

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra speciální zootechniky



**Kvalita vajec slepic nosného typu v obohacených klecích
a voliérách**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Leontýna Bláhová

Obor studia: Živočišná produkce

Vedoucí práce: doc. Ing. Lukáš Zita, Ph.D.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Kvalita vajec slepic nosného typu v obohacených klecích a voliérách“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. 4. 2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Lukáši Zitovi, Ph.D. za trpělivé vedení při psaní diplomové práce, za cenné rady a připomínky. A mé rodině za podporu během celého studia.

Kvalita vajec slepic nosného typu v obohacených klecích a voliérách

Souhrn

Kvalita vajec je ovlivněna mnoha faktory, které lze dělit na vnější a vnitřní. Mezi vnější faktory řadíme systém ustájení, podmínky prostředí nebo výživu, z vnitřních faktorů věk slepice, její genotyp nebo hmotnost. Cílem diplomové práce bylo zhodnotit, zda systém ustájení a věk slepic má vliv na technologickou hodnotu vajec. Do sledování byla zařazena vejce od slepic nosného typu Lohmann Brown - Lite chovaných v obohacených klecích a voliérovém systému ustájení. Vejce byla sbírána v pravidelných 28 denních intervalech, od 24. do 60. týdne věku nosnic, po 180 kusech z každého systému ustájení. Z ukazatelů kvality byla hodnocena vejce jako celek tedy jeho hmotnost a tvar a dále parametry žloutku, bílku a skořápky, jejich podíly z vejce, indexy bílku a žloutku, Haughovy jednotky, barva žloutku, pevnost, tloušťka a barva skořápky.

Sledované parametry byly ve většině případů průkazně ovlivněny nejen věkem nosnic, ale i systémem ustájení. Věk nosnice měl průkazný vliv na všechny sledované parametry, kdy se s věkem nosnic zhoršovala kvalita bílku, ale zvyšovala se hmotnost vejce. Signifikantní vliv ustájení se potvrdil u indexu tvaru vejce 78,00 % oproti 77,40 % ve prospěch voliérového systému ustájení. Obdobně u podílu žloutku 25,33 % ve srovnání s 24,68 %, barvy žloutku 10,88 na rozdíl od 10,08, procentuálního podílu skořápky 10,12 % ve srovnání s 9,95 %, pevnosti skořápky $44,20 \text{ N.cm}^{-2}$ oproti $42,56 \text{ N.cm}^{-2}$ a barvy skořápky 29,14 % ve srovnání s 28,92 % ve prospěch voliérového systému ustájení. Klecový systém ustájení průkazně ovlivnil procentuální podíl bílku 65,37 % oproti 64,55 %, Haughovy jednotky 78,98 v porovnání se 76,76 a index bílku 7,92 % a 7,76 %. Vliv systému ustájení neměl průkazný vliv na hmotnost vejce, index žloutku, hmotnost žloutku a hmotnost bílku. Z pohledu požadavků producentů a obchodníků je nejdůležitější hmotnost vejce a pevnost skořápky. V tomto směru jsou vhodnější vejce od slepic z voliér především díky své vyšší pevnosti skořápky. Kdežto spotřebitelé preferují barvu žloutku a skořápky. Hypotéza, zda měl věk a systém ustájení vliv, se potvrdila.

Klíčová slova: slepice, věk, klece, voliéra, kvalita, žloutek, bílek, skořápka

The egg quality of laying hens in enriched cages and aviaries

Summary

The egg quality is influenced by many factors that can be divided into external and internal. Among the external factors include housing system, environmental or nutrition. Internal factors are age, genotype or weight. The aim of diploma thesis was to evaluate whether the system of housing hens and age affected on the technological value of eggs. By monitoring included eggs from laying hens Lohmann Brown-Lite bred in enriched cages and aviary housing system. Eggs were collected at regular monthly intervals, from 24th to 60th week of hen age, 180 pieces of each housing system. From quality indicators eggs was evaluated as a whole, therefore its weight and shape and also parameters of the yolk, albumen and eggshell, the proportions of the egg, albumen and yolk index, Haugh unit, yolk color, strength, thickness and color of the eggshell.

The monitored parameters were in most cases significantly affected by hen age, but also the housing system. Hen age had significant effect on all of the monitored parameters, when the hen age get worse the quality albumen but improved the weight of the eggs. Effect of housing system is significant confirmed by the egg shape index 78.00% compared with 77.40% in advantage aviary housing system. Similarly, for the ratio of yolk 25.33% compared with 24.68%, 10.88 yolk color in contrast to 10.08, percentage of eggshells 10.12% compared to 9.95%, the strength of the eggshell 44.20 N.cm⁻² compared to 42.56 N.cm⁻² and color eggshells 29.14% compared with 28.92% advantage in aviary housing system. Enriched cage system significantly affected the percentage of albumen 65.37% versus 64.55%, Haugh unit 78.98 compared to 76.76 and albumen index 7.92% and 7.76%. Effect of the housing system had no significant effect on the egg weight, yolk index, the yolk weight and albumen weight. For producers and traders is the most important egg weight and strength eggshell. In this direction they are more suitable from the eggs of aviary housing system mainly due to its higher strength eggshell. Whereas consumers preferring the color of the yolk and eggshell. The hypothesis that the age and housing system influence was confirmed.

Keywords: hen, age, cage, aviary, quality, yolk, albumen, eggshell

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce a hypotéza	3
3 Literární přehled	4
3.1 Složení vejce a kvalita	4
3.1.1 Bílek	6
3.1.2 Žloutek	6
3.1.3 Skořápka	7
3.1.4 Vady vajec a mikrobiální kontaminace	9
3.2 Uplatnění vajec	11
3.3 Faktory ovlivňující kvalitu vajec	13
4 Materiál a metodika	24
4.1 Design experimentu	24
4.2 Rozbory vajec a sledované parametry	26
4.3 Statistické vyhodnocení	28
5 Výsledky	29
6 Diskuse	36
7 Závěr	43
8 Seznam použité literatury	45
9 Přílohy	61

1 Úvod

Vejsce a maso jsou hlavními produkty získávanými při chovu drůbeže. V českých zemích, potažmo v Evropě je tradiční konzumace především slepičích vajec, v jiných částech světa se konzumují i vejce od vodní drůbeže. V tomto případě, ale existuje vyšší riziko nákazy salmonelózou, které se však může eliminovat. V Česku stále ještě přetrvává tradice chovu drůbeže v malých počtech v drobnochovech. Stav nosnic jsou dokonce vyšší v drobnochovech oproti zemědělskému sektoru. Výroba v drobnochovech je ale nižší a úroveň hygieny chovu a kvalita krmiva je v domácích podmínkách často nesrovnatelná. S rostoucí městskou aglomerací, ale vesnice původní význam ztrácejí a je proto potřeba produkovat vejce ve velkých počtech, ale za podmínek, že nebude snížena úroveň kvality a bezpečnost potravin ani welfare zvířat.

