



Intakt tyúktojás alkotóinak becsülhetősége komputer tomográffal a képfelvételezéshez használt vizsgálati paraméterek, valamint az egyszerre vizsgált tojások számának függvényében – metodikai értékelés

**Milisits G.¹, Donkó T.², Emri M.³, Kovács Gy.⁴, Szentirmai E.¹,
Bajzik G.², Sütő Z.¹**

¹Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Állattudományi Intézet
7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

²Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézet
7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

³Debreceni Egyetem, Orvos- és Egészségtudományi Centrum, Nukleáris Medicina Intézet
4032 Debrecen, Nagyerdei krt. 98.

⁴Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Komputergrafika és Képfeldolgozás Tanszék
4028 Debrecen, Kassai út 26.

ÖSSZEFOGLALÁS

Kísérletünkben 120 tyúktojás CT vizsgálatát végeztük el különböző műszaki beállítások (eltérő áramerősség és csőfeszültség), valamint különböző elrendezések (tojástartó, tojástálcán) mellett, az egyes tojásalkotók (tojásfehérje, tojássárgája, tojáshéj) minél pontosabb, feltörés nélküli meghatározhatósága érdekében. A kísérleti tojások mindegyikéről 18 felvételsorozat készült (kétféle elrendezés, kilencféle műszaki beállítás) teljes átfedéssel és 3 mm-es szeletvastagság alkalmazásával, egy Siemens Somatom Emotion 6 típusú CT készülékkel. Az elkészült felvételek értékeléséhez egy fejlesztés alatt álló szoftvert használtunk, amely a tojások szétválogatását és automatikus sorszámozását követően, meghatározta az egyes tojások fehérjéjének, sárgájának és héjának térfogatát, majd kiszámította azoknak a teljes tojás térfogatához viszonyított arányát. A CT vizsgálatot követően a tojásokat feltörtük, az egyes tojásalkotók (sárgája, fehérje és héj) súlyát megmértük, majd azoknak a teljes tojás súlyához viszonyított arányát kiszámítottuk. A feltört tojások egyes alkotóinak a teljes tojás súlyához viszonyított aránya és a CT felvételek alapján kalkulált térfogat arányuk közötti összefüggést Pearson féle korrelációs számítással határoztuk meg. A képfelvételezéshez használt vizsgálati paramétereknek (áramerősség és csőfeszültség), valamint az egyszerre vizsgált tojások számának az összefüggések szorosságára gyakorolt hatását többtényezős varianciával elemeltük. Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a tojások tojástartóban, kettésével történő vizsgálata statisztikailag igazolhatóan kedvezőbb eredményeket szolgáltatott, mint a tojások tojástálcán, ötösével történő vizsgálata. A korrelációs együtthatók alakulásában a képfelvételezéshez használt különböző vizsgálati paraméterek egyik tojásalkotó esetében sem eredményeztek szakmailag figyelemre méltó eltéréseket.

(Kulcsszavak: tyúktojás, tojásösszetétel, komputer tomográfia)

ABSTRACT

Non-destructive predictability of hen egg composition by means of computer tomography in the function of applied scanning parameters and number of eggs examined simultaneously – methodological study

MILISITS, G.¹, DONKÓ, T.², EMRI, M.³, KOVÁCS, GY.⁴, SZENTIRMAI, E.¹, BAJZIK, G.², SÜTŐ, Z.¹

¹Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Animal Science
7400 Kaposvár, Guba S. u. 40., Hungary

²Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Diagnostic and Radiation
Oncology
7400 Kaposvár, Guba S. u. 40., Hungary

³University of Debrecen, Medical and Health Science Center, Department of Nuclear Medicine
4032 Debrecen, Nagyerdei krt. 98.

⁴University of Debrecen, Faculty of Informatics, Department of Computer Graphics and Image Processing
4028 Debrecen, Kassai út 26., Hungary

