

# NÉHÁNY FIZIKAI PARAMÉTER ÖSSZEFÜGGÉSEINEK VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ TÍPUSÚ ÉS FAJÚ HÁZISZÁRNYASOK TOJÁSAIBAN

Szalay István és Lencsés György

Kisállattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet (KÁTKI), Agrárökológiai és Génmegőrzési Osztály, 2100 Gödöllő, Pf. 417.

**Összefoglaló:** Két házityúk-típusban – egy tojóhibridben és az erdélyi kopasznyakú tyúk génbanki állományában –, továbbá egy gyöngytyúk génbanki állományban (KÁTKI baromfi génbank, Gödöllő) vizsgáltuk a tojások különböző fizikai paramétereit, a tojássúlyt, a héjsúlyt, a héjvastagságot, a törőerőt (héjszilárdságot) és a tojások sűrűségét, valamint az egyes tojásparaméterek összefüggéseinek szorosságát. Számottevő faji különbséget tapasztaltunk a tojásparaméterek tekintetében a gyöngytyúk és a két házityúk-típus között, legkifejezettebb ezek közül a tojáshéj vastagsága és szilárdsága, valamint a tojássúly összefüggései más vizsgált paraméterekkel. A házityúk két típusától származó tojások vizsgálata azt mutatja, hogy míg a „mennyiségi” jellegű tojásparaméterekben (tojássúly, héjsúly, héjvastagság) a tojóhibrid, a „minőségi” jellegű paraméterekben (törőerő vagy héjszilárdság, sűrűség) az őshonos tyúk mutatott lényegesen nagyobb értékeket (tojássúly: 56,9 vs. 54,1 g; héjsúly: 5,8 vs. 4,9 g; héjvastagság: 0,41 vs. 0,38 mm;  $p < 0,001$  valamennyi tulajdonságra, továbbá törőerő: 44,9 vs. 48,5 N,  $p < 0,02$ ; sűrűség: 1,034 vs. 1,055 g/cm<sup>3</sup>,  $p < 0,001$ , a tojóhibridek vs. őshonos tyúkok tojásainak vizsgálatában). A korrelációs számítások erős kapcsolatot mutatnak a tojások héjvastagsága és a törőerő között mindhárom állományban, ez a kapcsolat a gyöngytyúkok esetében erősebb, mint a házityúk-típusoknál ( $r=0,859$ ,  $0,772$  és  $0,765$  a gyöngytyúk, a tojóhibrid és az őshonos tyúk tojásai esetében).

**Kulcsszavak:** Házityúk, Gyöngytyúk, Tojásparaméter, Héjszilárdság, Sűrűség

## STUDIES ON SOME PHYSICAL PARAMETERS OF EGGS AND THEIR RELATIONSHIPS IN DIFFERENT POULTRY TYPES AND SPECIES

**Abstract:** Two types of chicken – a commercial layer hybrid and an unselected, indigenous Transylvanian Naked Neck chicken population of KÁTKI gene bank – as well as an unselected guinea fowl population of the same gene bank origin were studied to determine some physical characteristics of eggs, including egg weight, eggshell weight, eggshell thickness, breaking strength of eggshell and specific gravity of eggs. Correlations between parameters were calculated for all populations. Remarkable inter-species differences were found between egg parameters of chicken and guinea fowl, which are emphasized first of all in eggshell thickness and strength and in the relationship of egg weight with other factors studied. Comparing two types of chicken it was found that in spite of the significantly higher values of quantitative type egg parameters (egg weight, eggshell weight and eggshell thickness) of layers, qualitative type egg parameters (breaking strength and special gravity) were higher in indigenous chicken eggs (egg weight: 56.9 vs. 54.1 g; eggshell weight: 5.8 vs. 4.9 g; eggshell thickness: 0.41 vs. 0.38 mm;  $p < 0.001$  for all traits, and breaking strength: 44.9 vs. 48.5 N,  $p < 0.02$ ; specific gravity: 1.034 vs. 1.055 g/cm<sup>3</sup>,  $p < 0.001$ , for layer eggs and indigenous chicken eggs, respectively). Correlation studies showed close connections between eggshell thickness and breaking strength in all flocks, being stronger in guinea fowl compared with chicken eggs ( $r=0.859$ ,  $0.772$  and  $0.765$  for guinea fowl, layer and indigenous chicken respectively).