Vejsce je vysoce kvalitní potravinou obsahují pro tělo mnoho prospěšných látek zároveň je vaječný bílek nejkvalitnější bílkovinou řadící se svou výživovou hodnotou a stravitelností nad všechny druhy masa a jiné zdroje bílkovin. Přestože zjišťování chemického složení vejce nebylo předmětem této práce, je důležité zmínit, že ve vejcích se nachází mnoho látek prospěšných pro lidský organismus a v takovém množství, které je u jiných zdrojů ojedinělá. Díky tomu mají vejce široké uplatnění v naší kuchyni i přímo v potravinářském průmyslu, ale i v jiných odvětvích, jako je například humánní, veterinární medicína či kosmetický průmysl. O oblíbenosti vajec v českých domácnostech svědčí i to, že v roce 2016 bylo zkonzumováno v průměru 259 vajec na obyvatele. K oblíbenosti přispívá i fakt, že cena vejce od nosnic chovaných v obohacených klecích se v roce 2016 pohybovala průměrně kolem 2,84 Kč/ks. Ceny vajec z jiných systémů ustájení jsou i 2-3x vyšší. Cena vajec zemědělských výrobců byla v roce 2016 na úrovni 1,67 Kč/ks. Soběstačnost České republiky v produkci vajec je na úrovni 82,1 %, o čemž svědčí i fakt, že zde má chov drůbeže dlouhou tradici. Přesto dovoz vaječných hmot a skořápkových vajec převyšuje vývoz. Dovážena jsou vejce především z Polska a Německa a vývoz je dále na východ na Slovensko a do Maďarska.

V Česku převažuje chov nosnic v klecovém systému. Od 1. 1. 2012 je v Evropské unii směrnicí Evropské komise 1999/74/EC zakázán chov nosnic v neobohacených klecových systémech. Náhradou za konvenční klece jsou klece obohacené, doplněné o snáškové hnízdo, hřady, prostor k popelení a obrousování drápů a celkově větší prostor, který připadá na jednu slepici. Stále více spotřebitelů se, ale i přesto zajímá i o vejce od nosnic chovaných alternativních systémech ustájení, jako jsou voliéry, chov na podestýlce či chov s možností venkovního výběhu. Další možnou variantou jsou vejce od nosnic chovaných v ekologickém režimu. Z toho důvodu je třeba zjistit, zda má systém ustájení vliv na technologickou hodnotu vajec.

2 Cíl práce a hypotéza

Cílem diplomové práce bylo porovnat kvalitu vajec, především technologickou hodnotu vajec, u nosného typu slepic v závislosti na systému ustájení a jejich věku.

Hypotézou je, že kvalita vajec je průkazně ovlivňována nejen systémem ustájení, ale především věkem nosnic.

3 Literární přehled

3.1 Složení vejce a kvalita

Vejce je tvořeno skořápkou, žloutkem a bílkem. Tyto složky jsou od sebe odděleny blánami. Skořápka je oddělena od bílku dvěma podkořápečnými blánami a žloutek je ohraničen vitelinní membránou (Jacob et al., 2011). V procentuálním zastoupení je vejce podle Nyse et al. (2011) tvořeno 59 % bílkem, 31 % žloutkem a 10 % skořápkou. Požitelné části vejce obsahují dohromady 74,4 % vody, 12,3 % bílkovin a 10,9 % tuků vejce tedy lze považovat za kvalitní potravinu. Z cca 11 % tuku, tvoří cca 2,5 % nasycené mastné kyseliny, 4 % mononenasycené mastné kyseliny, 1,2 % polynenasycené mastné kyseliny, 0,04 % n-3 mastných kyselin, 0,5 % n-6 mastných kyselin, 1,7 % n-9 mastných kyselin, 170 mg/50 g cholesterolu (Anderson, 2013). Z technologického hlediska je vejce považováno za multifunkční, a to díky svým koagulačním, emulgačním, pěnivým a antikrystalizačním schopnostem. Dále zajišťuje potravině barvu, aroma a vyšší nutriční hodnotu (Yang a Baldwin, 1995). To je v souladu s Figueiredem et al. (2013), že vejce je jednou z nejdostupnějších kvalitních potravin, je bohatou na minerální látky a mastné kyseliny a díky aminokyselinám má i vysokou biologickou hodnotu. Zároveň je vejce pro člověka lehce stravitelné. Vejce je výjimečné i díky obsahu lysinu, sirných aminokyselin, lehce stravitelným tukům a bílkovinám. Nezanedbatelný je obsah fosforu, síry a vitaminů (Nys et al., 2011).

Tabulka 1. Složení slepičího vejce uvedeno (ve 100 g vejce; Vojtaššáková a kol., 2000)

Parametr	Jednotka	Průměrný obsah
Celková voda	g	74,310
Celkové bílkoviny	g	12,380
Vitelin	g	4,190
Livetin	g	1,130
Ovoalbumin	g	5,330
Esenciální aminokyseliny	g	5,310
Neesenciální aminokyseliny	g	6,080
Semiesenciální aminokyseliny	g	1,040
Celkové lipidy	g	10,870
Kyselina palmitová	g	2,383
Kyselina stearová	g	0,902
Kyselina linolová	g	1,470
Kyselina arachidonová	g	0,147
Nasyčené mastné kyseliny	g	3,370
Nenasycené mastné kyseliny	g	6,080
Lecitin	g	0,458
Cholesterol	g	0,431
Sacharidy celkové	g	0,940
Selen	mg	23,000
Sodík	mg	134,796
Draslík	mg	131,981
Fosfor	mg	219,867
Síra	mg	187,833
Chlór	mg	152,333
Kalciferol D	mg	0,004
Tokoferol E	mg	1,557
Cholin	g	276,000

3.1.1 Bílek

Bílek je tvořen ve vejcovodu v řádu několika hodin a dělí se podle vzhledu a konzistence na čtyři typy, chalázový bílek, vnitřní řídký bílek, vnější tuhý bílek a vnější řídký bílek (Jacob et al., 2011). Nys et al. (2011) upřesňují, že procentuální zastoupení je 3 % chalázového bílku, 17 % podíl vnitřního řídkého bílku, vnější řídký bílek je zastoupen 23 % a vnější tuhý bílek tvoří více než polovinu (57 %). Silversides a Scott (2001) uvádějí, že kvalita vejce souvisí především s kvalitou bílku. Stadelman et al. (1995) popisují, že čerstvé vejce má po rozklepnutí jen nízký podíl řídkého bílku, tuhý bílek je vysoký, kompaktní a průhledný a uprostřed něj je celistvá žloutková koule. Chalázová poutka vzniklá z chalázového bílku jsou připojena ke žloutku a ostrému a tupému konci vejce a tím umožňují rotaci žloutkové koule ve vejci, čímž brání přilnutí žloutku k podskořápečné bláně.

