

SZAKDOLGOZAT

Bárány Lilla
mezőgazdasági
mérnök BSc.

Gödöllő

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Mezőgazdasági

mérnök BSc. szak

**A TOJÁSHÉJ-SZILÁRDSÁG JAVÍTÁSA KÜLÖNBÖZŐ TAKARMÁNY
ADALÉKANYAGOK FELHASZNÁLÁSÁVAL**

Belső konzulens:

Balláné Dr. Erdélyi Márta
egyetemi docnes

Készítette:

Bárány Lilla
ITOQ94
nappali tagozat

Élettani és takarmányozástani Intézet:

Takarmánybiztonsági Tanszék

2024

Gödöllő

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	2
1.1 A tojásbusiness volumene a világban, az EU-ban és hazai szinten.....	2
2. Irodalmi áttekintés.....	4
2.1. A tojás képződése.....	4
2.2. A tojás részeinek jellemzése	5
2.3. A tojáshéj szerkezete és minősége	7
2.4. A tojáshéj minősége és szilárdsága	8
2.5. A héj szilárdságát befolyásoló tényezők	9
2.6. A tojáshéj szilárdságának javítására kipróbált adalékanyagok	11
3. Anyag és módszer.....	12
3.1. A vizsgálat helye és ideje	12
3.2. A vizsgált állomány.....	12
3.3. Tartástechnológia	12
3.4. Takarmányozás.....	13
3.5. A vizsgálat menete	14
3.6. Vérminták és vizsgált vérparaméterek	16
3.7. Statisztikai értékelés	17
4. Eredmények és értékelés.....	18
4.1. Tojások súlya.....	18
4.2. Tojáshéj-szilárdság	21
4.3. Tojáshéj-vastagság	24
4.4. A vérplazma Ca- és P-tartalma.....	27
5. Következtetések és javaslatok	29
6. Összefoglalás.....	31
7. Irodalomjegyzék.....	33
8. Köszönetnyilvánítás	36

1. Bevezetés

1.1 A tojásbusiness volumene a világban, az EU-ban és hazai szinten

Az árutojás termelés az USA-ból indult és terjedt el az egész világon az 1930-as évektől. A 60-as évek elejétől már tömegméretűvé vált a termelés, amelynek eredményeként a 70-es évek óta a termelés már több mint háromszorosára növekedett. A volumen ilyen mértékű növekedésének alapfeltétele volt, hogy a tojótyúk-tartásban bevezették a zárt termelési rendszert és a mesterséges világítási programot, mellyel a tojástermelés természetes szezonálisitását kikerülték és lehetővé vált a folyamatos, egész éven át tartó iparszerű termelés. A fejlődés eloszlása azonban nem egyenlő a fejlett és a fejlődő országok között. Míg a fejlett országokban a termelés mértéke duplázódott, addig a fejlődő országok több, mint nyolcvanszoros emelkedést értek el, továbbá dinamikus növekedés várható a következő évtizedekben is ([http1](#)). 2018-ban a világon a baromfi termékek mennyisége túlszárnyalta a 200 millió tonnát (FAO, 2019) ([http2](#)). 2021-ben a világ körülbelül 76,7 millió tonna volt a világ tojástermelése, azaz stagnálás figyelhető meg. (FAO, 2021)

A házityúk tartás és a tojástermelés népszerűségének egyik legfőbb oka, hogy az emberiség számára jelentős mennyiségű és kiváló minőségű állati fehérjeforrást biztosít. Figyelembe véve a Föld várható népességnövekedését, az előrejelzések alapján 2017 és 2037 között az állati fehérje iránti kereslet várhatóan, mintegy 35%-kal fog növekedni. Ennek megfelelően a tojástermelés világszinten évente 1,6-3%-os növekedési ütemet mutat ([http2](#)). A FAOSTAT (2013) adatai alapján Ázsia, ezen belül Kína a legnagyobb tojástermelő térség a világon, a teljes termelés 59%-át ők állították elő 2000-ben, és azóta is a csúcson vannak, 2013-ra már 61%-os részesedéssel voltak jelen. Európa ekkor 15%-át adta a termelésnek, amely az ezredforduló időszakához viszonyítva 2%-os csökkenést jelentett azóta pedig stagnál (Szabó, 2017). Ezzel együtt 2021-ben körülbelül 7,6 millió tonna volt az EU tojástermelése (FAO, 2021). Az elmúlt 10 évben folyamatos az ingadozás, ami részben a madárinfluenzának, részben az energia szükségessé vált investícióknak köszönhető (Szabó, 2017). Továbbá, jelentős termelő országok még az Egyesült Államok, India, Mexikó és Oroszország ([http3](#)).

A fogyasztást tekintve 2016-os adat alapján egy főre jutó tojásfogyasztás Észak-Amerikában volt a legnagyobb (13,7 kg/fő/év), utána Európa következett, nem sokkal lemaradva 12,8 kg/fő/év mért adattal. Alacsonyabb, 9 kg/fő/év körül alakult Ázsia és Dél-Amerika fogyasztása egyaránt. Legkevesebb tojást (kb. 4,2 db/fő/év) Afrikában ettek az emberek (Szabó, 2017).

Azóta a fogyasztás növekvő tendenciát mutat. 2020-ban az egy főre jutó éves tojásfogyasztás világszinten hozzávetőlegesen 200 db, azaz kb. 11,2 kg/fő/év volt. Előrejelzések alapján ez az érték várhatóan növekedni fog a következő években, tekintettel az egyre jobban terjedő egészségtudatosságnak és a sokoldalú táplálkozás iránti igénynek köszönhetően.. A szektor volumenét jól jellemezi, hogy 2022-ben körülbelül 300 milliárd dollárra becsülték piaci értékét (http4).

Magyarországon a 90-es évek óta a tojástermelés majdnem a felére csökkent. Hazánkban évente 9,4 kg/fő/év tojást fogyasztunk el (KSH 2020). 2021-ben körülbelül 1,6 milliárd volt a megtermelt tojások száma (KSH 2021). Jelentős tojástermelő vármegyék közé tartozik Hajdú-Bihar, Bács-Kiskun, és Csongrád-Csanád vármegye. Elfogyasztott tojásaink 85%-ban hazai termelésűek, nagyrészen regisztrált termelőktől, valamint háztáji termelésből. A magyar fogyasztók többsége a ketreces tartásból származó tojást részesíti előnyben alacsonyabb ár miatt (http5). A legújabb elemzések alapján az idei évben további 6%-os visszaesés volt tapasztalható a termelésben. Ennek hátterében számos egyéb ok mellett minden valószínűség szerint szerepet játszik a madárinfluenza periodikus megjelenése a tojóállományokban is, ill. a takarmányárak hektikus változásai az elmúlt két évben (Csorbai et al. 2024).

Célkitűzés:

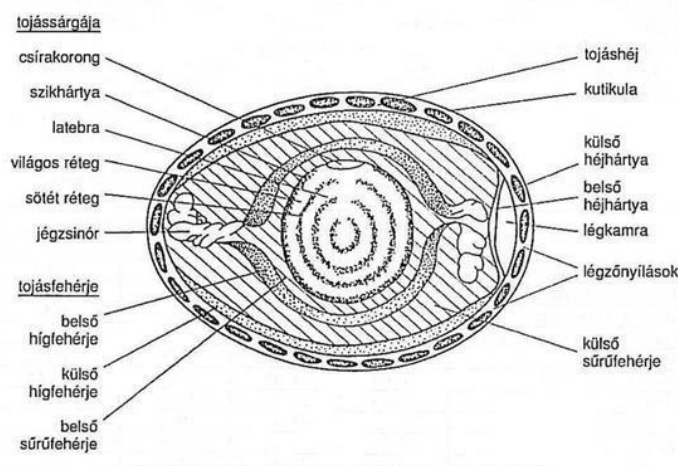
A tojás jelentősége a modern táplálkozásban megkérdőjelezhetetlen. Értékesítése során az egyik legnagyobb kihívást a héj állapota jelenti. Ma már ismert, hogy számos tartási és takarmányozási tényező szerepet játszhat a tojáshéj szilárdságának alakulásában. Dolgozatomban két takarmány-adalékanyagot próbáltam ki, amelyek hatóanyagai hozzájárulhatnak a héjminőség javításához.

Kísérletemben azt vizsgáltam, hogy idős tojóállományban a takarmányba keverhető ill. az ivóvízzel adagolható készítmény bizonyul-e hatásosabbnak, továbbá, hogy a két kezelés kombinációja hatékonyabban javítja-e a héj minőségét, mint a két adalékanyag külön történő alkalmazása.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A tojás képződése

A tojás belsejében található a madarak petesejtje, más néven a tojássárgája, amelyet körül vesz fehérje, héjhártyák és a meszes héj (1. ábra). Ezek a fő összetevők a kedvező arányban tartalmaznak tápanyagokat az embrió fejlődéséhez, illetve biztosítják a szükséges feltételeket (Dr. Bogenfurst, 2004).



1. ábra
A tojás szerkezeti felépítése
(forrás: <http1>)

A szik kialakulásának helye a petefészek, míg a további alkotórészek a petevezetőben formálódnak. A sárgája fokozatosan érik, és 10-11 nap alatt éri el a végső méretét. A sárgája színét a takarmány ill. az abban lévő pigmentanyagok befolyásolják. A méretét a fehérje és a zsír bevitel, valamint az életkor határozza meg. A tojássárgája mérete a tojástermelés intenzitásával együtt nő. Az ovuláció időpontja pozitívan korrelál a tojás méretével, ezért a ciklus első tojásának általában nagyobb a sárgája, mint a többi tojásnak. A tyúk fajban jellemzően 24-26 óra telik el két tojások megtermelése, ill. két ovuláció között (Dr. Bogenfurst, 2004).

A petevezető öbölben történik a fehérje kiválasztása, így a tojás hosszabb ideig, kb. 3 óráig marad itt. A tojásban lévő fehérjék négy réteget alkotnak, a külső sűrű fehérjeréteg 57%, a külső hígfehérje-réteg 23,0%-ot tesz ki. Kisebb arányban van a belső híg fehérjeréteg 17,3% és a belső sűrű fehérje 2,7%. A sziket körülvevő fehérje három lényeges funkciót lát el: fizikai és mikorbiális védelmet, víz- és iontárolást, illetve fehérjeforrást jelent a potenciálisan fejlődő

embrió számára. Emellett védi a szik anyagot, mérsékli a hőmérsékletváltozásokat, és stabil környezetet biztosít az embrió fejlődéséhez (Dr. Bogenfürst, 2004).

Az isthmus, a relatíve rövid petevezető szakasz funkciója a külső és belső héjhártya, valamint a tojás végleges alakjának kialakítása. A héjhártya két rétegből áll, amelyek proteinrostokból épülnek fel. Feladatuk a védelem, megakadályozzák a mikroorganizmusok behatolását, és meggátolják a tojás tartalmának kiszáradását. A héjszilárdság és a héjhártya vastagsága között pozitív összefüggés van (Dr. Bogenfürst, 2004).

A tojáshéj képződés az egyik leggyorsabb ismert meszesedési folyamat a természetben. A mészhéj átlagosan a tojás súlyának 11%-át alkotja. Szerkezetét tekintve pórusos, kétrétegű rostos és szerves anyagokat tartalmaz. Elsődleges feladata a tojás védelme a fizikai behatások ellen, valamint a gázcsere biztosítása. Kívülről kutikularéteg borítja, ez növeli a tojás természetes védelmét. A mészhéj az uterusban képződik ([http6](#)).