**Keywords:** Domestic fowl, Guinea fowl, Egg parameter, Breaking strength, Specific gravity

## 1. Bevezetés

A tojánhéj szilárdságának kérdéskörét több irányból közelíthetjük meg, csak úgy, mint a tojást magát, hiszen a tojás egyrészt élelemiszer, bár ebben a vonatkozásban éppen a tojánhéj nem rendelkezik közvetlen élelmezési jelentőséggel, másrészt a tojás egyúttal a lehetséges csirke is, és így a tojánhéj biológiai folytonosságot jelent az anya és utódja élénk Ca-forgalma között (Lencsés, 2001). Harmadrészt, s ez mindkét korábbi megközelítéssel szoros kapcsolatot mutat, a tojánhéj-szilárdság csökkenése kedvezőtlenül hat a tojásfelhasználás gazdaságosságára. Bain (1991) adatai szerint a világon megtermelt tojások 6–8%-ának héja gyengébb szilárdságú, s ez évente mintegy 6-700 millió dollár kárt okoz.

A tojánhéjat egy sajátos mikrokörnyezetet meghatározó kamraként jellemzi Arias és Fernandez (2001), mely egyrészt fizikai védelmet nyújt az embrió számára, másrészt szabályozza a gáz-, víz- és ioncserét. A természetes, többrétegű, bio-kerámiaként is felfogható tojánhéj 3,5% szerves- és 95% szervesetlen anyagból épül fel, egy kétrétegű membrán és egy meszes, extracelluláris mátrix alkotja, melyek a mintegy 22 órás tojásképződés során egymásra épülve alakulnak ki. Mikroszkópos szerkezete szerint a tojánhéj membránból (belső héjhártya: BHH; külső héjhártya: KHH), mamilláris göbökből (M), meszes oszlopos rétegből (MO) és kutikulából (K) áll (1. ábra).

A tojánhéj szerkezetének vizsgálata több mint fél évszázados múltra tekint vissza, s ebben alapirodalomnak kell tekintenünk Romanoff és Romanoff (1949) munkáját. A további kutatások (pl. Simkiss, 1967; Solomon, 1991; Arias és Fernandez, 2001) ezen alapmunka finomítására szolgáltak, mind a héj szer-

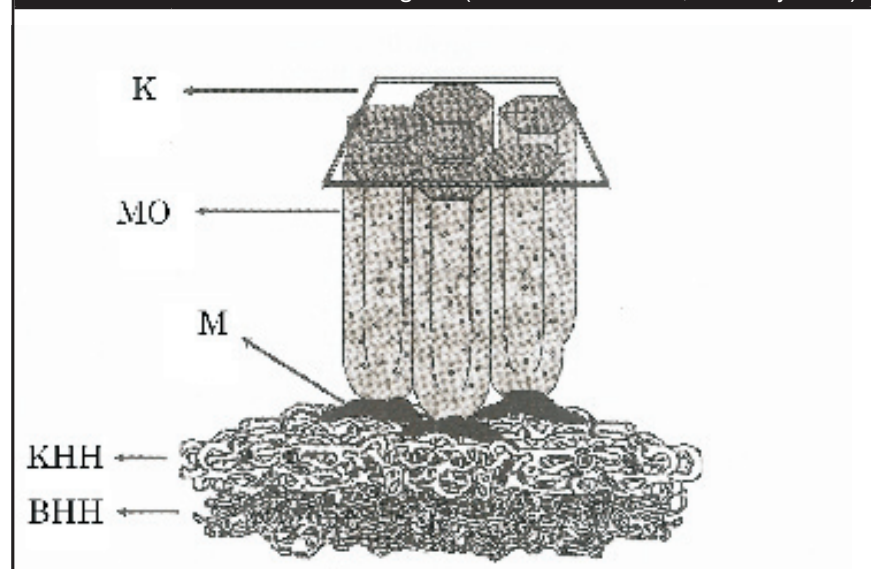
kezetét, mind annak szilárdságát illetően. Romanoff és Romanoff (1949) szerint lineáris összefüggés mutatkozik a tojánhéj vastagsága és a héjszilárdság között ( $y=0,01x$ ), s ezt a megállapítást sokáig minden állattenyésztési szakönyv arany szabálynak tekintette. Horn (2000) úgy fogalmaz, hogy a tojánhéj szilárdsága nincs közvetlen összefüggésben vastagságával, arra az örökletes tényezőknél kívül a takarmányozás – különösen annak ásványianyag-összetétele – gyakorol jelentős hatást. Harms és Roland (1973) eredményei szerint a takarmány kalciumtartalma mind a héjvastagságot (2,5% Ca: 0,306 mm; 4,6% Ca: 0,320 mm), mind a héjszilárdságot (3,53 kp ill. 3,83 kp) számottevően befolyásolja (lásd még Gilbert, 1983). Bain (1990) felhívja a figyelmet arra, hogy a hiányos Ca-ellátás nem csak vékonyabbá teszi a héjat, hanem károsan hat a szilárdságot főként meghatározó mamilláris réteg szerkezetére is.