Nejpoužívanějším parametrem pro hodnocení kvality bílku jsou Haughovy jednotky, vytvořeny Raymondem Haughem v roce 1937. Tato metoda spočívá v měření výšky hustého bílku a hmotnosti vejce. Čím je tato hodnota vyšší, tím je kvalitnější bílek, potažmo vejce (Stadelman et al., 1995). Ahmadi a Rahimi (2011) konstatují, že je sledován i procentuální podíl bílku, index bílku a hmotnost bílku. V bílku je možné pozorovat masové nebo krevní skvrny, tyto skvrny jsou detekovány prosvícením a takové vejce je vyřazeno (Stadelman et al., 1995).

3.1.2 Žloutek

Žloutek je v těle budoucích nosnic tvořen ve třech stupních. První stupeň probíhá na vaječníku již v embryonálním období, a proto je při vylíhnutí na vaječnicích kuřice více než 3000 vajíček. Druhá fáze vývoje žloutku se nazývá pomalá fáze a trvá od vylíhnutí kuřičky do dosažení pohlavní dospělosti. Zhruba 10 dní před ovulací dochází k poslední fázi, takzvanému rychlému růstu žloutku. Žloutek se skládá z latebry, zárodečného terčíku a soustředných vrstev světlého a tmavého žloutku (Stadelman et al., 1995). Nys et al. (2011) upřesňují, že zárodečný terčík se nachází na vrcholu žloutkové koule a je to 3,5 mm velký šedý útvar. Žloutek je kryt vitelinní membránou (Stadelman et al., 1995). Burley a Vadehra (1989) uvádějí, že

funkcí vitelinní membrány je zabránění výměny látek mezi žloutkem a bílkem a zamezení pronikání bakterií do žloutku. Žloutková koule obsahuje více než 50 % sušiny a všechny vaječné lipidy jsou obsaženy v něm. Jsou tvořeny z 65 % triglyceridy, 31 % fosfolipidy a 4 % obsahu žloutku tvoří cholesterol. Podíl nasycených a nenasycených mastných kyselin lze upravit výživou nosnice (Nys et al., 2011). Shenstone (1968) konstatuje, že žloutek se skládá z přibližně 50 % vody, 15 % bílkovin, 33 % tuku a méně než 1 % sacharidů, ale přesné složení je závislé na věku nosnice, hmotnosti vejce a genotypu.

V čerstvě sneseném vejci je žloutek kulatý a je obalen pevnou blánou s postupem času se žloutek zplošťuje a časem dochází i k prasknutí membrány a žloutek při vyklepnutí vyteče. Barva žloutku závisí na krmivu nosnice a v něm obsažených barvivech, například xantofyly obsažené v kukuřici nebo vojtěšce. Právě nosnice, které jsou krmeny krmivem s těmito složkami, mají tmavší a oranžovější žloutky. Barva žloutku je ve většině spotřebitelských šetření řazena vysoko nad ostatní hodnocené parametry vnitřní kvality vejce. Vuilemier (1969) uvádí, že barva žloutku se hodnotí subjektivně nejčastěji podle stupnice La Roche. Tato stupnice se skládá z 15 vzorků barev, které se přiřkládají ke žloutku. Většina spotřebitelů preferuje tmavě oranžovou barvu žloutku, proto je krmivo nosnic upraveno tak, aby jim bylo vyhověno (Jacob et al., 2011). Dvořák a kol. (2007) zjistili, že preference barvy žloutku se liší podle geografického původu obyvatel, například spotřebitelé v Německu, Belgii a Španělsku dávají přednost oranžovému žloutku, spotřebitelé z Finska a Velké Británie upřednostňují žluté žloutky, zatímco v Irsku a Švédsku je preference světle žlutých žloutků. Roberts (2004) konstatuje, že barva žloutku nemá vliv na kvalitu.

Kvalita žloutku souvisí s jeho vzhledem, texturou a pevností (Jacob et al., 2011). Vuillemier (1969) k ukazatelům doplňuje barvu, index žloutku a jeho hmotnost. Ahmadi a Rahimi (2011) uvádějí, že ke kvalitě žloutku patří i sledování přítomnosti krevních či masových skvrn.

3.1.3 Skořápka

Skořápka se tvoří až v děloze nosnice a to až 18 hodin a v pochvě je ještě překryta mucinózní vrstvou, kutikulou, která utěsňuje póry ve skořápce (Jacob et al., 2011). Kutikula brání nadměrnému vypařování vody z vejce a je

první bariérou chránící vejce před patogeny. To je v souladu se Stadelmanem et al. (1995), kteří doplňují, že skořápka je tvořena převážně uhličitanem vápenatým, uhličitanem hořečnatým, fosforečnanem vápenatým a bílkovinnými pigmenty. Intenzita barvy skořápky je způsobena množstvím pigmentů ve skořápce, ale samotná barva skořápky je primárně ovlivněna genotypem nosnice (Jacob et al., 2011). Nys et al. (1999) konstatují, že existují i variace v barvě skořápky na tomtéž vejci a to, že tupý konec vejce je světlejší než ostrý konec.

Tmavší vejce mívají silnější skořápku, ale jinak barva skořápky nemá vliv na nutriční nebo jinou kvalitu vejce. Skořápka by měla být hladká, ale je možnost výskytu drsných, hrubých skořápek. Skořápky s nerovnostmi či výběžky (nahloučenými vápenatými usazeninami) mohou být geneticky determinované nebo mohou značit nějakou chorobu nosnice (Jacob et al., 2011). To je v souladu s Butcherem a Milesem (2003), kteří tvrdí, že skvrnitost na skořápce může být způsobena i stresem. Tyto skořápky méně pevné a proto méně vhodné pro prodej (Jacob et al., 2011). Skořápka může být i kropenatá, přičemž bílé plochy na skořápce jsou méně pevné než tmavé plochy a proto opět méně vhodné. Wei a Bitgood (1989) konstatují, že v zemích s tradicí prodeje vajec s hnědou skořápkou dává spotřebitel spíše přednost stejnoměrně zbarvenému vejci s hnědou skořápkou bez skvrn nebo světlejších ploch. Mikrotrhliny ve skořápce se zjišťují prosvěcováním skořápky. Kontrola musí být důsledná, zvláště pokud měly nosnice v odpoledních hodinách nějaké rozptýlení nebo stres. Právě v tomto čase se totiž tvoří skořápka vejce, které bude sneseno následující den. Kvalita skořápky je ovlivněna podmínkami ustájení, především teplotou, kvalitou krmiva, věkem nosnice a stresem. Stres způsobuje zeslabení skořápky a světlejší barvu skořápky (Jacob et al., 2011). Polykrystalická struktura skořápky byla definována již Von Nauthiusem (1821-1899) a dále editována Nysem et al. (1999, 2004). Minerální struktury jsou vrostlé do mamilární vrstvy, která se nachází na povrchu vnější podskořápečné blány. Růst krystalů vápence je omezen pouze směrem k vnitřní straně membrány a na ní se přikládá spongiózní vrstva. Tato vrstva je tvořena nepravidelnými sloupy a odpovídá 2/3 skořápky. Toto zvláštní uspořádání umožňuje při tloušťce 0,33 mm pevnost 30 N.cm^{-2} (Nys et al., 2011). Pevnost vaječné skořápky je

ovlivněna její mikrostrukturou, tloušťkou a rychlostí ukládání vápenatých solí, jakož i její hmotností, plochou a procentuálním podílem z celého vejce (Mónus a Barta, 2005; Nedomova et al., 2009).