A méhben töltött körülbelül 19-21 óra alatt válik teljessé a tojás szerkezete. A tojáshéj kialakulásakor kezdetben apró kalciumszemcsék rakódnak le a héjhártya felületén. Az alapszemcsékre egy kalcit kristályokból összetevődött mamilláris réteg telepedik, ezt követi egy sokkal vastagabb szivacsos réteg kialakulása. A kész tojáshéj szárazanyagának közel 94%-a kalcium-karbonátot tartalmaz, valamint kis mennyiségű magnézium-karbonátot, kalcium-foszfátot, magnézium-foszfátot és különböző nátrium- és káliumsókat. A kalcium nagy része közvetlenül a takarmányból kerül a héjba, azonban ez nem mindig elegendő. Szükség esetén, elsődlegesen éjszaka, amikor szünetel a takarmányfelvétel a csöves csontokból is mobilizálható, hogy felhasználja a raktározott erőforrásainak egy részét, a csöves csontokat, elsődlegesen éjszaka, amikor szünetel a takarmányfelvétel. A kalcium-karbonát képződéséhez a vér juttatja el az uterusba a kalciumionokat, ellenben a karbonátnak túlnyomó részét a héjképző mirigyek választják ki. Ha az ellátás korlátozott, akadályozhatja a mészlerakódást, ami rosszabb minőségű héjképződést eredményez (Dr. Bogenfürst, 2004).

2.2. A tojás részeinek jellemzése

A tyúktojás fő összetevőit az 1. táblázatban mutatom be. Ennek alapján, a tojás közel 75%-a víz. A szárazanyag 95%-a szerves anyag, amelynek az összetételét az 1. táblázat mutatja be részletesen ([http1](#)).

1. táblázat: A tyúktojás kémiai összetétele (forrás: <http1>)

	100 g anyagban		
	Teljes tojás	Fehérje	Sárgája
Víz (g)	74,57	88,07	48,76
Energia (kJ)	661	204	1546
Fehérje (g)	12,14	10,14	16,4
Zsír (g)	11,15	0	32,93
Szénhidrát (g)	1,2	1,23	0,21
Nyersrost (g)	0	0	0
Hamu (g)	0,94	0,56	1,7
<i>Ásványi anyagok</i>			
Kalcium (mg)	56	11	152
Vas (mg)	2,09	0,03	5,58
Magnézium (mg)	12	9	15
Foszfor (mg)	180	11	508
Kálium (mg)	130	137	90
Nátrium (mg)	138	152	49
Zink (mg)	1,44	0,02	3,38

A tojásszék az embrió számára az elsődleges energia- és táplálékforrás. Nagy szárazanyag-tartalma főként zsírból és fehérjéből áll, valamint számos vitamint is tartalmaz (pl.: B1, B2, B12, D és E). Emellett azonban számos szerves anyagot is tartalmaz - pl: Ca-t, Cl-t, P-t, S-t, Mg-t, Na-t, Fe-t, K-t, melyek segítik az ásványianyag- forgalmat az embriófejlődése során, illetve a vérképzést. A székben található fehérje egy része vázalkotó, másik része pedig immunfunkcióval rendelkezik. A szék zsírjai között nagy mennyiségben található meg a koleszterin (Dr. Bogenfűst, 2004).

A tyúktojás fehérjéjének minősége az anyatejéhez hasonló, ezért humán táplálkozásban a tojásfehérje értékéhez viszonyítják az élelmiszerek fehérjéinek értékét. Összetételében 18 aminosav található meg, amely közül 9 esszenciálisat optimális arányban tartalmaz. Egy tojás az ember napi fehérjeszükségletének 10-12%-át fedezi. Kutatások eredményeképpen kiderült, hogy fehérjéi között vannak olyanok, amelyek gátolják a baktériumok és vírusok szaporodását, vagy akár el is pusztítják azokat (<http1>). A tojásfehérje összetételének 86-89%-át víz alkotja. Ennek nagyobbik része (89%) a külső hígfehérje-rétegben, míg kisebbik arányban (86%) a sűrűfehérje-rétegben található. Szárazanyag-tartalmában fehérjék dominálnak (10,14%), de emellett tartalmaz szénhidrátokat (7,5) és ásványi anyagokat (6,0%). A székkel szemben a tojás ezen része vitaminokban szegény, csupán niacint és riboflavint tartalmaz nagyobb arányban (Dr. Bogenfűst, 2004).

A tojás teljes tömegének 10-13%-át adja a meszes héj. Legnagyobb arányban ásványi anyagokból áll (93,5%), de tartalmaz 4,5% fehérjét, illetve nyomokban zsírokat és szénhidrátokat is (Dr. Bogenfurst, 2004).

2.3. A tojáshéj szerkezete és minősége

A tojáshéj két szempontból játszik fontos szerepet. Egyrészt védelmet nyújtó tároló a fogyasztói tojás számára, amely relatíve hosszú időn át biztosítja a belső összetevők friss állapotát. Másrészt embrionális kamrát képez a fejlődő csibe számára, amely mechanikai védelmet és szabályozott gázcserével megfelelő környezeti feltételeket biztosít, megakadályozza a baktériumok és más kórokozók bejutását a tojásba. Emellett az embriófejlődés ásványianyag forrása. A héj felületén apró nyílások vannak, amelyen keresztül intenzív gázcsere zajlik a keltetés során. A megtojás után a pórusok többsége még zárt, csak a tárolás és a keltetés folyamán nyílnak ki. A tojás csúcsosabb végén kevesebb, a tompább végén több pórus található (Hunton, 2005).

A héj makro- és mikroszkópos szerkezete, kémiai összetétele már több mint 100 éve ismert. Kémiai összetételének 97%-át mikroszkópikus kalcium-karbonát kristályok adják. Ehhez, a kalciumot optimális esetben a takarmány biztosítja, míg a karbonátot a tyúk szervezete állítja elő az anyagcsere során. A héjképződés alapját két membrán biztosítja. A külső membrán felületén első lépésként mamilláris gombok alakulnak ki, és ezekből képződik a héj fő rétege, a palánkréteg. A héjat egy vékony külső réteg, a kutikula teszi teljessé. Ez a petevezeték által kiválasztott filmszerű nyálka, amely főként glikoproteinekből áll és eredeti funkciója a megtojás folyamatának segítése. Egyfajta kenőanyag. A megtojást követően ez megszárad és lezárja a héjat és a pórusokat. Ez a 10 mikron vastag filmréteg megakadályozza a tojások kiszáradását. További kiemelt védelmi funkciója van, hiszen ez akadályozza meg a baktériumok és egyéb kórokozók bejutását és véd a kémiai jellegű környezeti hatások ellen is. A tojáshéj jellegzetes tulajdonsága a színe. Minőségi szempontból azonban ennek nincsen jelentősége. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a megszokottól eltérő szín takarmánytartalomra vagy betegsége utalhat. A tojáshéj fehér vagy barna színe, ill. annak árnyalatai a tojásképződés utolsó 5 órájában alakulnak ki a fajtára jellemzően. A héj színét alkotó pigment a protoporfirin, amely az uterusban termelődik. A fehérhéjú tojást termelő egyedeknél jóval kevesebb protoporfirin rakódik le a héjra, mint a barna héjú tojást termelő hibridek esetében. A Dél-Amerikában honos Araucana fajta zöld vagy kék színű héjú tojást

tojik. Ebben az esetben biliverdin kerül protoporfirin helyett a tojáshéjra, ezért változik a héj színe (Hunton, 2005).

A héj vastagsága fajtától ill. hibridtől függően körülbelül 0,3-0,4 mm között változik (http7). A héj szilárdsága kritikus jelentőségű minőségi paraméter, mivel ez határozza meg, hogy a külső fizikai hatásoknak mennyire tud ellenállni akár tenyésztőjáról, akár árutojásról van szó. Éppen ezért a héj erősségének mérése és a héj szilárdságát befolyásoló kezelések értékelése fontos a baromfiipar számára. A héj erősségét befolyásolja a héj vastagsága és fajsúlya (Hunton, 2005).

2.4. A tojáshéj minősége és szilárdsága

Számos tényező ronthatja a tojáshéj minőségét.

A tojástermelés intenzitásának növekedésével a héj minősége romlik. A tojástömeg növekedésével a kalciumigény is növekszik, amelyet a tyúk már nem képes fedezni. A tojásrakási időszak végén nagyobb, vékonyabb és törékenyebb héjú tojasokat raknak, mint csúcstermelési időszakban (Halas V., 2019).

Az emelkedő környezeti hőmérséklet, hőstressz hatására romlik az állat étvágya, ami szintén a kalcium-ellátás romlását és így a héj gyengülését okozza. Emellett a stressz hatások, a tartástechnológia és egyes betegségek is hozzájárulnak a tojáshéj elvékonyodásához (Han és mtsai, 2023).

A héj minőségének jellemzésére jól használható a tojás megtöréséhez szükséges erő, a héj súlya és vastagsága (amely mikrométerrel és ultrahanggal egyaránt mérhetünk), valamint e két paraméter egymáshoz viszonyított aránya. A héjszilárdságot N-ben vagy kg-ban mérik olyan műszerrel, amely a tojást a hosszanti tengelye mentén nyomja össze. Ez megmutatja, hogy mekkora erő vagy tömeg szükséges a héj megroppantásához (Halas V., 2019).

A tojáshéj minősége régóta áll a kutatások középpontjában. Voisey és Hunt (Citation 1967) már 1967-ben kifejlesztett egy műszert, amellyel a tojáshéj törési ellenállását volt hivatott mérni. Ebben, tojáshéjra ejtettek egy acélrudat és mérték a héjra kifejtett maximális erőt. Ugyanebben az évben beszámoltak a tojáshéj feszültségeloszlásra vonatkozó elemzéseikről, és kimutatták, hogy a külső erők feszültséget okoznak a belső héjfelületen. Carter és Morley Jones 1970-ben kijelentette, hogy a héj formáját figyelembe kell venni a repedezési tulajdonságának értékelése során és azt javasolták, hogy a tojások alakjára vonatkozó genetikai szelekciót vegyék be a tenyésztési programba. 1976-ban Voisey és Hamilton részletesen megvizsgálta „A tojáshéj

szilárdságának kvázistatikus tömörítéssel történő mérésének roncsolásmentes és roncsoló módszereit befolyásoló tényezőket”. Ebben a folyamatban a tojásokat két párhuzamos lemez közé helyezték és ezeket nyomták egymás irányába addig, amíg növekvő terhelés miatt a tojás megreped. Ezzel a technikával működik a mai eszközök többsége is. Az erőt és az alakváltozást folyamatosan rögzítették. Adataik elemzése során a szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy a héj szilárdsága és deformációja között nem áll fenn közvetlen összefüggés, és számos egyéb fizikai paraméter, köztük a tojás hosszának, átmérőjének és héjvastagságának egyenletbe való beillesztése sem javította az előre jelzett értékeket (Solomon, 2010).