Rodriguez-Navarro és mtsai (2002) kísérleteikben megállapítják, hogy a felnőtt tyúkok tojásai törékenyebbek, mint a fiatal jércéké, s ennek feltételezett oka az, hogy az idősebb tyúkok tojánhéj-

nak szerves matrixa hanyatló átalakuláson megy át a kor függvényében. Sturkie (1986) szerint az istálló hőmérsékletének emelkedése is kedvezőtlenül befolyásolja a héjvastagságot (25 °C: 0,3 mm, ill. 28 °C: 0,25 mm). E jelenségnek azonban legalább két oka lehet: (1) A hőmérséklet-emelkedés csökkenti a takarmány-felvételt, s vele együtt a felvehető Ca mennyiségét; (2) a tojásképzéshez szükséges karbonát-szekréció megváltoztatja a vér pH értékét, amit a tojóttyúk hiperventillációval próbál ellensúlyozni, s ha ez egybeesik a túlságos testfelmelegedés elleni lihegéssel, az vékonyabb (törékenyebb) tojánhéjat eredményez (Kutas és mtsai, 1970).

Mint már említettük, az örökletes tényezők, a faji- fajta- és vonalkülönbségek alapvetően határozzák meg a tojánhéj fizikai tulajdonságait és kémiai összetételét. Alap-megállapításnak tekinthetjük azt a megfigyelést, mely szerint egy tojó két tojása között alig van különbség a héjszilárdságban, míg két egyed között ilyen tekintetben jelentős lehet a szórás, azonos tartási és takarmányozási körülmények között is (Schmidt-Nielsen, 1984). Hasonló okokra vezethetjük

1. ábra A tojánhéj szerkezetének metszeti képe. A magyarázatot lásd a szövegben (Arias és Fernandez, 2001. nyomán)



vissza a lényegesen nagyobb faji tojás-különbségeket is.

Fentieknek némileg ellentmond Hocking és mtsai (2003) vizsgálata. Ők tojástermelésre szelektált és hagyományos tyúkfajtákban vizsgálták a tojástermelés, a tojásmínőség és a csontszilárdság genetikai különbségeit. Eredményeik szerint a szelektált állományok csontozata lényegesen gyengébb, ez azonban a tojánhéj szilárdságára nem volt érvényes. Véleményük szerint a szelektált állományok a csontszilárdság kárára őrzik meg tojánhéj-szilárdságukat.

A gyöngytyúk-tojás fizikai, kémiai tulajdonságairól jóval kevesebbet tudunk, mint a házityúk tojásairól. Ancel és Girard (1992) megállapították, hogy a domesztikált gyöngytyúkok tojása a tojánhéj vastagságában és a nagyobb pórus-sűrűségben különbözik a vad változatok és más baromfifajok tojásától. A gyöngytyúk vastagabb tojánhéjának normális gáz- és vízáteresztő képességét a nagyobb pórus-sűrűség teszi lehetővé. Song és mtsai (2000) több madárfaj tojásainak vizsgálata során a gyöngytyúk tojánhéját találták a legvastagabbnak (0,463 mm). Panheleux és mtsai. (1999) különböző baromfifajokat vizsgálva azt találták, hogy az egyes fajok tojánhéjának strukturális felépítése általánosságban megegyezik, azonban a mamilláris rétegben különbségek mutathatók ki. Eszerint a házityúk, a pulyka és a fácán, illetve a kacska és a lúd sorolható azonos csoportba, míg a gyöngytyúk mindkét csoporttól különbözik. A gyöngyös tojásának extrém héjvastagsága azzal magyarázható, hogy a héj meszesedése 2,1 órával tovább tart, mint a házityúknak.