Mezi hodnotitelné parametry se řadí tloušťka skořápky, její procentuální podíl z vejce, barva skořápky, deformace skořápky a její hmotnost (Ahmadi a Rahimi, 2011).

3.1.4 Vady vajec a mikrobiální kontaminace

Je žádané, aby mělo vejce vejčitý tvar, pokud je protáhlé, kulaté nebo má jiný tvar, je vyšší pravděpodobnost, že se nedostane ke spotřebiteli. Tato vejce špatně sedí v proložce, při transportu často dochází k poškození skořápky a znehodnocení vejce. Tvar vejce je ovlivněn věkem nosnice (Jacob et al., 2011). Halaj a Golian (2011) doplňují, že k výskytu abnormálních vajec dochází při poruchách funkce sliznice vejcovodu. Výsledkem je neobvykle tvarované vejce, vejce bez žloutku, malé vejce, nebo mineralizované vejce. Index tvaru vejce je definován jako poměr šířky k délce vejce a je důležitým kritériem při určování kvality vajec. Index vejce by se měl pohybovat od 72 do 76 % (Sarica a Erensayin, 2009).

Krevní skvrny v bílku jsou výsledkem krvácení z cévy v oblasti infundibula nebo magna. Masové skvrny jsou degenerované krevní skvrny nebo kousky epitelů z vaječníku či vejcovodu. Krevní a masové skvrny jsou častěji pozorovány ve vejcích s hnědou skořápkou v porovnání s vejci s bílou skořápkou a na jejich tvorbě se podílí i zvýšená teplota prostředí. I na žloutku se můžeme setkat s masovými nebo krevními skvrnami. Skvrny na žloutku jsou způsobeny krvácením při ovulaci a to na vaječníku nebo u nálevky vejcovodu (Jacob et al., 2011). Abrahamsson et al. (1996) zaznamenali vyšší podíl masových skvrn ve vejcích z voliérového systému. Dvoužloutková vejce nejsou výjimkou k tomuto jevu dochází pokud jsou spontánně ovulovány dva žloutky, nebo pokud dojde k zastavení pasážování žloutku ve vejcovodu. Dvoužloutková vejce mají obvykle vyšší hmotnost. Vejce s vyšším počtem žloutků nejsou nereálná, ale jejich výskyt je vzácný. Vejce s vyšším než obvyklým počtem žloutku se nedistribuuje do obchodů (Jacob et al., 2011).

Bain et al. (2006) upozorňují, že rizikem jsou i drobné praskliny ve skořápce způsobené hrudkami vápence v mamilární vrstvě během rané fáze

tvorby skořápky. Messens et al. (2005) zjistili, že neexistuje korelace mezi vrstvou kutikuly a rychlostí pronikání salmonel přes skořápku. Mezi vady vajec bakteriálního původu řadíme černou hnilobu, červenou hnilobu, zelenou hnilobu, bílou hnilobu, senné vejce nebo zakalený bílek. Vady způsobené mikroskopickými houbami se projevují ohraničenými koloniemi na skořápce, v pokročilém stádiu plísně pronikají póry přes skořápku a způsobují koagulaci bílku. Vejce může být kontaminováno dvěma způsoby, tvrdí Miyamoto et al. (1998). Nejprve vertikálně, při vývoji vajíčka na vaječnicku nebo při průchodu vejcovodem. Druhým způsobem je kontaminace horizontální přes skořápku vejce. Přičemž zejména vertikálnímu přenosu by se měla věnovat zvýšená pozornost (Kinde et al., 2000; Anonym, 2002; Davies a Breslin, 2003; Van Immerseel et al., 2005). *Salmonella enteritis* se přenáší výhradně vertikální cestou (Barrow a Lovell, 1991; Humphrey, 1994; Keller et al., 1995), naopak *Salmonella infantis* se přenáší horizontálně (Okamura et al., 2001).

Na skořápce jsou převážně Gram-pozitivní bakterie ale, vaječný obsah osidlují Gram-negativní, které jsou lépe vybavené k překonání antimikrobiální ochrany vejce (De Reu et al., 2008). Hnědý pigment skořápky prokázal baktericidní aktivitu proti některým grampozitivním bakteriím (Ishikawa et al., 2010). Mnoho autorů se domnívá, že mikrobiální kontaminace vejce v reprodukčních orgánech je daleko častější, než penetrace mikrobů přes skořápku to je v souladu Listerem (1988) který zjistil, že *S. enteritis* kolonizuje reprodukční tkáň, ale zjevné příznaky nemoci nejsou patrné imunitní systém slepice je nezaregistruje a ony se dále množí. Miyamoto et al. (1997) uvádějí, že vysoké procento *S. enteritis* se nachází i v pochvě, před snesením se kontaminuje skořápka a až v chladničce proniknou dovnitř. Miyamoto et al. (1998) konstatují, že zvláště *S. enteritis* má výjimečnou schopnost přilnout k epitelu pochvy. Howard et al. (2007) prokázali, že některé druhy bakterií přežívají ve vejcích i při správném skladování po dobu 8 týdnů. Dřívější doporučení zchladit vejce na 4 °C se ukázalo jako méně důležité než kolísání teplot, které spolu se špatnou kvalitou skořápky usnadnily pronikání bakterií (Messens et al., 2004). Podle Eka et al. (2013) se na vejcích skladovaných při pokojové teplotě vyskytovalo více bakterií, kvasinek a plísní než u vajec skladovaných v chladničce. Pokud

byla vejce ve vlhkém prostředí, byl zde vyšší výskyt plísní což je v souladu s Collinsem et al. (1989).

Holt et al. (2011) konstatují, že voliéry nebo chovy s hlubokou podestýlkou nejsou vhodnými systémy z hlediska kvality vajec. Nejvhodnějším systémem je shledáván klecový a to i přesto, že od roku 2012 jsou zakázány konvenční klece, které se čistily lépe, než nové tzv. obohacené. To je v souladu s Parisiem et al. (2015), kteří zjistili, že vejce z klecových chovů jsou méně kontaminována mikroorganismy především kvůli skloněné podlaze, kdy se vajíčko vykulí na pás a již není v kontaktu se slepicí a také díky roštům místo pevné podlahy, kdy trus padá mimo klec a nemůže kontaminovat vejce. S tím souhlasí Hannah et al. (2011), kteří uvádějí, že na vejcích z voliér a podestýlky byl zjištěn zvýšený počet mikroorganismů v porovnání s klecovým systémem ustájení.