2.5. A héj szilárdságát befolyásoló tényezők

A tyúkok tojáshéjának kialakulásában számos ásványi anyag és fehérje vesz részt. Kanadai kutatók 2003-ban tíz olyan fehérjét azonosítottak, amelyek meghatározzák a tojáshéj szilárdságát, és úgy vélik, hogy további 20-30 fehérje is szerepet játszhat ebben a folyamatban. Két olyan fehérjét találtak, amelyek hálószerű struktúrát hoz létre a héjban. Ezek a mátrix-fehérjék, bár csak kis mennyiségben vannak jelen a tojáshéjban, jelentős hatást gyakorolnak a héj 95%-át alkotó ásványi anyagok kristályosodására (http8). Mint már korábban említettem, a héj 97%-ban kalcium-karbonát, így azok a tényezők, amelyek hatással vannak a CaCO_3 -képződésére, befolyásolja a tojáshéj minőségét (Halas V., 2019). A tojáshéjban a kristályosodás többféle módon zajlik: olykor a kristályok párhuzamos láncokban rendeződnek, így alakul ki a palliszád réteg, máskor pedig összefonódnak, és ezáltal szilárdabb héjat hoznak létre (http8). A legújabb eredmények alapján azonban teljesen egyértelmű, hogy a megfelelő biomineralizáció feltétele, hogy az amorf kalcium-karbonát nagy mennyiségben halmozódjon fel az uterusban, majd szállítódik a héjmembrán felületére és a kristályosodás szabályozottan, csak itt kezdődik meg. Erre feltételezések szerint az ad lehetőséget, hogy az amorf kalcium-karbonát vezikulumokban halmozódik fel és ezekkel szállítódik a kristályosodás helyére (Stapane et al., 2019).

A biomineralizáció során a kalcium-karbonát kristályosodása egyéb lokálisan megtalálható ionok jelenlétét is igényli. Így a héjszilárdsághoz és a megfelelő szerkezeti felépítéshez szükség van foszforra, illetve kisebb mennyiségben magnéziumra, mangánra és cinkre is. Ezért a tojótápok receptúráinak összeállításánál különös figyelmet kell fordítani a premixek ásványianyag összetételére. Emellett a foszfor (P) ellátás optimalizálása során figyelni kell arra, hogy a növényi összetevőkben található P nagy része fitinkötésben van, ami jelentősen

csökkenti annak hasznosulását. Ráadásul a fitinsav nem csak a foszfort, hanem a kalciumot is képes megkötni, ezáltal annak hozzáférhetőségét is csökkentheti. A baromfitápok foszfortartalmát a jelenlegi ajánlások már nem csak az összes foszfor mennyiségében határozzák meg, hanem a nem fitin kötésű foszfor (NPP) alapján is, mivel a fitinsav által megkötött foszfor nem hasznosul. Tojótúkokkal végzett foszforforgalmi vizsgálatok szerint, ha a takarmány legalább 2,45 g/kg NPP-t tartalmaz, nem kell számolni sem a tojástermelés, sem a héjminőség romlásával (NRC, 1994). A megfelelő Ca- és P-forgalom szabályozásában a D-vitaminnak jelentős szerepe van. Az állat szervezete nem képes hatékonyan felhasználni a D₂-vitamint, mert a vizelettel kiürül. Zavartalan értékesüléshez és tojásképződéshez 500-600 NE D₃-vitamin szükséges a tyúkok számára (Halas V., 2019).

A máj számos kulcsfontosságú anyagcsere-funkcióban (szénhidrát-, fehérje-, lipid-anyagcsere, epe kiválasztás stb.), immunválaszban és méregtelenítési folyamatokban játszik szerepet. Ezért a máj egészségének és funkcióinak megőrzése elengedhetetlen a tojótúkok megfelelő tojástermelési ütemének fenntartásához és a jó tojásmínőséghez. A máj egészsége azonban általában romlik a tojótúkok életkorával. Az idős egyedek májában a *de novo* zsírszintézis fokozódása gyakran indukálja a zsíros májbetegségek előfordulását, ami összefügg a tojástermelés és a tojás minőségének csökkenésével. A csökkenő tojáshéjszilárdsághoz kapcsolódó májfunkciók egyéb molekuláris mechanizmusai azonban még mindig nagyrészt ismeretlenek (Han és mtsai, 2023).

A hőmérséklet és a páratartalom jelentős hatással van a tojáshéj szilárdságra. A tojások tárolása során a magas hőmérséklet csökkentheti a tojáshéj kalciumtartalmát és gyengítheti annak szerkezetét. A hőmérséklet emelkedése a tojások víztartalmát is befolyásolja, ami szintén hatással van a szerkezet stabilitására. Megváltoztatja a fehérje állapotát, amely denaturálódhat és ez hozzájárul a héj törékenyebbé válásához. Éppen ezért ideálisan a tojásokat hűvös, 5-15°C közötti hőmérsékleten célszerű tárolni, hogy megőrizzük a héjszilárdságot. Magas páratartalom esetén a tojások héja szintén veszíthet szilárdságából, mivel a nedvesség behatolhat a tojáshéj pórusaiba, egyfajta feszülést okozhat, amely végül repedésekhez vezethet. Alacsony páratartalom esetén ugyanakkor a tojások gyorsabban veszítenek víztartalmukból, ami szintén kedvezőtlenül befolyásolja a héj minőségét, mivel vízvesztés következtében a héjhártyák eltávolodhatnak a héjtól, és ezzel gyengülhet annak struktúrája. A tojások optimális tárolása 75-80% páratartalom mellett ajánlott (Han és mtsai, 2023).

Egyes patogén mikróbák az egészségügyi kockázat mellett megváltoztatják a tojások héjának kémiai összetételét és szerkezetét. Így például egyes enzimek, például a proteázok révén, a héj

felépítésében résztvevő fehérjék károsodását okozhatják, amelynek következtében meggyengül annak biopolimer struktúrája és törékennyé válik. Emellett bakteriális fertőzések esetén megfigyelték, hogy a tojáshéj pórozítása megnőhet, ami lehetővé teszi a víz és a levegő könnyebb kiáramlását, ezzel növelve a belső nedvességvesztést és csökkentve a héj szilárdságát (Moyle és mtsai, 2016).

2.6. A tojáshéj szilárdságának javítására kipróbált adalékanyagok

A tojáshéj-szilárdság jelentősen befolyásolja a tojástermelés gazdasági mutatóit. Ezért a takarmány-összetétel kialakítása során mindent megteszünk az optimális ásványi anyag ellátás érdekében. E tekintetben kiemelt jelentősége van a kalciumnak. Mivel ez a tojáshéj legfontosabb összetevője, elengedhetetlen a megfelelő mennyiségű bevitel a takarmánnyal. Gyakran azonban a takarmánytól függetlenül is kínálunk kalciumforrást a tyúkoknak. Ilyen például a kagylóhéj zúzalék, vagy a mész gritt. Ahhoz, hogy ezek az adalékanyagok könnyen és megfelelő ütemben szívódjanak fel a bélből, optimalizálni kell a D-vitamin ellátást. Mint már korábban említettem a tojáshéj-képződés folyamatában fontos szerepet játszik a foszfor is, ezért rendszeresen szerepeltetünk a keveréktakarmányban foszfor kiegészítést. Ezzel alakítható ki a tyúkok számára optimális 6-7:1 Ca:P arány (Maxwell et. al., 2012).

A tojáshéj minőség optimális szinten tartásához általában szükség van a magnézium kiegészítésre is. Ezt leginkább magnézium-szulfát vagy magnézium-oxid formában keverik be a tojó takarmányokba. Ásványi anyagok közül a kálium és a nátrium a sejtek elektrolit egyensúlyának fenntartásában játszik kulcsfontosságú szerepet. Optimális mennyiségük és arányuk segíti a víz visszatartását a sejtekben és hozzájárul a tojásfehérje térfogatának szabályozásához, ami hozzájárul a héjszilárdsághoz. A nyomelemek közül a cink, a mangán és a réz a jelentősebb. A cink a tojáshéj szerkezetének stabilitásához járul hozzá a fehérjeszintézisben és sejtnövekedésben betöltött szerepe révén. A mangán a héj közvetlenül a kristályos struktúra kialakításában játszik szerepet. Míg a réz az antioxidáns védelemben segít és a kollagén szintézisben, amely a héj szerkezetének szilárdításában fontos szerepet játszik (Maxwell et. al., 2012).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A vizsgálat helye és ideje

A tojáshéjszilárdság értékmérő elemzését Gödöllőn végeztem el, a MATE Szent István Campus Takarmánybiztonsági Tanszékének kísérleti telephelyén. A laboratóriumi vizsgálatokra pedig a Takarmánybiztonsági Tanszék takarmány- és állati termék vizsgáló laboratóriumában került sor. A kísérletet 2024. július 1.-jén kezdtük és 2024. augusztus 19.-éig tartott.

3.2. A vizsgált állomány

A kísérlet során alkalmazott hibrid állomány a Hy-line Brown tojóhibrid (2. ábra) volt. Ez a típus gyakorta megtalálható az USA tojástermelő piacon, míg Európában csak az elmúlt néhány évben lett népszerű. Barna héjú tojásával jól illeszkedik a magyar piac igényeihez. Nyugodt természetének és kiváló stressztűrő képességének köszönhetően ideális mélyalmos és tojófészkes tartási rendszerekben is. Magas szintű ellenálló-képességgel rendelkezik, illetve alacsony elhullási százalékát hivatalos tesztek és gyakorlati eredmények is alátámasztják. Takarmány-hasznosításban felveszi a versenyt bármelyik más barna héjú tojást tojó hibriddel. Testtömegük 70 hetes korban 2,0 kg körül alakul. 50%-os tojástermelésüket 145. napra érik el, és csúcstermelési szintjük 94-96% között van. Egy tojóra a 74. hétig 325 db tojás számolható. Az állat 32 hetes korában a tojások testtömege 62,7 g/tojás, illetve 70 hetes korban 66,7 g/tojás. 18 és 74 hetes koruk között az összes tojás tömege 20,9 kg (Holló, 2014).



2. ábra

Hy-line Brown tojótyúkók és tojófészkek

Forrás: Saját kép

3.3. Tartástechnológia

A kísérleti állományt négy egymás melletti 12 m²-es alapterületű termekbe, csoportokra osztottuk. Alomanyagként puha fenyőfa-forgácsot használtunk és a tojófészkekbe is ezeket

szórtuk. Az etetés és itatás az ólakon belül csoportosan történt. A tojások összegyűjtése naponta egyszer, a délelőtti órákban történt. A kísérlet ideje alatt napi 16 óra megvilágítást alkalmaztunk.

3.4. Takarmányozás

A tojók etetésére a Vitafort Zrt. által értékesített kereskedelmi tojó takarmánykeveréket használtuk, dercés formában. Ezt a takarmányt fogyasztották a kontroll és az itatott készítményt fogyasztó csoport egyedei, míg azok a kísérleti csoportok, amelyek szilárd adalékanyagot kaptak (etetett és kombinált kezelések) azt ehhez a keverékhez adtuk hozzá. A kontroll keveréktakarmány táplálóanyag-tartalmát a 2. táblázat tartalmazza. Mesterséges színezőanyagot nem tartalmaz.

2.táblázat A kereskedelmi tojó keveréktakarmány táplálóanyag-tartalma (Forrás: Vitafort Zrt.)