In the present study scanning of 120 hen eggs was carried out by computer tomography (CT) at different technical parameters (different current intensity and tube voltage) and at different arrangement of eggs (eggs in egg holders and trays) in order to find the best accuracy of prediction in the determination of different egg components (albumen, yolk and shell) in intact eggs. Eighteen series of CT scans were made from all of the experimental eggs (nine different technical parameters in two types of arrangement) using overlapping 3 mm slice thickness on a Siemens Somatom Emotion 6 multislice CT scanner. Due to the applied arrangements two and five eggs were scanned simultaneously in egg holders and trays, respectively. On the CT images obtained the volume of the albumen, yolk and shell was determined by a self-developed egg-separation and segmentation software. Using the data obtained the ratio of the volume of these egg components to the volume of the whole eggs was calculated. After the CT measurements eggs were broken and their albumen, yolk and shell weight was measured and then their ratio to the whole egg weight was calculated. Between the CT predicted and measured egg component ratios Pearson correlations were calculated. The effect of the applied scanning parameters (current intensity and tube voltage) and the number of eggs examined simultaneously on the observed correlations was examined by Multivariate Analysis of Variance. Based on the results it was established that the simultaneous scanning of two eggs in the egg holders resulted in significantly higher correlations than the simultaneous scanning of five eggs in the egg trays. The reason of this could be the better resolution of the CT scans, when only two eggs are scanned simultaneously, instead of five. Namely, an egg is represented by more pixels (CT image elements) in this case and, therefore, the separation of the anatomical structures is more exact by the edge detecting algorithm. The use of the different scanning parameters did not result notable differences of the correlations.

(Keywords: hen egg, egg composition, computer tomography)

BEVEZETÉS

A baromfitenyésztőket régóta foglalkoztató kérdés, hogy a tojások súlya, vagy pedig azok összetétele befolyásolja-e jobban a belőlük kikelő madarak életképességét, illetve azok későbbi fejlődését. Ennek a kérdésnek a megválaszolását sokáig nehezítette, hogy nem álltak rendelkezésünkre olyan vizsgálati módszerek, amelyek a tojások feltörése nélkül tették volna lehetővé azok alkotóinak pontos meghatározását. A tojásösszetétel feltörés nélküli

meghatározására először *Williams és mtsai* (1997) tettek kísérletet, akik az ún. TOBEC (Total Body Electrical Conductivity) módszert felhasználva vizsgálataikhoz, szignifikáns összefüggéseket mutattak ki a tojások elektromos vezetőképessége, valamint azok víztartalma, illetve a tojásfehérje szárazanyag-tartalma között különböző baromfifajok esetében.

Williams és munkatársai eredményének ismeretében magunk is végrehajtottunk egy kísérletet, amiben az említett módszernek a tojásösszetétel becsülhetőségére való alkalmasságát teszteltük (*Milisits és mtsai*, 2005). Ebben a kísérletben megállapítottuk, hogy a tojások súlyának és elektromos vezetőképességének az ismeretében a tyúktojások víz- és zsírtartalma közepes ($R^2=0,47$, illetve $R^2=0,49$; $P<0,001$), míg fehérjetartalma csak igen gyenge megbízhatósággal becsülhető ($R^2=0,18$; $P=0,013$).

Az egyes tojásalkotók pontosabb becsülhetősége érdekében ezért a továbbiakban egy másik módszernek – a komputer tomográfiának (CT) – az alkalmazhatóságát vizsgáltuk. Választásunk azért esett erre a nem invazív technikára, mert több korábbi kísérletben is bizonyítást nyert már, hogy ez a módszer eredményesen használható különböző állatfajok – köztük a baromfi – testösszetételének élő állapotban történő vizsgálatára (*Bentsen és Sehested*, 1989; *Svihus és Katie*, 1993; *Andrássy-Baka és mtsai*, 2003). Az intakt tojás összetételének becsülésében azonban a módszer alkalmazása eleinte nem tűnt sikeresnek, mivel a tojássárgája és a tojásfehérje – ellentétben az állatok izom- és zsírszövetével – a röntgensugár elnyelési értékek alapján nem bizonyult szétválaszthatónak (*Milisits és mtsai*, 2009). Ennek a problémának a kiküszöbölésére ezért egy új képértékelő szoftver került kidolgozásra (*Donkó és mtsai*, 2010), aminek az alkalmazásával a CT felvételek alapján becsült és a tojások feltörése után mért sárgája arány között már szorosabb korrelációt találtunk, mint korábban a TOBEC módszerrel becsült sárgája arány esetén. Jelen kísérletünkben azt vizsgáltuk, hogy a CT felvételek elkészítéséhez használt különböző műszaki beállítások és az egyszerre vizsgált tojások száma hogyan befolyásolja az elkészült felvételek minőségét és információtartalmát, ezáltal a tojásalkotók becsülhetőségének pontosságát.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérletünket 120 tyúktojással végeztük, melyek a Bábolna TETRA Kft.-től, 36 hetes, Golden Plymouth eredetű, súlygyarapodásra és tollszínre szelektált, új nemesítésű állománytól származtak. A tojásokat a Kaposvári Egyetem, Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézetébe szállítottuk, ahol hatszeletes komputer tomográf berendezéssel (Siemens Somatom Emotion 6) került sor a felvételek elkészítésére.