A tojás fizikai minőségét általában a fizikai paraméterek (súly, héjvastagság, héjszilárdság, sűrűség) közvetlen mérésen alapuló vizsgálatával és az egyes paraméterek összefüggéseinek meghatáro-

zásával értékelik. Az összefüggések tekintetében azonban a szakirodalom gyakran ellentmondó adatokat mutat. Halaj és Grofik (1994) a sűrűség és a héjvastagság között 0,24 és 0,28, a tojás-deformáció (nyomásra létrejövő alakváltozás) és a sűrűség között -0,28 és -0,23, a tojás-deformáció és a héjszilárdság között -0,39 és -0,43, a tojás-deformáció és a héjvastagság között pedig -0,23 és -0,30 r értékeket kaptak két tojóhibrid vizsgálata során. Sojka és Kaminska (1994) vizsgálataiban a sűrűség és a héjvastagság ill. töréserő között 0,76-os és 0,50-es míg a töréserő és a héjvastagság között 0,51–0,55-ös korrelációt mutattak ki. Khatkar és mtsai (1997) szerint a tyúktojás sűrűsége és a héjszilárdság ill. a héjvastagság variációja közti összefüggés 35,8% ill. 43,6%. A gyöngytyúkra vonatkozó, hasonló vizsgálati eredmények nem állnak rendelkezésünkre.

Saját vizsgálataink célja az volt, hogy genetikai szempontból igen távoli két tyúktípus – egy tojóhibrid és egy magyar őshonos tyúkfajta –, továbbá a gyöngytyúk faj tojásainak fontosabb fizikai paramétereit meghatározzuk. A vizsgálatok eredményei lehetővé tették az egyes paraméterek egymás közti összefüggéseinek elemzését is, további adatokat szolgáltatva a különböző típusú tyúkfélék és a gyöngytyúk tojásvizsgálatához.

## 2. Anyag és módszer

Vizsgálatainkat a Kisállattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézetben (KÁTKI), három azonos korú (10 hónapos), termelő baromfiállománnyal végeztük, a fajtákra meghatározott tartási módok szerint:

- Bovans tojóhibrid (mélyalmos tartás)
- Erdélyi kopasznyakú tyúk (szabad tartás), KÁTKI baromfi génbank, Gödöllő

-Magyar parlagi gyöngytyúk (szabad tartás), KÁTKI baromfi génbank, Gödöllő

Mindhárom állománytól 100-100 tojást gyűjtöttünk, a tojásokat egyenként mértük és meghatároztuk fontosabb fizikai paramétereiket, a következő sorrendben: tojássúly, sűrűség, törőerő (héjszilárdság) héjvastagság, héjsúly.

A tojások sűrűségét  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -ból készített oldat-gradiens segítségével határoztuk meg úgy, hogy a tojás sűrűségét akkor tekintettük azonosnak a sóoldat sűrűségével, amikor a tojás lebegett az oldatban. A héjszilárdság meghatározására Voisey (1974) ún. „lyukasztásos” (puncture) módszerét dolgoztuk át, melynek lényege, hogy tolmérővel meghatároztuk a tojás hosszanti tengelyét, a szakítógépre speciális műanyag tartót szereltünk, mely álló helyzetben rögzítette a tojást, a szakítókeretbe pedig kemény műanyagból készített pontozót helyeztünk. A tojást behorpadásig terheltük, a behorpadást előidéző erőértéket a műszer skálájáról leolvastuk, majd N-ben (newtonban) kifejeztük.