Táplálóanyag	Menny. egysége	Mennyiség
Nedvesség max.	%	11,9
Nyersfehérje min.	%	17,43
ME baromfi min.	MJ/kg	10,27
Nyersrost max	%	4,50
Nyerszsír min.	%	3,70
Kalcium min.	%	3,84
Foszfor min.	%	0,57
Nátrium min.	%	0,16
Hozzáadott P	%	0,19
A-vitamin	NE/kg	10560
D3-vitamin	NE/kg	3686
E-vitamin	mg/kg	45
Lizin min.	%	0,80
Metionin min.	%	0,44
Hozzáadott Met	%	0,11
Fitáz enzim	FTU/kg	330
Nyershamu	%	12,40

A kísérletben két készítmény hatásait vizsgáltuk. Az egyik egy szilárd készítmény, az Egg-Shell 1%-os előkeveréke, amelynek az összetétele a 3. táblázatban látható. A keverék elsősorban olyan makro- és mikroelemek keveréke, amelyek a héj minőségének alakításában bizonyítottan szerepet játszik. Emellett a statikai hatású ásványi anyagok metabolismusában fontos szerepet játszó vitaminokat tartalmaz. A keveréket természetesen a gyártói javaslatnak megfelelően 1%-os arányba kevertük a kontroll keveréktakarmányba.

3.táblázat: Az Egg-Shell 1% előkeverék összetétele

Táplálóanyag	M.egys.	Mennyiség
Nyers hamu	%	84
Kalcium (Ca)	%	19
Magnézium (Mg)	%	5
D-3 vitamin	NE/kg	200 000
25-Hidroxi-D3	NE/kg	200 000
Cink (Zn)	mg/kg	8 000
Mangán (Mn)	mg/kg	5 000
Réz (Cu)	mg/kg	450
Jód (I)	mg/kg	250
Szelén (Se) szerves	mg/kg	10

A másik vizsgált készítmény egy folyékony, vízzeloldható anyag. A Micro Care® a Herbamix Kft. gyógynövény alapú terméke, amelynek összetételét a 4. táblázat tartalmazza. Ezt a terméket a gyártói javaslat felső határának megfelelő koncentrációban, 0,5 ml/l dózisban adagoltuk az ivóvízbe.

4.táblázat: A MicroCare® készítmény összetétele

Táplálóanyag	%
Cink-szulfát	4
Mangán-klorid	8
Nátrium-szelenit	0,125
E-vitamin	2,5
β-karotin	2,5
Metil-metionin	0,5

3.5. A vizsgálat menete

A kísérletbe bevont állatokat négy csoportba, négy terembe osztottuk. Az első volt a kontroll, amelyet a kereskedelmi tojó keveréktakarmánnyal etettünk és tiszta ivóvízzel itattuk. A további három kísérleti csoportból az egyikben a kontroll keveréktakarmányhoz Egg-Shell 1% premixet kevertünk 1%-os bekeverési arányban, a másikban az ivóvízhez adagoltunk 0,5 ml/l arányban Micro Care® készítményt, a harmadikban pedig a takarmányba Egg-Shell 1% premixet és az ivóvízbe 0,5 ml/l Micro Care® készítményt kevertünk. A kísérlet során minden ólból 20-20 db tojást gyűjtöttünk véletlenszerűen a kezelés 0., 3., 7., 10., 14., 17., 21. napján. A gyűjtött tojásokból 10-10 db-ot szárítószekrénybe tettünk, és szobahőmérsékleten 30 napig tároltuk. A maradék 10-10 tojást a gyűjtés napján, a NABEL DET6500 típusú Digital EGG Tester gép (3. ábra) segítségével elemeztünk. A gép segítségével mértük a tojás tömegét (Wt), a héj erősségét

(Str), a fehérje magasságát (Ht), Haugh egységet (HU), szik magasságát (Yh), átmérőjét (YD) és a sárgája indexe (YI), illetve a szik színét (YF). Emellett a géphez csatlakozott elektronikus mikrométer segítségével a tojáshéj vastagságát (Thk) is megmértük. Az eredményeket Excel táblázatban rögzítettem és elvégeztem az adatok statisztikai elemzését.

Első lépésként, a gépen lévő beépített mérlegre helyeztem a tojást. Egy olyan kis tálcára helyeztem hossz tengelyével párhuzamosan, ahol egy „satu” beszorította két munkahenger közé. Az egyik henger fixen támasztotta a tojást, a másik mozgó henger addig nyomta a tojást, amíg a héj megroppan. Ezzel a módszerrel mérve a gép azt a súlyt adta meg, amellyel a tojást nyomni kell a megroppanáskor. Ezután kézzel feltörtem a tojást és a Tester gép tálcájára borítottam. Egy gomb megnyomásával elindult egy szkennel, ami egyidejűleg mérte a szik színt, a fehérje és a sárgája méreteit és számította ez utóbbi értékekből a származtatott paramétereket. A gép a tojássárgájának színét a „Roche Yolk Colour Fan” színskála alapján adja meg. A Haugh egységet a $HU = 100 \times \log (H - 1.7W^{0.37} + 7.6)$ képlet alapján számítja, ahol a „H” a fehérje magasságát, a „W” a tojás tömegét jelzi. A sárgája index a szik magasságának és átmérőjének arányából tevődik össze, amely szintén egy frissességi mutató.



3. ábra
NABEL DET6500 Digital EGG Tester gép
Forrás: Saját kép

A tojáshéj vastagságának méréshez egy Mitutoyo digitális mikrométer eszközt (4. ábra) használtam, amely a DET 6500-as géphez volt csatlakoztatva. A tojás héjából letörtem egy darabot és eltávolítottam a héj-hártyát. Ezután a meszes héjat behelyeztem az eszköz két

mérőpontja közé és meg is kaptam az eredményt milliméter mértékegységben. Ez a műszer 0.01 mm pontossággal képes dolgozni, 0.10-0.60 milliméter vastag tartományon belül.



4. ábra
Mitutoyo digitális mikrométer
Forrás: Saját kép

Miután minden mért eredmény a rendelkezésemre állt, az adatokat Microsoft Excel programba rögzítettem.

3.6. Vérminták és vizsgált vérparaméterek

A kísérlet során három alkalommal, a 7., 14., és 21. napon a szárnyvénából vérmintát gyűjtöttünk csoportonként 6-6 állatból. A vérmintákat heparinos vérvételi csövekbe gyűjtöttük, majd centrifugában (2500 g, 20 min) szeparáltuk a vérplazmát az alakos elemekből. A vérplazma mintákat eppendorf csövekbe pipettáztuk és további analízisig -70°C-on tároltuk.

Az analízis előtt a vérplazma mintákat felolvasztottuk. Mértük a vérplazma kalcium- és foszfor-koncentrációját. A kalciumkoncentráció meghatározás egy kolorimetriás mérés (Diagnosticum Zrt.), amely azon az elven alapul, hogy a vérben ionos formában lévő kalcium az ortokrezoltaleinnel bíborvörös komplexet alkot. A kialakult szín intenzitása arányos a minta kalciumkoncentrációjával, így 570 nm hullámhosszon fotometriásan mérhető.

A foszfortartalom vizsgálata Anorganikus Foszfor Reagens kitet (Diagnosticum Zrt) használtunk. Az analízis azon az elven alapul, hogy savas közegben a foszfor az ammónium-molibdáttal többlépéses reakció során foszfomolibdénsav komplexet ad. Ez a reakció 340 nm-

en nyomonkövethető, az abszorbancianövekedés pedig arányos a minta anorganikus foszfor koncentrációjával.

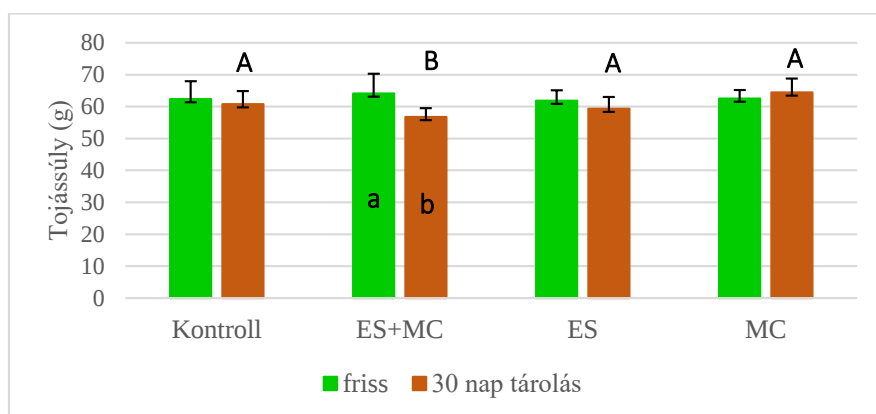
3.7. Statisztikai értékelés

Méréseim alapján kiszámoltam minden mintavételi időpontban a mért paraméterekre vonatkozóan a csoportok átlag és szórás értékét. Ezt követően kétmintás T-próba segítségével összehasonlítottam az egyes mintavételi időpontokban a különböző kezelések eredményeit, valamint a friss és a tárolt tojások paramétereit.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

4.1. Tojások súlya

A kezelés 3. napján, a tojások súlya a friss mérés alkalmával hasonlóan alakult, azonban a 30 napos tárolást követően a kombinált kezelés (ES+MC) hatására szignifikánsan kisebb volt a kontrollhoz viszonyítva. A tárolás hatására csak a kombinált kezelés esetén mutatkozott statisztikailag igazolható különbség a tojás súlyában. Ahogy az a 5. ábrán is látható ebben a csoportban csökkent a tojás súlya a tárolás során.

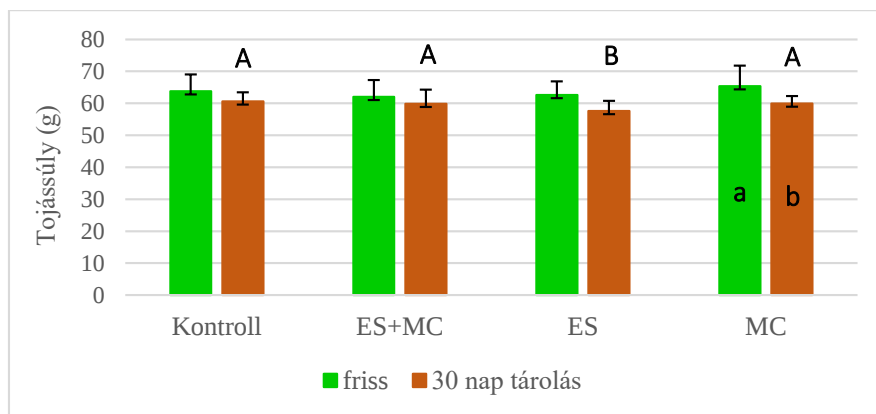


5. ábra

A tojássúly alakulása a kezelés 3. napján friss és a 30 napig tárolt mintákban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

Hasonlóan az első mintavételi alkalomhoz a 7. napon sem mutatkozott különbség a friss tojások súlyában, azonban a 30 napos tárolást követően a kísérleti takarmányt fogyasztó csoport (ES) tojásainak súlya statisztikailag igazolhatóan kisebb lett a többi csoport értékénél. A tárolás hatására azonban a kísérleti készítménnyel itatott csoportban tapasztaltunk számottevő csökkenést, bár hasonló tendencia látszik minden csoportban (6.ábra).