3.2 Uplatnění vajec

Vejce mají široké uplatnění v potravinářství, ale i v nepotravinářských odvětvích. Pro použití v potravinářství je využíváno pouze vaječného obsahu, žloutku a bílku a to ve formě melanže či samotných žloutků nebo bílků. Surovina má zvýšenou trvanlivost a hygienickou kvalitu, zároveň je v tomto případě výhodnější skladování v porovnání se skořápkovými vejci. Vaječná hmota může být zamrazená, sušená, konzervovaná popřípadě ochucená (Halaj a Golian, 2011). Stadelman (1999) popisuje funkce vajec v potravinářském průmyslu. Bílek má schopnost napěnit a tvořit sních, který zvyšuje kyprost pečiva, dále je využíván jako glazura pečiva a zároveň zvyšuje vaznost vody ve výrobku a údržnost například mletého masa. Žloutek je při pečení využíván pro svou pěnivost jeho další vlastnosti, emulgace, se využívá při výrobě majonéz a dresingů. Přidáním vejce do výrobku se zvýší jeho nutriční hodnota a dojde ke zlepšení chuti (Van Elswyk, 1997). Halaj a Golian (2011) uvádějí, že fosfitin je jednou z nejdůležitějších bílkovin a díky antioxidačnímu potenciálu se využívá v potravinářství, jako účinná ochrana před oxidací tuků. Lecitin se využívá v potravinářství jako emulgátor, přídatek do dětské výživy a to z důvodu vysokého obsahu kyseliny arachidonové a dokosahexanové. Stauffer (1996) uvádí, že právě tyto složky jsou velmi důležité pro správný vývoj mozku a nervové soustavy. V potravinářství lze využít i lysozym a to

jako konzervant při výrobě sýrů, dětských výživ či ke konzervaci omáček (Cunningham et al., 1991; Fredriksson et al., 2006).

Bílky a žloutky z vajec s porušenou skořápkou nebo ty, které nevyhovují z hlediska organoleptických vlastností nebo mikrobiální nezávadnosti je možné zpracovat jako technické bílky a žloutky. Tuto sušenou surovinu je možné použít v koželužnictví nebo při výrobě tmelů a barviv. Bez využití nezůstane ani skořápka, ta se může zkrmovat slepicím pro svůj vysoký obsah vápníku, nebo se využije jako minerální hnojivo (Halaj a Golian, 2011). Stadelmann (1999) doplňuje, že skořápky se mohou využít také jako potravinový doplněk pro starší osoby. Technická melanž se hodí k přípravě povrchu kůží před činěním, uvádějí Halaj a Golian (2011). Takto upravená kůže lépe přijímá barvu a zvyšuje nepromokavost. Dále napomáhá pronikání tuků do kůže a zajišťuje její pružnost a pevnost. V historii využívali malíři vejce jako příměs do barev. Využívala se i emulgační schopnost žloutku a schopnost vázat barviva. Bílek se používal na bělení pláten a využíván byl i díky vyšší přilnavosti ve vodě rozpuštěných barviv na plátno. Žloutek se též hojně využívá v kosmetickém průmyslu, jako přídavek do šampónů, pleťových mlék a krémů a do mýdel. Využití žloutku v kosmetice je především zásluhou mastných kyselin, které mají pozitivní vliv na lidskou kůži. Vejce byla též ve středověku využívána ve stavebnictví. V současnosti se využívá vejce jako kultivační půda pro růst mikroorganismů či virů v humánní či veterinární medicíně. To je v souladu se Schadem et al. (2005). Žloutkovou blánu je možné použít jako kulturu pro růst tkání (Luepke, 1985). Z bílku lze izolovat protilátky pro veterinární i humánní medicínu (Schade et al., 2005). Halaj a Golian (2011) popisují, že žloutek je využíván jako ředidlo a konzervant spermatu. Žloutek a především frakce cholesterolu LDL chrání spermie před chladovým stresem a zabezpečuje jejich přežití. V kosmetickém průmyslu lze využít leticitin do různých krémů, které brání vysoušení pokožky. Lysozym vaječná bílkovina využívána zejména pro svou schopnost rozkládat stěnu G+ bakterií. Lysozym se tím řadí mezi enzymy s výraznou aktivitou proti mnohým bakteriím, například *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Staphylococcus* s aktivitou v rozmezí 2 - 9 pH. To je v souladu s Cunninghamem et al. (1991). Vaječný lysozym je typově stejný jako savčí (Gassmann et al., 1990). Dále se lysozym používá v medicíně, léčení

bakteriálních a některých virových onemocnění, své uplatnění našel i v kosmetice. Ovotransferin je nejvíc zastoupený glykoprotein v bílku (13 %) a jsou popsány jeho antibakteriální, antivirové, antimykotické účinky a byl popsán i jeho význam při prevenci onemocnění (Halaj a Golian, 2011).

3.3 Faktory ovlivňující kvalitu vajec

Všechny znaky kvality vajec jsou ovlivněny mnoha faktory, ale věk patří mezi hlavní vnitřní faktory (Yang et al., 2014). Nosnice může snášet vejce až 15 let, ovšem s jejím věkem dochází ke snižování intenzity snášky. První rok je snáška 100 %, 2. rok dosahuje úrovně 85 %, 3. rok snáška průměrně poklesne až na 74 %, během toho se nepravidelně zvyšuje hmotnost vejce a zároveň se snižuje kvalita žloutku, bílku a skořápky (Pištěková et al., 2006). Halaj a Golian (2011) konstatují, že první 4 měsíce snášky snáší slepice nejkvalitnější vejce, kvalita se nejvíc zhoršuje po 9. měsíci snášky, v tomto období je nejčastější výskyt poškozených vajec a vajec nepravidelného tvaru. Vliv na kvalitu vajec má kromě věku i pohlavní dospělosti, té nosnice dosahuje v době kdy má zhruba 80 % své hmotnosti v dospělosti, aby se oddálil dřívější nástup pohlavní dospělosti, mají kratší světelný den. Výhodou spíše pozdního nástupu pohlavní dospělosti má za následek dostatečný vývoj pohlavních i jiných orgánů. Oddálení začátku snášky má na následek vyšší hmotnost vajec. Z výsledků Silversidese a Scotta (2001) vyplývá, že s věkem slepic se zvyšuje hmotnost vajec a naopak index vejce se snižuje, to je v souladu se Silversidesem (1994), Silversidesem a Budgellem (2004), Šahanem et al. (2014). Liljedahl et al. (1984) konstatují, že s věkem nosnice se zhoršují téměř všechny parametry vejce, až na hmotnost vejce, která se s věkem zvyšuje. Ledur et al. (2002) uvádějí, že nejvyšší hmotnosti vejce bylo dosaženo ve věku 65. týdnů. Nys et al. (2011) popsali, že s věkem slepice se zvyšuje hmotnost vejce a zároveň dochází ke změně poměru bílku a žloutku ve vejci. S věkem nosnice dochází ke snižování podílu bílku a jeho hmotnosti (Van den Brand et al., 2004). Silversides a Scott (2001) popsali, že s věkem slepice se zvyšuje hmotnost bílku, ale procentuální podíl bílku se naopak snižuje. S věkem se snižuje procentuální podíl bílku, hmotnost bílku a Haughovy jednotky (Liljedahl et al., 1984; Silversides, 1994; Silversides a Budgell, 2004; Jacob et al., 2011; Shim et al., 2013). To je v souladu s

