban nem volt szignifikáns különbség, míg a kohézió az adalékanyagot tartalmazó minták esetében bizonyult nagyobbak. A következő vizsgálatunkban a minták érzékszervi bírálatát és hőstabilitásának vizsgálatát végezzük el.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

„AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTERIUM ÚNKP-21-3. KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.”



A szerzők köszönetet mondanak a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi Doktori Iskolájának támogatásért. Ezen kívül köszönettel tartozunk az Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet és a Capriovus Kft. munkatársainak.

A kutatást a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem - az Innovációs és Technológiai Minisztérium által finanszírozott - TKP2020-NKA-16 Tématerületi Kiválósági Programja támogatta.

---

**THE EFFECT OF CRYOPROTECTIVE AGENTS ON THE  
TECHNOFUNCTIONAL PROPERTIES OF MAYONNAISE PREPARED  
USING FROZEN-THAWED EGG YOLK**

**ABSTRACT**

Egg yolk is a valuable food ingredient due to its emulsifying and colouring properties, high nutritional value, and sensory properties. In industrial practice, egg yolk is preserved by pasteurization and the prepared product has a shelf life of a few weeks. This can be increased by freezing, but an irreversible texture change occurs at  $-6^{\circ}\text{C}$ . The gelation process can be reduced by adding cryoprotective agents. In our research, frozen-thawed liquid egg yolk samples containing optimized concentrations of NaCl, and sucrose were prepared. The rheological and techno-functional properties of the samples were investigated. We prepared mayonnaise samples using frozen-thawed egg yolk. The comparison of the different mayonnaise samples was carried out based on their colour, and rheological properties. In our experiment, we found that the colour and rheological properties of frozen-thawed egg yolk is greatly influenced by the cryoprotective agents. However, the colour and rheological properties of the mayonnaise samples prepared using the egg yolk samples do not differ greatly.

**Keywords:** liquid egg yolk, freezing, mayonnaise, rheology, rotary rheometer, Back extrusion

**IRODALOM**

*Au, C. – Acevedo, N. C. – Horner, H. T. – Wang, T. (2015). Determination of the Gelation Mechanism of Freeze–Thawed Hen Egg Yolk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(46), 10170–10180. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04109>*

*Cook, F. – Briggs, G. M. (1986). The Nutritive Value of Egg. In W. J. Stadelman & O. J. Cotterill (Eds.), *Egg Science and Technology* (pp. 141-164.). Food Products Press.*

*Huang, L. – Wang, T. – Han, Z. – Meng, Y. – Lu, X. (2016). Effect of egg yolk freezing on properties of mayonnaise. *Food Hydrocolloids*, 56, 311–317. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.027>*

- Huang, S. – Herald, T. – Mueller, D. (1997). Effect of electron beam irradiation on physical, physiochemical, and functional properties of liquid egg yolk during frozen storage. *Poultry Science*, 76(11), 1607–1615. <https://doi.org/10.1093/ps/76.11.1607>
- Lai, L.-S. (2016). Quality and Safety of Frozen Eggs and Egg Products. In D.-W. Sun, *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging* (pp. 529–548). CRC Press.
- Maity, T. – Saxena, A. – Raju, P. S. (2018). Use of hydrocolloids as cryoprotectant for frozen foods. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(3), 420-435.
- Mine, Y. (2008). *Egg Bioscience and Biotechnology*. John Wiley & Sons.
- Moran, T. (1925). The effect of low temperature on hens' eggs. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 98(691), 436–456.
- Primacella, M. – Fei, T. – Acevedo, N. – Wang, T. (2018). Effect of food additives on egg yolk gelation induced by freezing. *Food Chemistry*, 263, 142–150. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.071>
- Primacella, M. – Wang, T. – Acevedo, N. C. (2019). Characterization of mayonnaise properties prepared using frozen-thawed egg yolk treated with hydrolyzed egg yolk proteins as anti-gelator. *Food Hydrocolloids*, 96, 529–536. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.06.008>
- Steffe, J. F. (1992). *Rheological methods in food process engineering*. Freeman Press.
- Uysal, R. S. – Sumnu, G. – Boyaci, I. H. (2019). Effects of heat-treated liquid whole egg on cake batter rheology and the quality of baked cake. *Journal of Food Process Engineering*, 42(2), e12977. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12977>
- Wang, B. – Tchessalov, S. – Warne, N. W. – Pikal, M. J. (2009). Impact of sucrose level on storage stability of proteins in freeze-dried solids: I. correlation of protein–sugar interaction with native structure preservation. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 98(9), 3131–3144. <https://doi.org/10.1002/jps.21621>
- Wang, R. – Ma, Y. – Ma, Z. – Du, Q. – Zhao, Y. – Chi, Y. (2020). Changes in gelation, aggregation and intermolecular forces in frozen-thawed egg yolks during freezing. *Food Hydrocolloids*, 108, 105947. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105947>
- Zhao, Y. – Feng, F. – Yang, Y. – Xiong, C. – Xu, M. – Tu, Y. (2021). Gelation behavior of egg yolk under physical and chemical induction: A review. *Food Chemistry*, 355, 129569. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129569>

*A szerző levélcíme – Address of the author:*

Hidas Karina Ilona – Visy Anna – Barkó Annamária – Horváth-Mezőfi Zsuzsanna – Tóth Adrienn – Lien Le Phuong Nguyen – Nyulasné Zeke Ildikó

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

1118 Budapest, Ménesi út 43-45.

*E-mail címek:*

hidaskarina@gmail.com

v.anna9311@gmail.com

annamariabarko@gmail.com

horvath-mezofi.zsuzsanna@uni-mate.hu

toth.adrienn@uni-mate.hu

nguyen.le.phuong.lien@uni-mate.hu

nyulasne.zeke.ildiko.csilla@uni-mate.hu