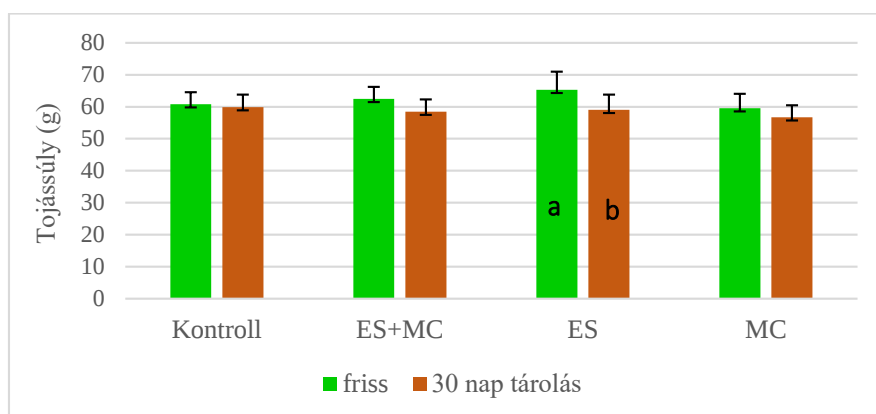


6. ábra

A tojássúly alakulás a kezelés 7. napján friss és a 30 napig tárolt mintákban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

Ahogy az a 8. ábrán látszik, a kezelés 10. napján a csoportok között nem volt sem a frissen, sem a tárolást követően számottevő eltérés. Csoporton belül hasonlóan a 7. napi eredményekhez minden csoportban csökkent valamelyest a tojások súlya, azonban az eltérés csak az ES csoport esetében bizonyult statisztikailag igazolható mértékűnek.

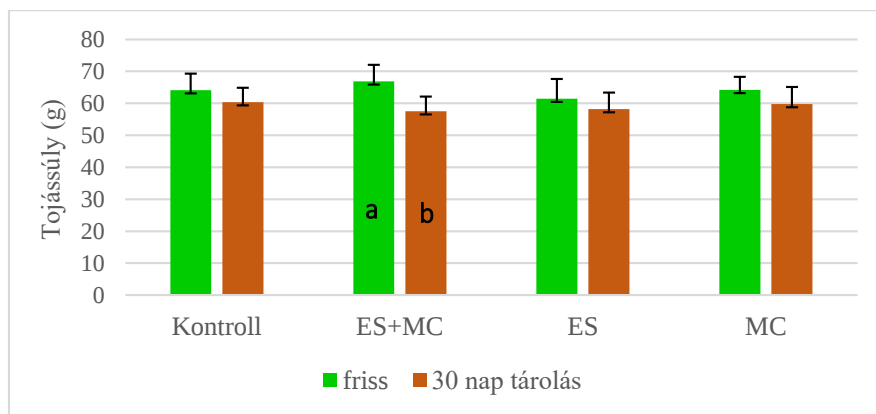


7. ábra

A tojássúly alakulás a kezelés 10. napján friss és a 30 napig tárolt mintákban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

A 14. mintavételi napon bár a tojások súlya a csoportok között némiképp eltért egymástól ez sem friss állapotban, sem tárolást követően nem volt számottevő. Emellett minden csoportban a tojástömeg csökkenése látható, azonban ennek mértéke csak a kombinált kezelés esetén volt statisztikailag igazolható (8.ábra).

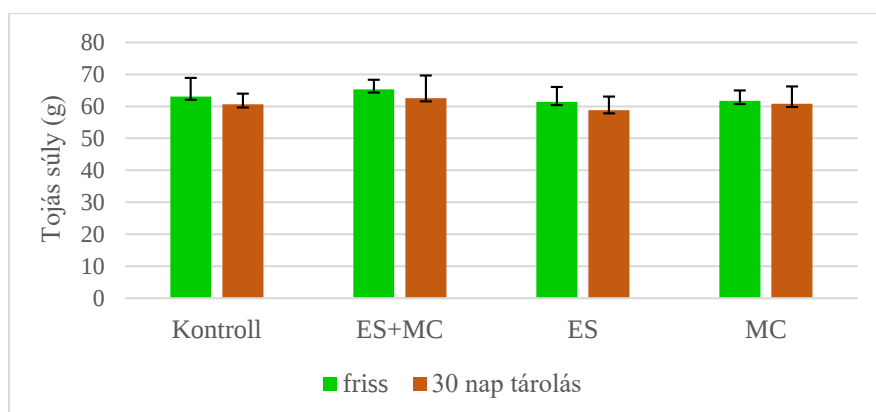


8. ábra

A tojássúly alakulás a kezelés 14. napján friss és a 30 napig tárolt mintákban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

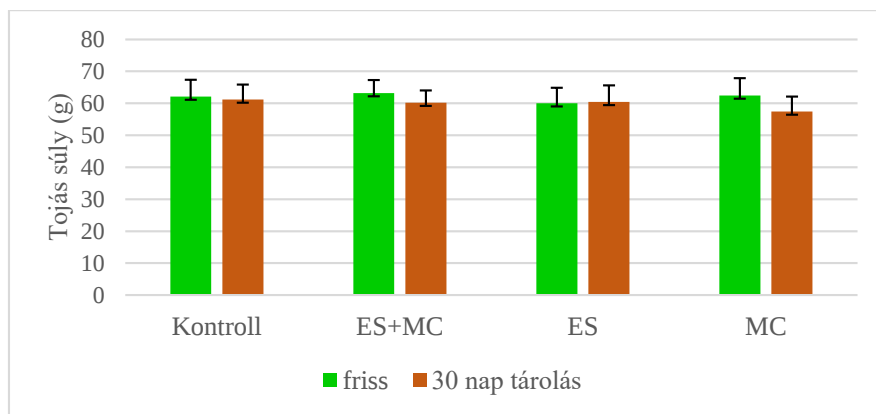
A kezelés 17. napján nem volt jelentős eltérés sem a csoportok között, sem a csoportokon belül (9. ábra). Hasonló eredményeket kaptunk a 21. napon is (10. ábra).



9. ábra

A tojássúly alakulás a kezelés 17. napján friss és a 30 napig tárolt mintákban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés



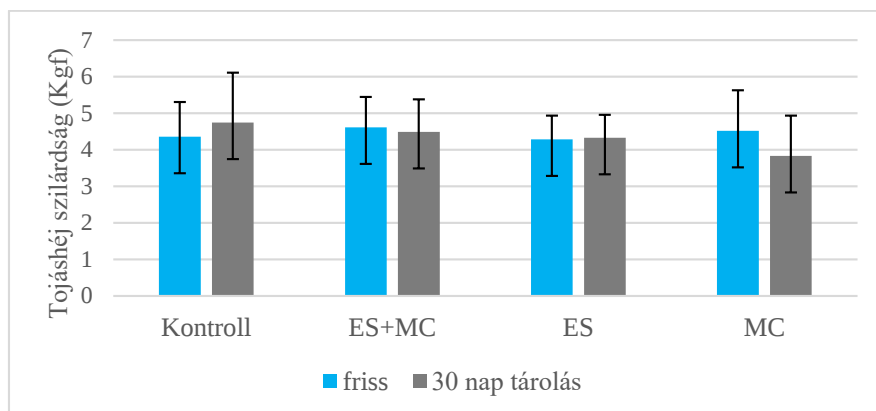
10. ábra

A tojássúly alakulása a kezelés 21. napján friss és a 30 napig tárolt mintákban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség; ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

4.2. Tojánhéj-szilárdság

A kezelés 3. napján mért eredményeket a 11. ábrán foglaltuk össze. A legnagyobb különbséget a friss és a tárolt tojások között, az itatott készítmény esetén észleltük, de itt sem szignifikáns a változás. A csoportok között sem volt sem a friss tojásban sem a tárolt tojásokban szignifikáns különbség, de a legnagyobb tojánhéjszilárdság a kontrollban volt, a legkisebb pedig az itatott készítménynél.



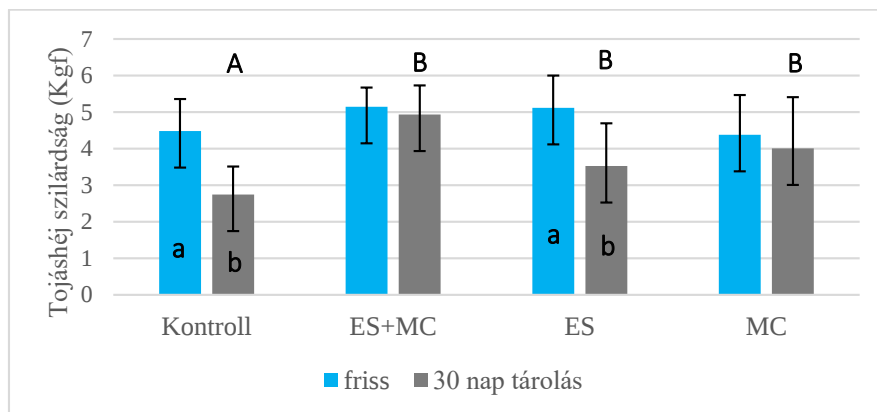
11. ábra

A tojánhéj-szilárdság alakulása a kezelés 3. napján friss és a 30 napig tárolt tojásban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség; ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

A 7. napon minden csoportban szignifikánsan nagyobb a héjszilárdság mint a kontrollban, de ez az eltérés a tárolást követően bizonyult szignifikánsnak. Minden csoportban csökkent a

héjszilárdság a tárolás alatt, de ez szignifikáns mértékű, csak a kontroll és az Egg-Shell kezelés hatására volt.

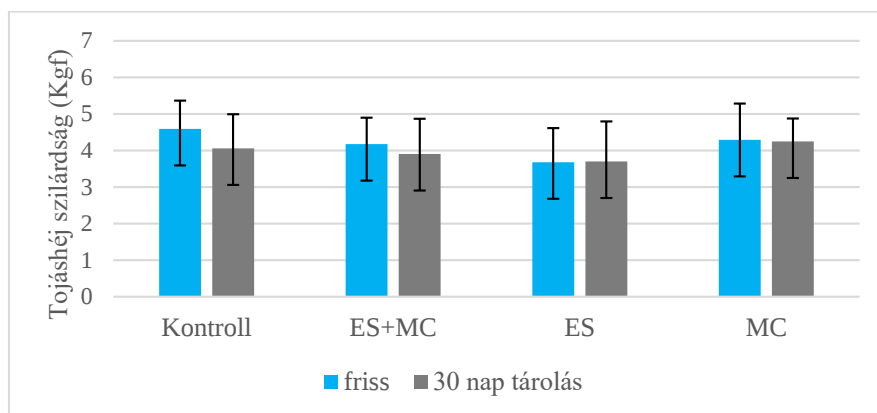


12. ábra

A tojánhéj-szilárdság alakulása a kezelés 7. napján friss és a 30 napig tárolt tojásban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség; ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

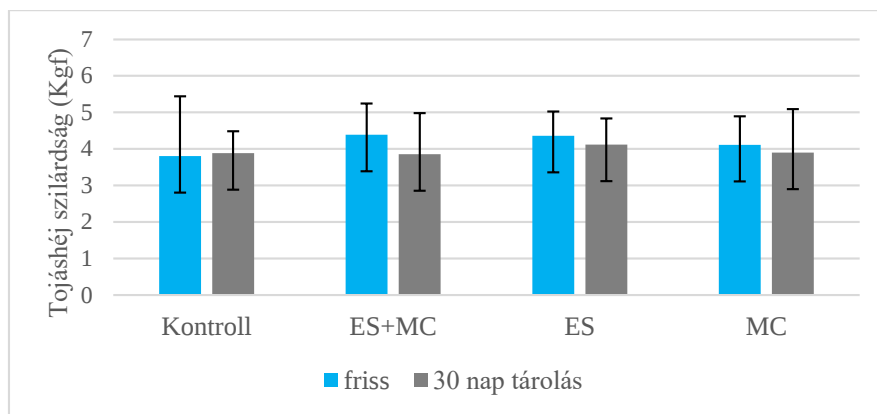
A 10. és 14. mintavételi napon sem a csoportok között, sem a csoportokon belül nem találtunk számottevő eltéréseket a héjszilárdság alakulásában (13., 14., ábra)