A tojásokat kétféle elrendezésben helyeztük a vizsgáló asztalra: egyik esetben 10 db-os tartó dobozban (1. kép), a másik esetben pedig 30 db-os tálcán (2. kép). Így a dobozoknál 2 (3. kép), a tálcáknál pedig 5 (4. kép) tojást vizsgáltunk párhuzamosan.

Valamennyi tojást – mindkét elrendezésben – az alábbi műszaki beállítások mellett vizsgáltuk:

- áramerősség: 40 mAs, csőfeszültség: 80 kV,
- áramerősség: 40 mAs, csőfeszültség: 110 kV,
- áramerősség: 40 mAs, csőfeszültség: 130 kV,
- áramerősség: 80 mAs, csőfeszültség: 80 kV,
- áramerősség: 80 mAs, csőfeszültség: 110 kV,
- áramerősség: 80 mAs, csőfeszültség: 130 kV,
- áramerősség: 120 mAs, csőfeszültség: 80 kV,
- áramerősség: 120 mAs, csőfeszültség: 110 kV,
- áramerősség: 120 mAs, csőfeszültség: 130 kV,

A tojásokról így összesen 18 felvételsorozat (kétféle elrendezés, kilencféle műszaki beállítás) készült, melyek elkészítéséhez spirál adatgyűjtési módot, 1-es asztalsebességet (pitch) és 3 mm-es szeletvastagságot használtunk. A képek rekonstrukciója a tojástartóknál 110 mm-es, a tálcáknál 260 mm-es látómezőben történt.



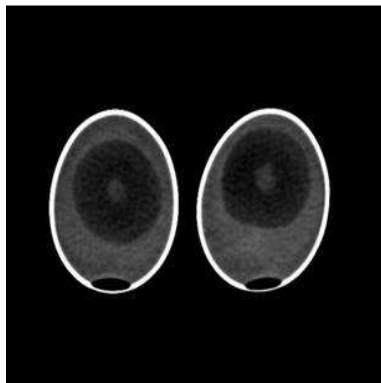
1. kép (Image 1)

A tojások elhelyezése tojástartóban
Arrangement of eggs in egg holder



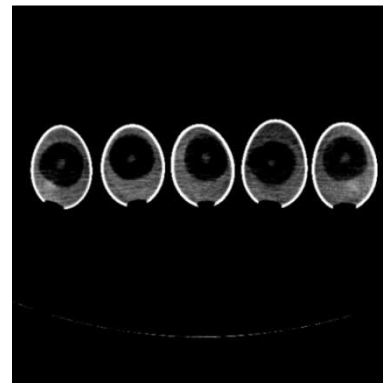
2. kép (Image 2)

A tojások elhelyezése tojástálcán
Arrangement of eggs in egg tray



3. kép (Image 3)

Tojástartóban vizsgált tyúktojások keresztmetszeti képe
Cross-sectional image of eggs examined in egg holder



4. kép (Image 4)

Tojástálcán vizsgált tyúktojások keresztmetszeti képe
Cross-sectional image of eggs examined in egg tray

A digitális keresztmetszeti felvételeket dicom fájlformátumban archiváltuk a feldolgozás céljára. A képfeldolgozáshoz szükséges algoritmusokat a MultiModal Medical Imaging szoftverrendszer segítségével implementáltuk (Emri és mtsai, 2016). A kidolgozott programok segítségével Linux operációs rendszer alatt készítettük el a képek automatikus elemzését végrehajtó szkripteket. Ezek első lépésben a dicom képekből automatikusan elvégezték a tojások külön válogatását és sorszámozását. A második lépésben az egyes alkotók elsődleges meghatározásához egyszerű küszöbölést alkalmaztunk. A küszöbölés során kapott eredményeket felhasználva, egy adaptív régiónövelő algoritmus segítségével kaptuk a szegmentáció végeredményét, ami alapján kiszámítottuk a tojások egyedi sárgája, fehérje és héj térfogatát.

A CT vizsgálatot követően a tojásokat feltörtük, majd az egyes tojásalkotók (sárgája, fehérje és héj) szétválasztását követően azok súlyát megmértük, a teljes tojás súlyához viszonyított arányukat pedig kiszámítottuk.

Az egyes tojásalkotók CT felvételek alapján kalkulált, illetve a tojások feltörése után számított aránya közötti összefüggést Pearson féle korrelációs számítással határoztuk meg. A

képfelvételezéshez használt vizsgálati paramétereknek (áramerősség és csőfeszültség), valamint az egyszerre vizsgált tojások számának az összefüggések szorosságára gyakorolt hatását többtényezős varianciánálízissel vizsgáltuk. Az adataink statisztikai elemzéséhez az SPSS statisztikai programcsomagot (*SPSS for Windows*, 1999) használtuk.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A képfelvételezéshez használt technikai paraméterek közül elsőként az áramerősség hatását vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy annak változtatása egyik vizsgált tojásalkotó esetében sem befolyásolta szignifikánsan a CT felvételek alapján becsült, illetve a feltörés után mért arányok összefüggésének szorosságát (*1. táblázat*).