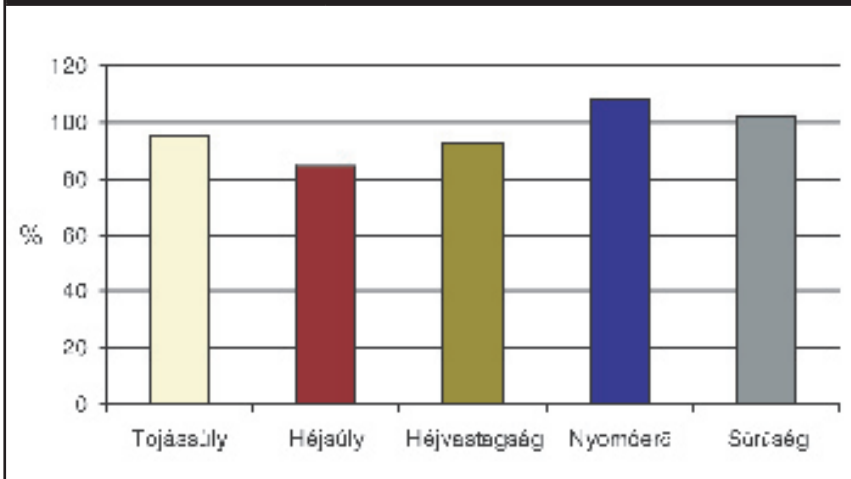
A héjvastagság meghatározására a frissen feltört tojásokból a tojás legnagyobb magasságánál mért hegyes végéből vettünk héjmintát. A vastagságot mikrométerrel mértük. A tojánhéj súlyát szárítást követően mértük. A statisztikai értékelés során, a mért tojásparaméterek esetében Student-féle t-próbát, a mért paraméterek összefüggéseinek vizsgálatára kétváltozós, lineáris korrelációs számítást végeztünk.

## 3. Eredmények és értékelésük

Lényeges különbséget tapasztaltunk valamennyi vizsgált tojásparaméter tekintetében a két tyúktípus (tojóhibrid - őshonos tyúk) között (1. táblázat). A

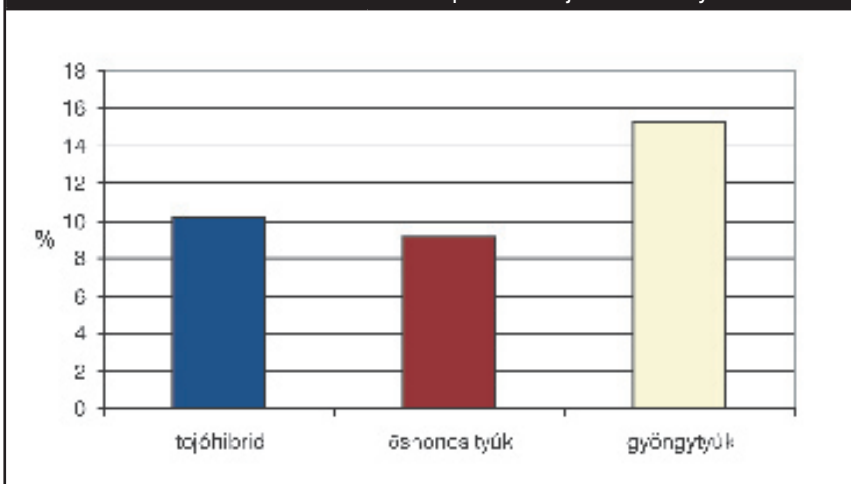
2. ábra

Az őshonos tyúktojások egyes fizikai paramétereinek relatív értékei a tojóhibrid tojások azonos paramétereinek %-ában



3. ábra

A héjsúly és a tojássúly %-os aránya különböző típusú és fajú háziszárnyasokban



mennyiségi tojás-paraméterek (tojássúly, héjsúly, héjvastagság) esetében a tojóhibrid lényegesen nagyobb értéket mutatott (56,9 vs. 54,1 g; 5,8 vs. 4,9 g; 0,41 vs. 0,38 mm;  $p < 0,001$ ), ezzel szemben a minőségi jellemzésre alkalmas tulajdonságokban az őshonos tyúkok tojásainak mért értékei lényegesen nagyobbak (nyomóerő: 44,9 vs. 48,5 N,  $p < 0,02$ ; sűrűség: 1,034 vs. 1,055 g/cm<sup>3</sup>,  $p < 0,001$ ). A fenti értékekre vonatkozó, őshonos tyúk/tojóhibrid%-ban kifejezett arányokat a 2. ábrán mutatjuk be.

Ezek az eredmények egyben azt is jelentik, hogy a lényegesen vékonyabb és arányában is könnyebb héjú őshonos tyúktojás abszolút értékben erősebb, mint a vizsgált tojóhibrid tojásai, ellentétben a Hocking és mtsai. (2003) által közölt adatokkal. E tekintetben is igaznak tűnik Matolcsi (1982) megállapítása, aki szerint a domesztikációt – mint speciális szelekciót – csak megszorítással lehet szimbiózisnak tekinteni, mert az emberi beavatkozással sokszor olyan tulajdonságokra is szelektálunk – lásd pl.: a fészakaljnyit jóval meghaladó tojástermelést –, melyek távolról sem mondhatók az állat szempontjából biológiailag ökonomikusnak.