13. ábra

A tojánhéj-szilárdság alakulása a kezelés 10. napján friss és a 30 napig tárolt tojásban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség; ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

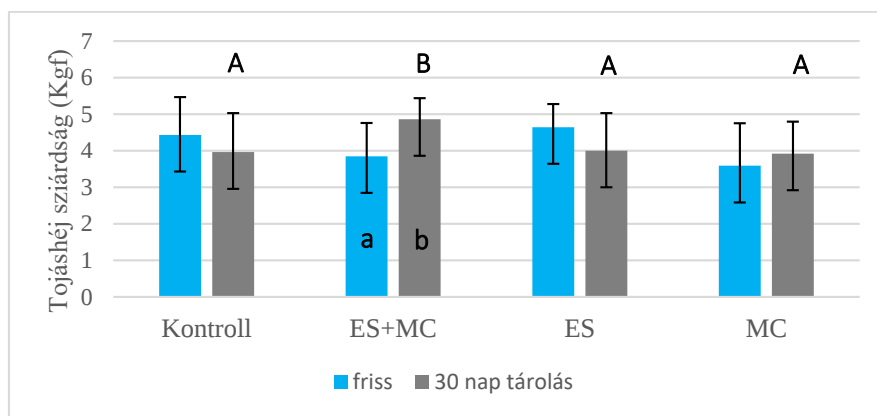


14. ábra

A tojánhéj-szilárdságának alakulása a kezelés 14. napján friss és a 30 napig tárolt tojásban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

A kezelés 17. napjára a frissen nem találtunk eltérést az egyes csoportok között, azonban a 30 napos tárolást követően a kombinált kezelés hatására minden csoporthoz viszonyítva nagyobb volt a héjszilárdság. Továbbá az egyes csoportokban elemezve a 30 nap alatt bekövetkezett változásokat az állapítható meg, hogy a kombinált kezelés hatása e tekintetben is számottevőnek tekinthető (15. ábra).

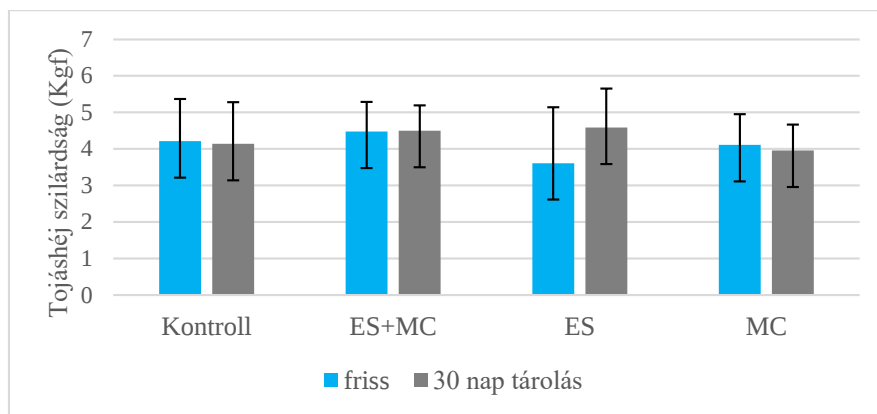


15. ábra

A tojánhéj-szilárdságának alakulása a kezelés 17. napján friss és a 30 napig tárolt tojásban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

A 21. napra a héjszilárdság közel azonosan alakult, szignifikáns eltérés sem a csoportok között, sem a csoportokon belül nem találtunk (16. ábra).



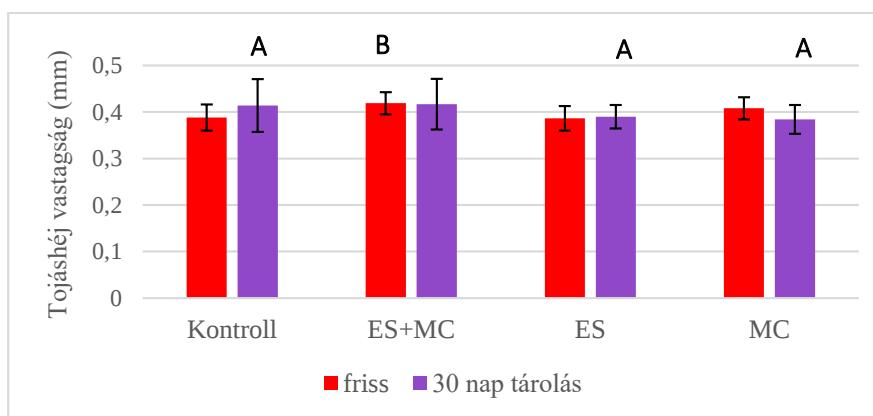
16. ábra

A tojánhéj-szilárdságának alakulása a kezelés 21. napján friss és a 30 napig tárolt tojásban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

4.3. Tojánhéj-vastagság

A tojánhéj vastagsága a kezelés 3. napján a friss mintákban a kombinált kezelés hatására bizonyult a legnagyobbnak és az eltérés minden csoporttal szemben szignifikánsnak bizonyult. A mintázat hasonlóan alakult tárolás után is, azonban a különbségek statisztikailag már nem igazolhatók. A csoportokon belül számottevő változás a tárolás hatására nem történt a paraméterben (17. ábra).

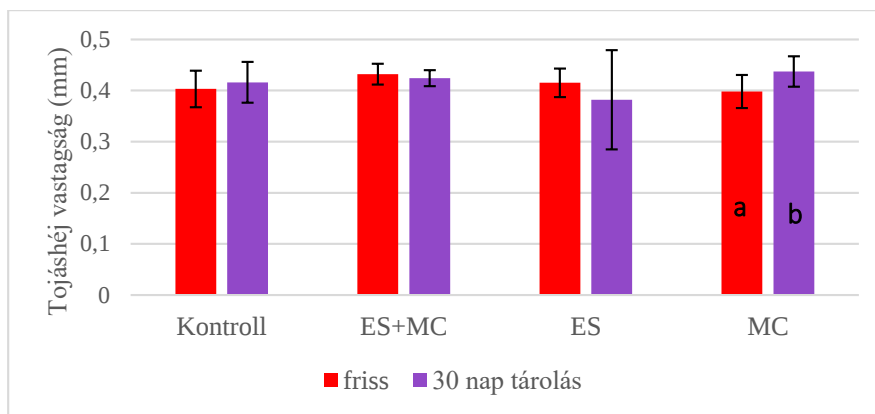


17. ábra

A tojánhéj-vastagság alakulása a kezelés 3. napján friss és a 30 napig tárolt tojásban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

A kísérlet 7. napján a csoportok között szignifikáns eltérést nem tapasztaltunk. Azonban a Micro Care hatására a tárolt tojások héjvastagsága szignifikánsan nagyobbak bizonyult a friss tojásokhoz viszonyítva (18. ábra).

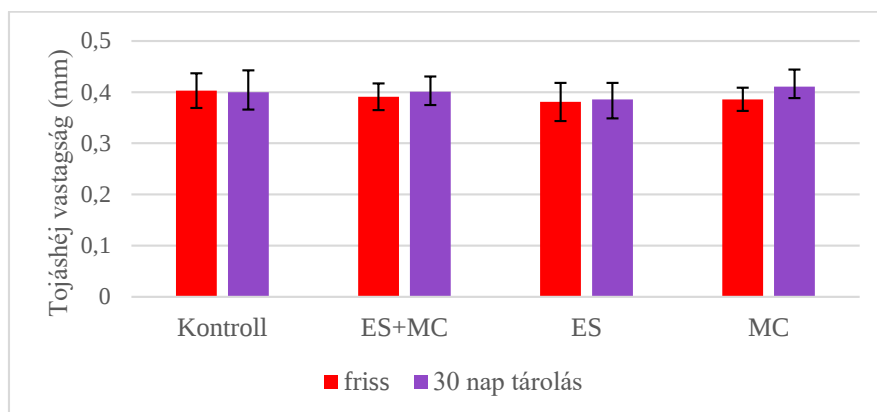


18. ábra

A tojáshéj-vastagság alakulása a kezelés 7. napján friss és a 30 napig tárolt tojásban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

Bár a mintázat a 10. napon az előző mintavételhez hasonlóan alakult, azonban a különbségek statisztikailag nem voltak számottevőek (19. ábra).

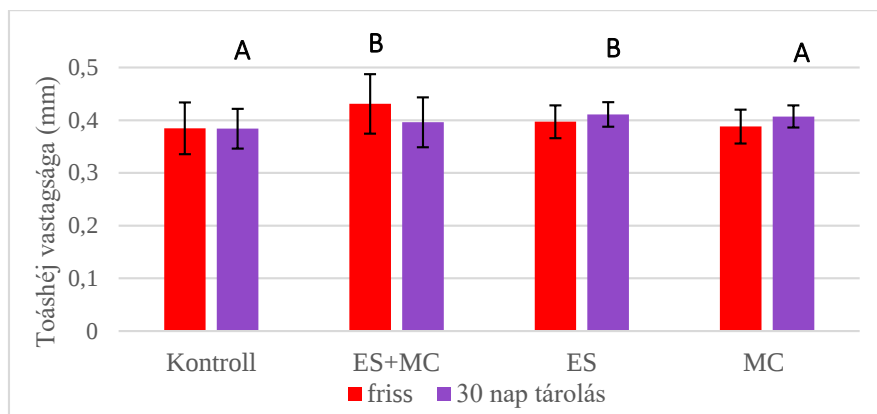


19. ábra

A tojáshéj-vastagság alakulása a kezelés 10. napján friss és a 30 napig tárolt tojásban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

A kezelés 14. napján csak a friss tojásokban a csoportok között találtunk szignifikáns eltérést, mivel a kombinált és az Egg-Shell kezelés hatására vastagabb volt a héj, mint a kontroll és az itatott csoportban.

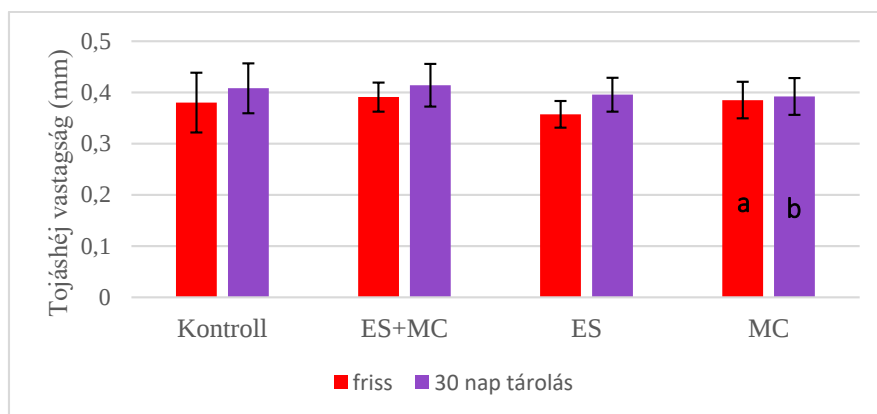


20. ábra

A tojáshéj-vastagság alakulása a kezelés 14. napján friss és a 30 napig tárolt tojásban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

A 17. napon a tojás-vastagság minden csoportban, frissen és tárolás után is hasonlóan alakult a 14. napi eredményekhez. Az Egg-Shell kezelés esetében azonban a frissen és a tárolt tojások héjának vastagsága szignifikánsan nagyobb lett a friss értékhez viszonyítva.