Cherianem (2008), který dodává, že Haughovy jednotky se s věkem nosnice také snižují. Naopak Koppenol et al. (2014) tvrdí, že s věkem nosnice se hmotnost bílku zvyšuje. Van den Brand et al. (2004) konstatují, že s věkem se zvyšuje hmotnost a podíl žloutku. To je v souladu s Koppenolem et al. (2014) a Şahanem et al. (2014). Cherian (2008) konstatuje, že s věkem se stává žloutek světlejší. To je v nesouladu s Van den Brandem et al. (2004) a Škrbićem et al. (2011), kteří uvádějí, že intenzita barvy žloutku se s věkem nosnic zvyšuje. Halaj a Golian (2011) tvrdí, že s věkem se ve vejci snižuje obsah fosforu, bílkovin a chloru, ovšem obsah sodíku a draslíku zůstává nezměněný. Van Niekerk (2014) uvádí, že kvalita skořápky a zejména její tloušťka je ovlivněna věkem nosnice a také časným či pozdějším nástupem pohlavní dospělosti. Pozdější nástup pohlavní dospělosti má vliv na dostatečné zásobení medulárních kostí vápníkem. Právě, z nich v průběhu produkčního období získávají nosnice vápník pro tvorbu skořápky (Halaj a Golian, 2011). S autory souhlasí Silversides a Scott (2001), kteří potvrzují, že s věkem se snižuje kvalita skořápky, tedy její tloušťka a pevnost. Zároveň s věkem se zvyšuje hmotnost skořápky. Chowdhury a Smith (2001) také zaznamenali zhoršenou kvalitu skořápky s věkem nosnic, zejména její tloušťku, pevnost, ale i procentuální podíl. Z výsledků Koppenola et al. (2014) vyplývá, že s věkem slepic došlo ke zvýšení hmotnosti a pevnosti skořápky až do 43. týdne věku a poté se snižovala. Tloušťka skořápky zůstala konstantní po celou dobu sledovaného období. Naopak Cherian (2008) uvádí, že s věkem se snižuje hmotnost skořápky, její tloušťka i procentuální podíl. S věkem nosnice se snižuje intenzita barvy skořápky, vejce od starších nosnic jsou tedy světlejší (Odabasi et al., 2007).

Další z vnitřních faktorů mající vliv na kvalitu vajec je genotyp nosnice. Hammershøj a Steinfeldt (2015) konstatují, že všechny parametry, kterými je dána kvalita vajec, jsou ovlivněny genetickým založením slepice. Yang et al. (2014) uvádějí, že genotyp ovlivňuje barvu skořápky. Konzumní vejce lze rozdělit na vejce s bílou a hnědou skořápkou, přičemž bývá pravidlem, že vejce s bílou skořápkou snáší slepice se světlými ušními laloky a vejce s hnědou skořápkou snáší slepice s červenými laloky (Jacob et al., 2011). Vejce s hnědou skořápkou jsou vnímána jako více přírodní, domácí a tím pádem i zdravější. Přitom jde pouze o to, že vejce s hnědou skořápkou

snáší nosnice vyšlechtěné z plymutky a hempšírky a vejce s bílou skořápkou snáší slepice odvozené od lehké leghornky (Scott a Silversides, 2000). Hmotnost vejce je vysoce dědivá (Wolc et al., 2012). Hmotnost vejce hnědovaječných hybridů je podle Silversidese a Scotta (2001) vyšší než od bělovaječných nosnic to je v souladu s Hartmannem et al. (2000) a Vitsem et al. (2005a). Silversides a Scott (2001) popsali, že genotyp nosnice ovlivňuje kvalitu bílku. Vejce s hnědou skořápkou mají vyšší podíl bílku na rozdíl od vajec s bílou skořápkou. Silversides a Scott (2001) konstatují, že vejce s hnědou skořápkou mají menší podíl žloutku v porovnání s vejci s bílou skořápkou. Rozdíly v podílech žloutku a bílku ve vejci u různých plemen popsali Wu et al. (2005a). Zhang et al. (2005) a Wolc et al. (2012) uvádějí, že hmotnost žloutku je středně dědivá, dědičnost se prokázala i u dvoužloutkových vajec. Basmacioglu a Ergül (2005) nezjistili vliv genotypu na pevnost a tloušťku skořáčky. To je v rozporu se Steinfeldem a Hammershøjem (2015) a Van Nierkenem (2014), který uvedl, že tloušťka skořáčky je signifikantně ovlivněna genotypem a že vejce s hnědou skořápkou mají silnější skořáčky a vyšší podíl skořáčky (Silversides a Scott, 2001) než vejce s bílou skořápkou. Arthur a O'Sullivan (2005) zjistili, že ve vejcích s hnědou skořápkou se častěji vyskytují krevní a masové skvrny. Wu et al. (2005a) konstatují, že někteří hybridy jsou vhodné pro produkci skořápkových vajec, jiní pro produkci sušených nebo konzervovaných žloutků, bílků nebo melanže.

Vnitřním faktorem ovlivňujícím kvalitu vejce je hmotnost nosnice. Lesson a Summers (1987) uvádějí, že tělesná hmotnost na začátku snášky je důležitá pro průběh celého snáškového období a hmotnost vejce. Těžší nosnice mají po celou dobu snáškového období těžší vejce, oproti lehčím nosnicím. Na začátku snáškového období snáší slepice menší vejce než na konci snášky, zároveň při zvýšení hmotnosti nosnice se zvýší hmotnosti žloutku (Wu et al., 2005b).

Výživa nosnice je významný vnější faktor ovlivňující kvalitu vajec. Yang et al. (2014) popsali, že mnoho ukazatelů kvality vejce lze ovlivnit výživou. Olobatok a Mulugeta (2011) publikovali, že přídavek sušeného česneku do krmiva pozitivně ovlivnil hmotnost vejce. Studie Sohaila et al.