A gyöngytyúk-tojások fizikai paramétereinek értékeit az 1. táblázat utolsó oszlopában külön szerepeltettük, és nem

1. táblázat

Különböző típusú és fajú háziszárnyasok tojásainak fontosabb fizikai paramétereinek

Tojások fizikai paramétereinek	Baromfifaj/típus				
	Tojóhibrid tyúk (TH)	Őshonos tyúk (ŐH)	ŐH/TH%	Szignifikanciaszint (TH - ŐH)	Gyöngytyúk (GY)
Tojássúly (g)	56,9 ± 3,01	54,1 ± 5,41	95,1	P << 0,001	47,9 ± 3,62
Héjsúly (g)	5,8 ± 0,43	4,9 ± 0,62	84,5	P << 0,001	7,35 ± 1,28
Héjsúly/tojássúly (%)	10,2	9,1	89,2		15,3
Héjvastagság (mm)	0,41 ± 0,04	0,38 ± 0,05	92,7	P << 0,001	0,57 ± 0,08
Nyomóerő (törésszilárdság) (N)	44,9 ± 9,3	48,5 ± 13,9	108,0	P < 0,02	157,6 ± 49,2
Mért sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )	1,034 ± 0,01	1,055 ± 0,01	102,0	P << 0,001	1,102 ± 0,02



végeztünk összehasonlító számításokat, azonban a faji különbségek valamennyi vizsgált fizikai tojás-paraméter esetében nyilvánvalóak. Kiemelést érdemel a héjvastagság és a nyomóerő, mely a gyöngytyúk esetében 1,5 illetve 3-szorosra a tyúk-változatok hasonló értékeinek. A gyöngytyúktojások sűrűsége is nagyobb, mint a tyúktojásoké, ami elsősorban a lényegesen nagyobb héjsúly eredménye (ez a megállapítás azonban fajon belül már nem érvényes, mint arról később szólunk). A héjsúly és a tojássúly %-os arányát a vizsgált háziszárnyasokban a 3. ábrán mutatjuk be.

A különböző háziszárnyas-állományokban mért tojásparaméter-értékek összefüggéseinek vizsgálatára korrelációs számításokat végeztünk, melynek eredményét a 2. táblázat és a 4. ábra mutatja be. Az összefüggésekkel kapcsolatosan, általánosságban az alábbiak állapíthatók meg:

-az őshonos tyúkok tojásparaméterei közötti korrelációs értékek a tojóhibrid és a gyöngytyúk azonos értékei között helyezkednek el, mely alól egyetlen kivétel a tojássúly-héjsúly összefüggés, ami az őshonos tyúk esetében bizonyult a legerősebbnek,

-negatív korrelációs értékeket csak a tojóhibrid (tojássúly-héjvastagság, tojássúly-nyomóerő) esetében kaptunk, az

őshonos tyúk tojássúly-nyomóerő közti összefüggése gyakorlatilag 0, míg a gyöngytyúk-tojások fizikai paramétereinek összefüggéseire kizárólag pozitív értékeket nyertünk.

Vizsgálatainkban Horn (2000) megállapításától eltérő, erős összefüggést tapasztaltunk a fajon ill. típuson belüli héjvastagság és a nyomóerő (héjszilárdság) között, mely legkifejezettebb a gyöngytyúk esetében ( $r=0,859$ ), de az őshonos tyúkok és a tojótyúkok hasonló értékei is erős korrelációra utalnak (0,772 és 0,765). A nyomóerő mindhárom állományban gyenge vagy közepes pozitív korrelációt mutat a héjsúllyal és a héjvastagsággal, csakúgy, mint a héjsúly valamennyi vizsgált paraméterrel. Ez utóbbi esetben azonban a gyöngytyúk héjsúly-sűrűség összefüggése a három állomány közül a leggyengébb (0,264, szemben a tojóhibrid 0,544 és az őshonos 0,412 értékével), mely arra utal, hogy e szárnyasfajon belül a héjsúly növekedése nem szükségképpen jár együtt a tojássűrűség növekedésével, legalábbis kevésbé, mint a házityúk esetében. Hasonló magyarázat adható a gyöngytyúknál gyöngye tojássúly-héjsúly összefüggésre is (0,270). Ez a kapcsolat a két házityúkváltozatnál közepes – bár az őshonos esetében lényegesen erősebb – korre-

lációt mutat (őshonos: 0,683, tojóhibrid: 0,479). A tojássúly és más vizsgált paraméterek összefüggései azt mutatják, hogy csupán a gyöngytyúk esetében jelentkezik gyenge vagy közepes erősségű, pozitív korreláció.