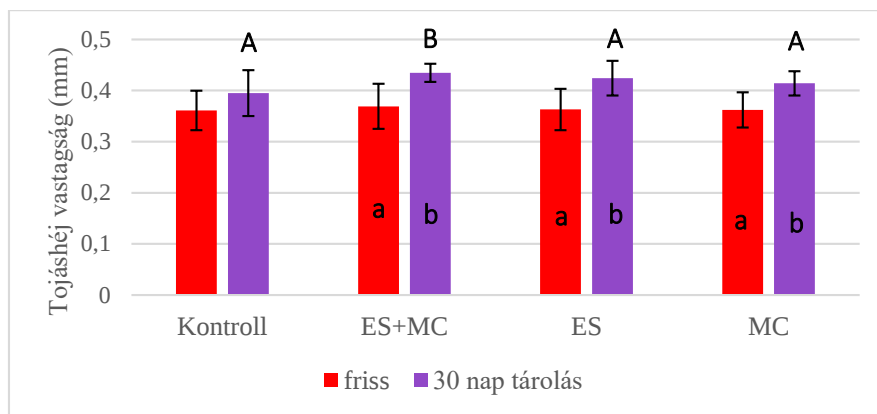


21. ábra

A tojáshéj-vastagság alakulása a kezelés 17. napján friss és a 30 napig tárolt tojásban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

Végül a kísérlet végén mindhárom kísérleti csoportban számottevően vastagabb volt a tojás héja a tárolást követően, mint a friss tojásokban. A friss tojások héjvastagsága minden csoportban hasonlóan alakult. Ugyanakkor a tárolást követően a kombinált kezelés hatására számottevően vastagabb volt a héj alakulása a többi csoportnál.



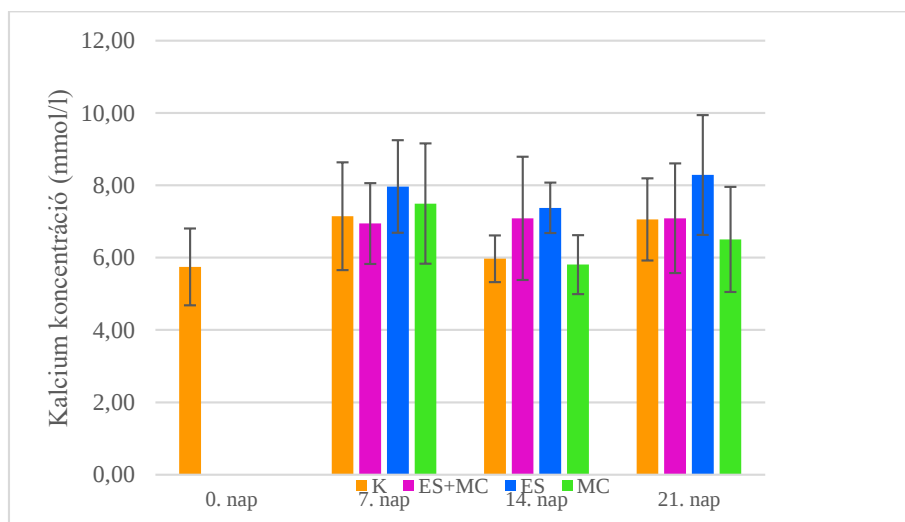
22. ábra

A tojás héj-vastagság alakulása a kezelés 21. napján friss és a 30 napig tárolt tojásban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

4.4. A vérplazma Ca- és P-tartalma

A vérplazma kalcium tartalmának vizsgálata során statisztikailag igazolható eltéréseket a csoportok között egyik időpontban sem tapasztaltunk (23. ábra). Az azonban figyelemre méltó, hogy a vizsgálatok eredményei alapján az Egg-Shell premix hatására mind az etetés, mind a kombinált kezelés esetében nagyobb volt a vérplazma kalciumtartalma a kontroll értékeknél.



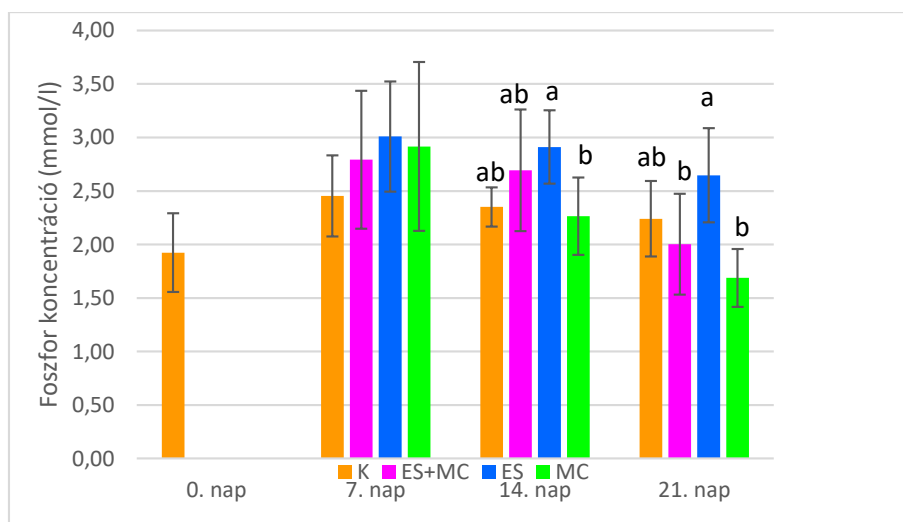
23. ábra

A vér kalciumtartalmának alakulása a három mintavételi időpontban a különböző csoportokban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB - kezelések közötti eltérés, ab - friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

A foszforkoncentráció vizsgálata során a kísérlet 7. napján mindhárom kísérleti csoport vérplazmájában nagyobb értékeket mértünk a kontrollnál, bár szignifikáns eltérést nem sikerült

kimutatni. A 14. napon az Egg-Shell premix hatására mértük a legnagyobb foszforkoncentrációt, amely a Micro Care készítményt szignifikáns mértékben meghaladta, de a kontroll és a kombinált kezelés csoportok értéke is elmaradt attól. Ez a különbség a 21. napra tovább fokozódott és már mindkét kísérleti csoporttal szemben szignifikánsnak bizonyult.



24. ábra

A vér foszfortartalmának alakulása a három mintavételi időpontban a különböző csoportokban

Az eltérő betűkkel jelölt oszlopok szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben eltérnek egymástól, AB – kezelések közötti eltérés, ab – friss és tárolt tojások közötti különbség: ES+MC – kombinált kezelés, ES – Egg-Shell premix kezelés, MC – Micro Care kezelés

5. Következtetések és javaslatok

A kísérleti adalékanyagok felhasználása során egyaránt tapasztaltam negatív és pozitív eredményeket, de az eredmények többnyire arra utalnak, hogy a vizsgált Micro Care® adalékanyag és Egg-Shell 1% premix az alkalmazott dózisban nem befolyásolta jelentősen a tojás vizsgált paramétereit.

A tojások tömege a friss tojások esetében azonosnak tekinthető minden csoportban. A tárolás hatására a tojások tömege csökkent mind a kontroll, mind a kezelt csoportokban. Ez a tapasztalat egybecseng irodalmi ismereteinkkel, mivel a tárolás során a tojás pórusain keresztül anyagáramlás történik. Elsősorban a tojás nedvességtartalmának párolgását figyelték meg (Fasenko és mtsai 2001, Tilki és mtsai 2004, Akter és mtsai, 2014). A 3. és a 14. mintavételi napon a kombinált, 7. napon az itatott Micro Care®, 10. napon az etetett Egg-Shell 1% készítmény esetében a súlycsökkentés a tárolás során szignifikáns mértékű volt. A 17. és a 21. napon azonban a tárolt és a friss tojás súlya közel azonos volt minden csoportban, ami kedvezőnek tekinthető.

A tojáshéj minőségének egyik legfontosabb mutatója a tojáshéj-szilárdság. E paraméter a friss tojások esetén nem változott szignifikáns mértékben egyik kezelés hatására sem, egyik mintavételi időpontban sem. Általánosságban azonban a legtöbb mintavétel alkalmával kissé nagyobb súly kellett a tojások megroppantásához, a kombinált és a takarmányba kevert készítményt fogyasztó csoportokban, mint a kontrollban. A tárolt tojások esetében az eltérések kifejezettebbek voltak. A 7. naptól szinte minden mintavételi időpontban nagyobb volt a kísérleti csoportok tojásainak héjszilárdsága a kontrollnál. Ez az eltérés a 7. napon minden kísérleti csoportban szignifikáns mértékű volt, míg a 17. napon csak a kombinált kezelés esetében. A korábbi vizsgálatok arra utaltak, hogy a héjszilárdság változása a tárolás során nem számottevő (Hamilton és Thompson, 1981). Ez a kísérletünkben több mintavételi időpontban hasonlóképpen alakult, bár két esetben – a 7. napon a kontroll és az etetett kísérleti csoportban, valamint a 17. napon a kombinált kezelés esetében – szignifikáns változást tapasztaltunk. Az előbbi esetben számottevően csökkent a tárolás során a héjszilárdság, míg az utóbbi esetben növekedést láttunk. Ezen változásokra pontos magyarázat a kísérlet alapján nem adható, ezért célszerű lenne ezt a paramétert nagyobb mintaszámmal, rövidebb időközökkel ismételten megvizsgálni, valamint a vizsgálatokat további tojáshéj szerkezeti analízissel kiegészíteni.

A tojáshéj-vastagság tekintetében a kombinált kezelés többnyire kedvező hatást mutatott. A 7. napon ez a hatás statisztikailag igazolhatóan vastagabb tojáshéjban nyilvánult meg. A

továbbiakban a 17. és 21. napi mintavétel esetében ez az előny a tárolást követő mintavétel során mutatkozott meg egyértelműen. Érdekes a 21. napi mintavételből származó tojások esetében minden kísérleti csoportban szignifikánsan nagyobb tojáshéj-vastagságot mértünk a 30 napos tárolást követően, mint a friss tojásokban. Az irodalmi források arra utalnak, hogy a tárolás során a héjvastagság nem változik számottevően (Dudusola 2009, Caglayan és mtsai. 2009, Akter és mtsai, 2014). Ugyanakkor vizsgálataimhoz hasonló változásokról számoltak be Lee és mtsai, (2016). Kísérletemben ezt a változást a kezelések mindegyike növelte 21 napos kezelés esetén. Ennek a tapasztalatnak a háttere jelen kísérlet alapján nem állapítható meg, ezért korábbi javaslatom e paraméterre is vonatkozik. Egy nagyobb mintaszámmal megismételt kísérlet egyéb héjszerkezeti vizsgálatokkal kiegészítve e jelenség magyarázatát is adhatja.