(2003) a Wua et al. (2005b) prokázali, že přídavek energetické nebo tukové složky do krmiva, zvýší hmotnost vejce. Halaj a Golian (2011) tvrdí, že bílek je více ovlivnitelný krmivem než žloutek. Naopak Williams (1992) uvádí, že výživa nemá významný vliv na kvalitu bílku, hlavní roli hraje genotyp a věk nosnice. Kvalita bílku závisí na obsahu bílkovin a aminokyselin jako jsou lyzin či methionin v krmivu, obsahu enzymů, druhu zrnin, či vitaminových doplňků jako je vitamin E nebo kyselina askorbová (Toussant a Latshaw, 1999). Tang et al. (2015) uvedli, že přídavek probiotik, prebiotik nebo synbiotik nemá vliv na Haughovy jednotky. K podobnému závěru došli i Youssef et al. (2013). Barviva z krmiva přecházejí do bílku, například při zkrmování durmanu se bílek zabarví do zelena (Halaj a Golian, 2011). Yalcin et al. (2006) konstatují, že přídavek česnekového prášku do krmiva zvýšil kvalitu vajec. To je v souladu s Olobatokem a Mulugetou (2011) ti potvrdili, že přidání česneku zvýšilo podíl bílku ve vejci. V poslední době, byla věnována pozornost zkrmování probiotik, prebiotik a synbiotik, které upravují složení mastných kyselin, snižují hladinu cholesterolu. Tang et al. (2015) potvrdili, že zkrmování probiotik, prebiotik a synbiotik snížilo hladinu cholesterolu. Karotenoidy jsou v tuku rozpustná barviva, která si zvířata sama nesyntetizují. Jejich funkcí je snižování poškození tkání volnými radikály, jsou tedy antioxidanty a zvyšují imunitní odpověď organismu (Surai et al., 2001). Nosnice mají přirozenou schopnost ukládat tato barviva do žloutku, proto se přidávají do krmiv (Karadas et al., 2006). Kukuřice je nejčastější složkou krmiva, která je odpovědná za barvu žloutků (Kurilich a Jurvik, 1999). To je v souladu s Kljakem et al. (2012), že pouhé přidání kukuřice do krmné směsi postačí k přibarvení žloutku, tedy není zapotřebí použití povolených syntetických barviv. Je však třeba dát si pozor na některé složky krmiva, které mohou barvu žloutku ovlivnit negativně. Při zkrmování bavlníkových výlisků dochází k čokoládově hnědému zbarvení žloutku (Halaj a Golian, 2011). Z důvodu zvýšení nutriční hodnoty žloutku lze přidávat nosnicím do krmiva lněné semínko, to zvyšuje obsah n-3 mastných kyselin (Jiang et al., 1991). Scheideler a Froning (1996) dodávají, že přídavek lněného semínka zvyšuje obsah kyseliny linolenové, dokosahexaenové a eikosapentaenové kyseliny ve vaječném žloutku a zároveň dochází k celkovému zmenšení žloutku, takže se sníží i obsah cholesterolu ve žloutku.

Alternativou ke lněnému semínku může být lupina, pro svůj obsah n-3 a n-6 mastných kyselin. Dříve se nemohla zkrmovat kvůli vysokému obsahu alkaloidů způsobující hořkost vejce (Watkins a Mirosh, 1987). Novější výsledky Krawczyka et al. (2015) to nepotvrzují. Wang et al. (2008) uvádějí, že zkrmování lupiny pozitivně ovlivnilo barvu žloutku. Halaj a Golian (2011) nabízí jako alternativu ke lněnému semínku možnost zkrmování rybího oleje. Rybí olej je pro tyto účely méně vhodný z důvodu rybího zápachu ve vejci, který je negativně hodnocen spotřebiteli. Je žádoucí zajistit vyšší podíl n-3 mastných kyselin a eikosapentaenové kyseliny a dokosahexaenové kyseliny ve žloutku, neboť tyto látky jsou prospěšné pro nervový systém a ostrost zraku. Cholesterol je ve žloutku zastoupen až 200 mg jeho obsah je možné modifikovat výživou či šlechtěním tato úprava, ale není nijak lehká, neboť skladbu žloutku lze jen těžko měnit z důvodu zachování plnohodnotné výživy případného embrya. Obsah vitamínu C a E v krmivu a dále vláknina a obsah pektinových látek může snížit obsah cholesterolu o 5 - 10 %. Yalcin et al. (2006) konstatují, že přídavek česnekového prášku do krmiva zvýšil hmotnost žloutku. To je v nesouladu s Olobatokem a Mulugetou (2011). Přídavek česnekového prášku navíc negativně ovlivňuje organoleptické vlastnosti vajec, jeho použití tedy není vhodné. Nicméně česnekový zápach neměl vliv na spotřebitelské preference, zřejmě v domnění, že se jedná o zdravou potravinu. V česneku je v organické formě selen a právě tento prvek zvyšuje kvalitu vajec. Sohail et al. (2003) a Wu et al. (2005b) prokázali, že přídavek energie nebo tuku do krmiva zvýší podíl žloutku. Každá skořápka obsahuje až 3 g vápníku, proto je potřeba, aby krmivo obsahovalo dostatečné množství tohoto prvku a to v hrubé i práškové formě. Mnoho autorů se shoduje, že vápník je dobře využitelný z mletého vápence nebo z lastur. S potřebou vápníku souvisí potřeba fosforu, který napomáhá vstřebávání vápníku (Boorman a Gunarathe, 2001). Požadavky na vápník a fosfor se zvyšují s věkem nosnice (Bar et al., 2002). S tím souhlasí i Halaj a Golian (2011) kdy uvádějí, že s věkem se snižuje utilizace minerálních látek a to z cca 80 % až na 40% využitelnost minerálních látek na konci snáškového období. Hurwitz et al. (1987) dodávají, že pro metabolismus vápníku je důležitý i vitamin D. Vitamin C musí být v krmivu také zahrnut, protože zmírňuje stres nosnic (Daghir, 1995). Nedostatek vitamínu A zvyšuje výskyt krevních skvrn ve

vejci a ty se pak musí vyřadit (Pingel a Jeroch, 1997). Pitná voda obsahující dlouhodobě vysoké množství minerálních látek má negativní vliv na skořápku (Balnave a Yoselewitz, 1987). Abdelqader et al. (2013) uvádějí, že k významnému zlepšení tloušťky skořápky došlo při zkrmování diety s obsahem *Bacillus subtilis* a inulinu. Hooge (2007) konstatuje, že probiotika zintenzivňují barvu skořápky u hnědovaječných nosnic. Některé látky jsou nezbytné i v malém množství, patří mezi ně například zinek a mangan, které působí jako kofaktory nebo aktivátory enzymů a ty se podílejí na tvorbě vaječné skořápky. Důležitá je i forma, v níž jsou tyto mikroprvky podávány v kompletní krmné směsi (Mabe et al., 2003).