## 4. Következtetések

A vizsgálatok során kapott eredmények alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

1. Lényeges fajok közötti eltérés tapasztalható a tojás fizikai paraméterei és azok összefüggései tekintetében a tyúk és a gyöngytyúk között, mely legkifejezettebb a tojássúly és más, mennyiségi paraméterek közti kapcsolatokban.

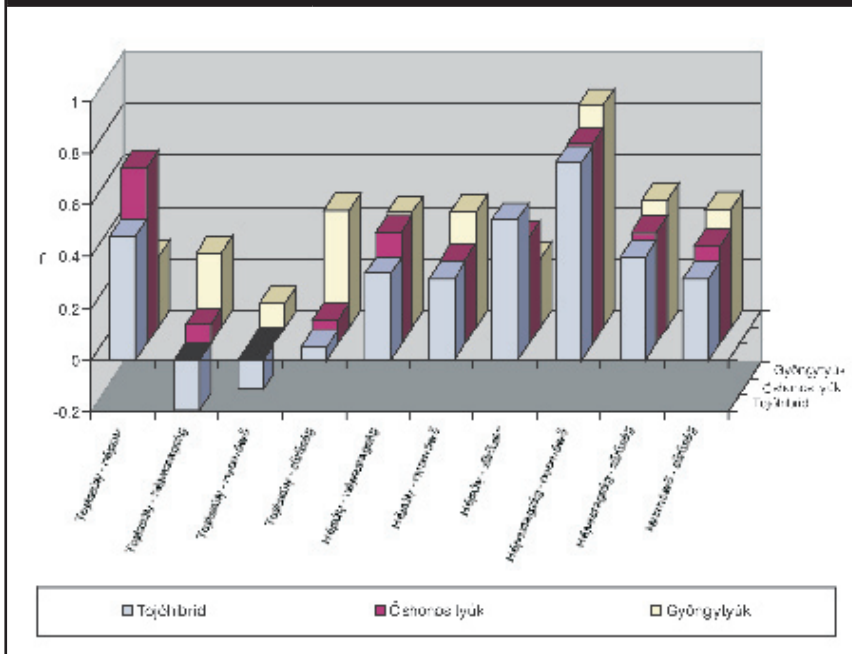
2. A különböző házityúk-típusok tojásainak fizikai paraméterei azt mutatják, hogy a tojóhibridek nehezebb és vastagabb tojáshéjának törőereje lényegesen kisebb, azaz tojásaik héja abszolút értékben gyöngébb, mint az őshonos tyúkoké.

3. A tojásparaméterek összefüggéseinek vizsgálata szerint szoros korreláció mutatható ki a héjvastagság és a nyomóerő, azaz a héjszilárdság között, mely a vizsgált gyöngytyúk-tojásokban erősebb, mint a házityúkváltozatok tojásaiban.

Tojások fizikai paraméterei	Tojássúly (g)			Héjsúly (g)			Héjvastagság (mm)			Nyomóerő (törésszilárdság) (N)		
	Baromfifaj/típus											
	TH	ŐH	GY	TH	ŐH	GY	TH	ŐH	GY	TH	ŐH	GY
Héjsúly (g)	0,479	0,683	0,270									
Héjvastagság (mm)	0,195	0,071	0,285	0,334	0,433	0,445						
Nyomóerő (törésszilárdság) (N)	0,114	0,004	0,216	0,314	0,322	0,446	0,765	0,772	0,859			
Mért sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )	0,048	0,092	0,451	0,544	0,412	0,264	0,397	0,427	0,492	0,315	0,378	0,458

4. ábra

A korreláció "r" értékei különböző típusú és fajú háziszárnyasok tojásainak fontosabb fizikai paramétereinek között



Következtetéseink és megállapításaink természetesen az adott típusra előírt tartástechnológia szerint tartott, általunk vizsgált állományokra vonatkoznak, és további vizsgálatokat igényel, hogy azok milyen mértékben általánosíthatók akár a domesztikáció alacsonyabb fokán lévő gyöngytyúk, akár a különböző szelekciós múlttal rendelkező házityúk-típusok tekintetében.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a KÁTKI Agrárökológiai és Génmegőrzési Osztály, a KÁTKI Takarmányozási Osztály, a LAB-NYÚL Kft. és a SZIE Mechanika és Műszaki Ábrázolás Tanszék munkatársainak sokrétű segítségükért.