A vérvételi eredmények alapján a kezelések hatására már a kísérlet 3. napjára növekedett a vérplazma kalcium- és foszforkoncentrációja, azaz javult a madarak kalcium- és foszforellátása. E tekintetben a leghatékonyabbnak az önellátó Egg-Shell premix kezelés bizonyult. Ez feltehetően a készítmény jelentős Ca- tartalma mellett az ásványi anyagforgalmat befolyásoló mikroelemek és a D-vitamin többlet bevitelének tulajdonítható.

A kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy az alkalmazott premix és itatható készítmény drasztikus javulást nem okozott a vizsgált tojásmínőségi paraméterekben. A vérplazmában ez Egg-Shell premix megemelte a tojástermelés szempontjából legjelentősebb makroelemek – a Ca, és a P – koncentrációját, ami arra utal, hogy az általunk választott 21 napos kezelési időszak ugyan alkalmas a vérparaméterekben változásokat indukálni, azonban a tojáshéjban megnyilvánuló változásokhoz feltehetően ehhez hosszabb időre van szükség.

A tojáshéj tekintetében a legtöbb változást a készítmények a héj vastagságára gyakorolták. Kísérleti eredményeim alapján úgy gondolom, hogy célszerű lenne a kísérletet megismételni nagyobb mintaszámmal, hosszabb kezelési időtartammal és olyan idős állománnyal, ahol már jelentős kieséseket okoz a tojáshéj minőségének romlása, mivel hatásuk ekkor minden bizonnyal erőteljesebben megnyilvánulhat, mint a jelenlegi kísérleti beállítás esetén.

6. Összefoglalás

A tojás fontos szerepet játszik az emberi táplálkozásban magas tápanyagtartalma és könnyű emészthetősége miatt. Az utóbbi években az egészséges táplálkozás iránti igény, a jó minőségű termékek kereslete, valamint az állatjóléti szempontok figyelembevétele egyre nagyobb hangsúlyt kapott. Ezért szükségessé vált az állatok segítése az állati eredetű termékek előállításában, hogy ezek minősége tovább javuljon, különös tekintettel a héjszilárdság javítására, amellyel szakdolgozatomban foglalkoztam.

A szakdolgozatom alapján szolgáló kísérlet során Hy-line Brown tojótyúk hibrid állomány tojásainak egyes paramétereit vizsgáltam egy itatott gyógynövény alapú adalékanyag Micro Care® (0,5 ml/l ivóvíz), illetve takarmányba kevert Egg-Shell 1% premix (10g/kg takarmány) önálló ill. kombinált használata esetén. A kísérletben négy csoport került beállításra 25-25 egyedszámmal, egy kontroll és három kezelt csoport. A 4 hétig tartó kezelés során gyűjtöttük a tojásokat, amelynek során mértük a tojások tömegét, a héj szilárdságát és a héj vastagságát. Emellett a 7., 14. és 21. napon 6-6 madár szárnyvénájából vérmintát vettünk a vérplazma Ca- és P-koncentrációját.

A tojások tömege friss tojások esetében azonosnak tekinthető minden csoportban. A tárolás hatására a tojások tömege csökkent mind a kontroll, mind a kezelt csoportokban. A 17. és 21. napon a tárolt és a friss tojás súlya közel azonos volt minden csoportban, ami kedvezőnek tekinthető.

A héjszilárdság a friss tojások esetén nem változott szignifikáns mértékben egyik kezelés hatására sem, egyik mintavételi időpontban sem. Általánosságban azonban a legtöbb mintavétel alkalmával kissé nagyobb súly kellett a tojások megroppantásához a kombinált és takarmányba kevert készítményt fogyasztó csoportokban, mint a kontrollban. A tárolt tojások esetében az eltérések kifejezettebbek voltak. A 7. napon a kontroll és az etetett kísérleti csoportban, valamint a 17. napon a kombinált kezelés esetében – szignifikáns változást tapasztaltunk. Bár a legtöbb esetben a héjszilárdság a tárolás hatására nem változott az egyes csoportokban, azonban 7. napon számottevően csökkent a tárolás során a héjszilárdság minden kísérleti csoportban, míg a 17. napon a kombinált kezelés esetében héjszilárdság növekedését tapasztaltuk.

Bár az irodalmi források arra utalnak, hogy a tárolás során a héjvastagság rendszerint nem változik, kísérletünkben a 21. napi mintavételből származó tojások esetében minden kísérleti

csoportban szignifikánsan nagyobb tojáshéj-vastagságot mértünk a 30 napos tárolást követően, mint a friss tojásokban.

A vérvételi eredmények alapján a kezelések hatására már a kísérlet 3. napjára növekedett a vérplazma kalcium- és foszforkoncentrációja, azaz javult a madarak kalcium- és foszforellátása. E tekintetben a leghatékonyabbnak az önálló Egg-Shell premix kezelés bizonyult.

A kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy az alkalmazott premix és itatható készítmény drasztikus javulást nem okozott a vizsgált tojásmínőségi paraméterekben. A vérplazmában az Egg-Shell premix megemelte a tojástermelés szempontjából legjelentősebb makroelemek – a Ca, és a P – koncentrációját, ami hozzájárulhat a héjminőség javulásához.

Kísérleti eredményeim alapján úgy gondolom, hogy célszerű lenne a kísérletet megismételni nagyobb mintaszámmal, hosszabb kezelési időtartammal és olyan idős állománnyal, ahol már jelentős kieséseket okoz a tojáshéj minőségének romlása, mivel hatásuk ekkor minden bizonnyal erőteljesebben megnyilvánulhat, mint a jelenlegi kísérleti beállítás esetén.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- http1- (2011). Forrás: https://elearning.unimite.hu/pluginfile.php?file=%2F1155002%2Fmod_resource%2Fcontent%2F2%2FBaromfitegy%C3%A9szet%C3%A9s%20jegyzet.pdf
- http2- (2020). Forrás: <https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/3856-tanulmanyok-a-ketreces-allattartasrol-i/file>
- http3- (dátum nélk.). Forrás: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- http4- (dátum nélk.). Forrás: https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy_en
- http5- (2022). Forrás: <https://unaterra.hu/a-tojasipar-helyzete-magyarorszagon-europai-kitekintessel-termeles-es-fogyasztasi-trendek-erdekkepviseleti-es-kormanyzati-allaspontok/>
- http6- (dátum nélk.) Forrás: <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/mezogazdasag/allattenyesztes/a-baromfi-szervezetenek-sajatsagai/a-baromfi-nemi-mukodese>
- http7- (dátum nélk.). Forrás: <https://www.ars.usda.gov/>
- http8- (2003). Forrás: https://ng.24.hu/tudomany/2003/08/25/legyen_kemenyebb_a_tojashej/
- Szabó V. (2017): A tojótyúk ágazat ökonómiai viszonyai különböző tartástechnológiákban. SZIE PhD dolgozat pp.150
- Solomon, S. E. (2010). The eggshell: strength, structure and function. British Poultry Science, 51(sup1), 52–59.
- Talia Moyle, Kelly Drake, Vaibhav Gole, Kapil Chousalkar, Susan Hazel, (2016): Bacterial contamination of eggs and behaviour of poultry flocks in the free range environment, Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases, Volume 49, pp: 88-94
- Hunton P. (2005): Research on Egg shell structure and quality: an historical overview. Braz. J. Poult. Sci.7 (2) 67-71.
- Halas V. (2019): A takarmányozás hatása a tojáshéj minőségére In: Babinszky L és Halas V. (szerk) Innovatív takarmányozás. Akadémiai Kiadó 2019 (pp. 995) 625-626.

- G.P. Han, J.H. Kim, J.-M. Kim, D.Y. Kil, Transcriptomic analysis of the liver in aged laying hens with different eggshell strength, *Poultry Science*, Volume 102, Issue 1, 2023, 102217 <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102217>
- Csorbai A., Fodor Z., Látits M., Molnár Gy.(2024): A magyar baromfiágazat első féléve *Baromfi ágazat* 24(3) 4-16.
- Dr. Bogenfürst Ferenc (2004): A keltetés kézikönyve In: Dr. Bogennfürst és Bálint K. (szerk.) *Gazda Kiadó* 2004 (pp. 278)
- Stapane L., Le Roy N., Hincke M. T., and Gautron J. (2019) The glycoproteins EDIL3 and MFGE8 regulate vesicle-mediated eggshell calcification in a new model for avian biomineralization. *J. Biol. Chem.* 294, 14526–14545 10.1074/jbc.RA119.009799
- Maxwell T. Hincke , Yves Nys , Joel Gautron , Karlheinz Mann , Alejandro B. Rodriguez-Navarro, Marc D. McKee (2012): *Frontiers in Bioscience* 17, The eggshell: structure, composition and mineralization 1266-1280
- Holló Dániel (2014): A Herbamix Selen® hatása a tojótyúk termelésére és egyes tojásmínőségi paraméterekre, SZIE diplomadolgozat pp.47
- Fasenko, G. M., Robinson, F. E., Whelan, A. I., Kremeniuk, K. M. and Walker, J. A. (2001): Prestorage incubation of long-term stored broiler eggs: 1. Effect on hatchability. *Poultry Science* 80(10):1406-1411. 24
- Tilki, M. and Inal, S. 2004. Quality traits of goose eggs. 1. Effects of goose age and storage time of eggs. *Arch. für Geflügelk.* 68:82-186.
- Akter Y, Azhar K, Hishamuddin O, Awis Oumi S (2014) Effect of storage time and temperature on the quality characteristics of chicken eggs *Journal of Food, Agr. Env.* 12:87-92.
- Hamilton, R.M.G, Thompson B.K. (1981):The effect of storage duration on nondestructive deformation, Quasi-static compression strength, impact fracture strength and specific gravity of eggsfrom white leghorn hens. *Poult. Sci.*, 60:517-522.
- Dudusola, I. O. 2009. Effects of storage methods and length of storage on some quality parameters of Japanese quail eggs. *Tropicultura* 27(1):45-48
- Çağlayan, T., Alaşahan, S., Kırıkçı, K. and Günlü, A. 2009. Effect of different egg storage periods on some egg

quality characteristics and hatchability of partridges (*Alectoris graeca*). Poultry Science 88(6):1330-1333.

Lee M.H., Cho E.J., Choi E.S., Sohn S.H. (2016): The effect of storage period and temperature on egg quality of commercial eggs Korean J. Poult. Sci. Vol.43, No.1, 31-38

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, **Balláné Dr. Erdélyi Mártának**, hogy segítségemre volt a témaválasztásban és szakmai tudásával és tanácsaival segítette a szakdolgozatom elkészítését.

Köszönöm a **Takarmánybiztonsági Tanszék munkatársainak**, hogy kísérletem elvégzésében segítettek és támogattak.

Köszönöm a **családomnak és barátaimnak**, akik végig segítették munkámat támogatásukkal.

NYILATKOZAT

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

A hallgató neve: Bárdny Lilla
A Hallgató Neptun kódja: 1T0294
A dolgozat címe: A tájékoztató-szolgáltatás javítása különböző társasági adatelemekkel felhasználásával
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Élettani és társasági Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Társasági Biztosítási Tanszék

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

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024 év November hó 04 nap

Bárdny Lilla
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

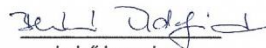
NYILATKOZAT

Bárdy Zsolt (név) (hallgató Neptun azonosítója: 170094)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: 2024 év November hó 04 nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő alá húzandó.

³ A megfelelő alá húzandó.