Az eredményül kapott korrelációs együtthatók értékei minden vizsgált áramerősség mellett századra azonosnak adódtak mind a sárgája, mind a fehérje, mind pedig a héj esetében.

Az áramerősséggel ellentétben a csőfeszültségnek a CT felvételek alapján becsült, illetve a feltörés után mért tojásalkotó arányok összefüggésének szorosságára gyakorolt hatása a fehérje és a héj esetében is statisztikailag igazolhatónak bizonyult (*1. táblázat*). Fontos azonban megjegyezni, hogy az eltérő csőfeszültség alkalmazásával készült felvételek alapján becsült és a feltörés után mért tojásalkotó arányok összefüggésének szorosságában tapasztalt különbségek szakmailag nem tekinthetők jelentősnek és a korrelációs együtthatók alakulásában sem lehet semmilyen egyértelmű tendenciát megfigyelni.

Az egyszerre vizsgált tojások számának a CT felvételek alapján becsült és a feltörés után mért tojásalkotó arányok összefüggésének szorosságára gyakorolt hatását vizsgálva arra a megállapításra jutottunk, hogy a tojások tojástartóban, kettesével történő vizsgálata statisztikailag igazolhatóan kedvezőbb korrelációs együtthatókat eredményezett minden tojásalkotó esetében, mint a tojások tojástálcán, ötösével történő vizsgálata (*1. táblázat*). Ennek feltehetően az lehet a magyarázata, hogy a tojástartóban kettesével vizsgált tojások képei részletgazdagabbak voltak, hiszen a kisebb látómezőhöz ugyanakkora képfelbontás társult. Ennek eredményeként ebben az esetben egy-egy tojást sokkal több képpont jellemzett, aminek köszönhetően az egyes struktúrák elkülönítése az értékelés során alkalmazott algoritmus számára pontosabban elvégezhető volt.

Az egyszerre vizsgált tojások száma leginkább a tojássárgája-arány meghatározhatóságának pontosságát befolyásolta. A tojástartóban kettesével, illetve a tojástálcán ötösével történt vizsgálat során kapott korrelációs együtthatók értékei ugyanis ez esetben tértek el a leginkább egymástól: a kettesével történt tojásvizsgálat során kapott korrelációs együttható értéke 0,066-del haladta meg az ötösével történt tojásvizsgálat során kapott korrelációs együttható értékét. A tojáshéj esetében ez a különbség 0,023-nek, a tojásfehérje esetében pedig 0,006-nek adódott, mindkét esetben a kettesével történt vizsgálat javára.

Az egyes tojásalkotók meghatározhatóságának pontosságát vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy minél nagyobb egy adott tojásalkotónak a mennyisége, annál pontosabban becsülhető annak a tojáson belüli aránya. Ennek megfelelően a CT felvételek alapján becsült és a feltörés után mért tojásalkotó arányok összefüggésének vizsgálata során a legszorosabb összefüggéseket a tojásfehérje, a leggyengébbeket pedig a tojáshéj esetében figyeltük meg.

1. táblázat

Az egyes tojásalkotók CT-vel becsült és feltörés után mért aránya közötti összefüggések (korrelációs együtthatók) alakulása a képfelvételezéshez használt vizsgálati paraméterek és az egyszerre vizsgált tojások számának függvényében

Tojásalkotó (1)	Áramerősség (2) (mAs)			Csőfeszültség (3) (kV)			Egyszerre vizsgált tojások száma (4)		Szignifikanciaszint (5) (P)			S. E. (6)
	40	80	120	80	110	130	2	5	Áramerősség (2)	Csőfeszültség (3)	Egyszerre vizsgált tojások száma (4)	
Sárgája (7)	0,748	0,747	0,746	0,751	0,756	0,734	0,780	0,714	0,983	0,234	<0,001	0,009
Fehérje (8)	0,894	0,891	0,893	0,885 ^a	0,892 ^b	0,902 ^c	0,896	0,890	0,635	<0,001	0,006	0,002
Héj (9)	0,680	0,681	0,681	0,676 ^a	0,689 ^b	0,676 ^a	0,692	0,669	0,989	0,015	<0,001	0,003

Table 1.