### Irodalomjegyzék

- Ancel, A., Girard, H. (1992) Eggshell of the domestic guinea fowl. *Br. Poult. Sci.* 33:993-1001.
- Arias, J.L., Fernandez, M.S. (2001) Role of extracellular matrix in shell formation and structure. *World's Poult. Sci. J.* 57:349-357.
- Bain, M.M. (1990): Eggshell strength: A mechanical/ultrastructural evaluation. PhD thesis, University of Glasgow, Glasgow
- Bain, M.M. (1991): A reinterpretation of egg-shell strength. In: Solomon, S.E. (ed.): *Egg and eggshell quality*. Wolfe, London
- Gilbert, A.B. (1983) The egg: its physical and chemical aspects. In: Bell, D.J. and Freeman, M.C. (eds) *Physiology and biochemistry of the domestic fowl*. Academic Press, London
- Halaj, M., Grofik, R. (1994) Correlation between egg shell strength and some egg characters. *Zivocisna Vyroba* 39:927-934.
- Harms, R.H., Roland, D.A. (1973) Calcium metabolism in the laying hen as related to eggshell quality. *Feedstuffs*, 15(7):30.
- Hocking, P.M., Bain, M., Channing, C.E., Fleming, R., Wilson, S. (2003) Genetic variation for egg production, egg quality and bone strength in selected and traditional breeds of laying fowl. *Br. Poult. Sci.* 44:365-373.
- Horn P. (2000) Tyúktenyésztés. In: Horn P. (szerk.) *Állattenyésztés 2. Baromfi és haszongalamb*. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Khatkar, M.S., Sandhu, J.S., Brah, G.S., Chaudhary, M.L. (1997) Estimation of egg shell breaking strength from egg characteristics in laying chickens. *Ind. J. Poult. Sci.* 32:111-113.
- Kutas F., Kemény A., Lencsés Gy. (1970): Studies of the influence of eggshell formation on the acid-base balance of the laying hen. *Acta Vet. Hung.* 20:281-284.
- Lencsés Gy. (2001) Tojóttyúk Ca és P forgalmának nyomon követése többféle módszerrel. Doktori (PhD) értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő
- Matolcsi J. (1982) *Állattartás őseink korában*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Panheleux, M., Bain, M., Fernandez, M.S., Morales, I., Gautron, J., Arias, Solomon S.E., Hincke M., Y. Nys (1999) Organic matrix composition and ultrastructure of eggshell: a comparative study. *Br. Poult. Sci.* 40:240-252.
- Rodriguez-Navarro, AS., Kalin, O., Nys Y. and Garcia-Ruiz, J.M. (2002) Influence of the microstructure on the shell strength of eggs laid by hens of different ages. *Br. Poult. Sci.* 43:395-403.
- Romanoff, A.L. and Romanoff, A.J. (1949) *The avian egg*. John Wiley & Sons, London
- Schmidt-Nielsen, K. (1984) *Scaling (Why is animal size so important)*. Cambridge University Press, Cambridge
- Simkiss, K. (1967) *Calcium in reproductive physiology*. Chapman and Hall, London
- Sojka, A., Kaminska, B.Z. (1994) Reliability of egg shell quality assessment based on the specific gravity of eggs in Hisex White hens. *Proc. 9th European Poultry Conf., Glasgow, Vol. 1, 391-392 pp.*
- Solomon S.E. (ed.) (1991) *Egg and eggshell quality*. Wolfe, London
- Song, K.T., Choi, S.H., Oh, H.R. (2000) A comparison of egg quality of pheasant, chukar, quail and guinea fowl. *Asian-Austr. J. Anim. Sci.* 13:986-990.
- Sturkie, P.D. (1986) *Reproduction in the female and egg production*. In: Sturkie, P.D. (ed.) *Avian Physiology*. Springer, New York
- Voisey, P.W. (1974) Measurement of eggshell strength. *J. Texture Stud.* 5:135-182.