Correlations between CT predicted and measured egg component ratios in the function of applied scanning parameters and number of eggs examined simultaneously

Egg component(1), Current intensity(2), Tube voltage(3), Number of eggs examined simultaneously(4), Level of significance(5), Standard error of overall mean(6), Yolk(7), Albumen(8), Shell(9)

KÖVETKEZTETÉSEK

Kísérletünk eredményei alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy az intakt tyúktojások tojástálcán történő vizsgálatával ugyan valamivel pontatlanabb az egyes tojásalkotók tojáson belüli részarányának meghatározhatósága a tojástartóban történő vizsgálathoz képest, de ez az eltérés nem olyan mértékű, hogy az akadálya lehetne a tojásalkotók tojástálcán történő meghatározásának nagy mennyiségű tojás vizsgálata esetén.

Az egyes tojásalkotók feltörés nélküli meghatározhatóságában elért becslési pontosságok egyelőre kielégítőnek tűnnek, de az eredmények ismeretében feltehetően lesz még lehetőség azok további javítására. Ehhez az automatikus képértékelő szoftver folyamatos fejlesztésére, illetve a felvételezés részletgazdagságának javítására lesz szükség. Ezek közül az előbbi esetben megoldást jelenthet például újabb algoritmusok alkalmazása, illetve azoknak az adott problémára történő illesztése, míg az utóbbi esetben az egy tojáról készült keresztmetszeti felvételek számának növelése, azaz az egyes felvételek szeletvastagságának a csökkentése.

Az elvégzett kísérlet legjelentősebb eredménye, hogy sem az áramerősség, sem a csőfeszültség változtatása nem okozott érdemi különbséget az egyes tojásalkotók becslésének pontosságában, ami azt jelenti, hogy a legkisebb áramerősség és a legkisebb csőfeszültség (40 mAs, 80 kV) – azaz a legkisebb sugárterhelés – mellett ugyanolyan jó minőségű felvételeket nyerhetünk, aminek különösen keltetőtojások CT vizsgálatakor lesz majd nagy jelentősége.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a Széchenyi 2020 program keretében, az Európai Unió Európai Regionális Fejlesztési Alapjának társfinanszírozásával, a GINOP-2.3.4-15-2016-00005 számú projekt támogatásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- Andrássy-Baka, G., Romvári, R., Milisits, G., Sütő, Z., Szabó, A., Locsmándi, L., Horn, P. (2003) Non-invasive body composition measurement of broiler chickens between 4-18 weeks of age by computer tomography. *Archiv für Tierzucht*, 46. 585-595.
- Bentsen, H.B., Sehested, E. (1989) Computerized tomography of chickens. *British Poultry Science*, 30. 575-589.
- Donkó, T., Emri, M., Opposits, G., Milisits, G., Sütő, Z., Orbán, A., Repa, I. (2010) Development of new image evaluation software and its applicability in the in vivo prediction of egg yolk content in hen's eggs depending on some CT acquisition parameters. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 14. 289-293.
- Emri, M., Aranyi, S. Cs., Balkay, L., Opposits, G., Pohubi, L., Spisák, T., Trón, L. (2016) Multimodális orvosi képfeldolgozó programok fejlesztése akadémiai környezetben. *Egészség Akadémia*, 7. 61-70.
- Milisits, G., Andrássy-Baka, G., Romvári, R. (2005) Prediction of hen's eggs composition by means of the TOBEC method. 4th International Symposium "Prospects for the 3rd Millennium Agriculture, Kolozsvár (Románia), 2005. október 6-7., In: *Buletinul*, 61. 1-6.
- Milisits, G., Donkó, T., Sütő, Z., Bogner, P., Repa, I. (2009) Applicability of computer tomography in the prediction of egg yolk ratio in hen's eggs. *Italian Journal of Animal Science*, 8. (Supplement 3). 234-236.
- SPSS for Windows (1999) Version 10.0, Copyright SPSS Inc.

- Svihus, B., Katie, J. (1993) Computerized tomography as a tool to predict composition traits in broilers. Comparisons of results across samples and years. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science*, 43. 214-218.
- Williams, T.D., Monaghan, P., Mitchell, P.I., Scott, I., Houston, D.G., Ramsey, S., Ensor, K. (1997) Evaluation of a non-destructive method for determining egg composition using total body electrical conductivity (TOBEC) measurements. *Journal of Zoology*, 243. 611-622.

Levelezési cím (corresponding author):

Milisits Gábor

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar

7400 Kaposvár Guba S. u 40.

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences

7400 Kaposvár Guba S. u. 40., Hungary

Tel.: +36-82-505-800

e-mail: milisits.gabor@ke.hu