Další z vnějších faktorů, které ovlivňují kvalitu vajec jsou doba skladování a skladovací teplota. Doba skladování a skladovací teplota má vliv především na hmotnost vejce, Haughovy jednotky a hmotnost bílku. Samli et al. (2005) popsali, že z počáteční průměrné hmotnosti 62,70 g se vlivem skladovací teploty (21 °C) a vlhkosti (55 - 60 %) snížila hmotnost vejce o 0,32 g do druhého dne a do desátého dne sledování se snížila hmotnost vejce o 1,03 g. Při skladování vajec v chladničce (5 °C) nedošlo k tak razantnímu úbytku hmotnosti vejce, ale i tak se hmotnost snižovala. Tyto výsledky jsou v souladu se závěry Walsche et al. (1995), kteří zaznamenali snížení hmotnosti po 7 dnech skladování o 0,36 g, po 14 dnech skladování se snížila hmotnost vejce o 0,57 g. Scott a Silversides (2000) zjistili, že během 10 denního skladování se snížila hmotnost bílku o 1,49 g. Silversides a Budgell (2004) uvedli, že při skladovací teplotě 21 °C, se snížila hmotnost bílku po 10 dnech o 2,35 g. Scott a Silversides (2000) konstatují, že při skladování se snižuje i podíl bílku, ten se snížil při teplotě 20,2 °C z 65,71 % na 63,64 %. Samli et al. (2005) zaznamenali, snížení Haughových jednotek z 91,40 na 76,30 při skladovací teplotě 5 °C. Pokojová teplota (21 °C) měla za následek ještě razantnější snížení Haughových jednotek (53,7). Keener et al. (2000) doplňuje, že pokud jsou vejce skladována při vyšším obsahu CO₂, nedochází k tak razantnímu snížení Haughových jednotek. Hmotnost žloutku se během skladování zvyšuje (Scott a Silversides, 2000; Silversides a Budgell, 2004; Samli et al., 2005). Po 5 dnech skladování při 21 °C se z průměrné hodnoty 16,32 g zvýšila hmotnost žloutku o 0,54 gramů a po 10 dnech od snesení vejce, se jeho hmotnost zvýšila na 19,91 g (Silversides a Budgell, 2004). Na

zvyšování hmotnosti žloutku při skladování má vliv nejenom doba skladování, ale i teplota skladování. Během 10 denního sledování se zvýšila hmotnost žloutku z 17,97 g na 18,50 g při teplotě 5 °C a při pokojové teplotě (21 °C) se hmotnost žloutku zvýšila na 19,34 g (Samli et al., 2005). Scott a Silversides (2000) popisují, že kromě hmotnosti žloutku se zvyšuje i procentuální podíl žloutku, ale snižuje se pružnost vitelinní membrány, takže je žloutek je náchylnější k porušení (Kirunda a McKee, 2000). Hmotnost skořápky zůstává při skladování neměnná (Scott a Silversides, 2000; Silversides a Budgell, 2004), ale zvyšuje se podíl skořápky.

System ustájení nosnic se řadí k vnějším faktorům mající vliv na technologickou kvalitu vajec a podle Pavlovskioho et al. (2002) je to vliv významný.

Od roku 2012 je směrnicí Evropské komise 1999/ 74/ EC zakázán chov nosnic v neobohacených klecových systémech. Blokhuis et al. (2007) konstatují, že možným důvodem pro zrušení používání konvenčních klecí na území Evropské unie byla častá kritika tohoto systému jako nevhodného pro nosnice z důvodu nemožnosti projevit přirozené vzorce chování. Lay et al. (2011) doplňují, že obohacené klece poskytují nosnicím více prostoru a umožňují hřadování a popelení. Vits et al. (2005b) konstatují, že obohacený klecový systém má pozitivní vliv na pohodu nosnic. Saki et al. (2012) konstatují, že větší prostor obohacených klecí má pozitivní vliv na kvalitu vajec. Anonym (1999, 2004) uvádí, že obohacené klece musí poskytovat dostatečný prostor a to 750 cm² na každou slepici a z toho 600 cm² využitelného prostoru, ve zbytku klece je umístěno snáškové hnízdo, popeliště umožňující hrabání a klování, hřady v dostatečné délce, aby měla každá nosnice k dispozici minimálně 15 cm. V každé kleci musí být napájecí systém odpovídající kapacitě klece, před klecí žlábkové krmítko a pod klecí nekonečný pás na odstraňování trusu. Dále musí být nosnici umožněno obrušovat si drápy. Minimální velikost klece je 2000 cm², minimální výška činí 45 cm a sklon podlahy nesmí přesáhnout 14 %. Garner et al. (2012) zjistili, že velikost krmného prostoru a různé typy napáječek nemají vliv na hmotnost vejce. Togashi et al. (2008) ale dodávají, že kapkové napáječky jsou

hygieničtější. Vits et al. (2005b) konstatují, že v klecovém systému je oproti jiným způsobům ustájení vysoká úroveň hygieny vajec.

Voliérový systém ustájení byl vyvinut v 70. letech minulého století ve Velké Británii. Tento systém ustájení vychází z klecového chovu, ale umožňuje nosnicím volný pohyb ve všech etážích. Maximální počet etáží v hale jsou 4. Ty jsou propojeny žebříky a v každém patře jsou snášková hnízda, krmítka a napáječky a nekonečný pás na odstraňování trusu na podlaze haly je podestýlka (Ledvinka a kol., 2008). Van Niekerk (2014) popisují, že zvýšené množství pohybu nosnic ve voliérách mezi etážemi může mít na následek nižší hmotnost vejce nebo nižší podíl žloutku. Maximální hustota osazení nesmí překročit 9 nosnic na 1m^2 využitelné plochy. Na jedno snáškové hnízdo připadá maximálně 7 slepic. Žlábkové krmítko poskytuje nejméně 10 cm délky krmného prostoru na jednu nosnici, variantou je kruhové krmítko poskytující nejméně 4 cm délky krmného prostoru na nosnici. K napájení je možné použít nepřetržitou žlábkovou napáječku poskytující 2,5 cm délky napájecího prostoru na nosnici, nebo kruhovou napáječku poskytující 1 cm délky napájecího prostoru na nosnici, nebo kapátkové či kalíškové napáječky, a to nejméně jedna taková napáječka pro každých 10 nosnic. V místě, kde jsou instalována napájecí zařízení, musí mít každá nosnice v dosahu nejméně dvě kapátkové nebo kalíškové napáječky. Výška mezi podlažími musí být minimálně 45 cm (Anonym, 2004).

Ustájení na podestýlce je další možnou alternativou ke klecovým systémům. Anonym (2004) uvádí, že hustota osazení v tomto systému nesmí překročit 9 slepic na m^2 využitelné plochy. Délka žlábkového krmítka musí být nejméně 10 cm a na každou slepici musí připadat nejméně 4 cm. Na 10 slepic musí připadat minimálně jedna kapátková nebo kalíšková napáječka. V případě použití žlábkových napáječek má náležet na každé zvíře 2,5 cm prostoru. Snáškových hnízd musí být takový počet, aby jedno hnízdo používalo maximálně 7 nosnic. V případě použití skupinových snáškových hnízd je maximum 120 slepic na 1m^2 . Pro každou slepici musí být zajištěno minimálně 15 cm hřadu. Jako podestýlka může sloužit řezaná sláma, nebo piliny.

Výběhové systémy ustájení umožňují slepicím přístup mimo halu a mohou projevit celý repertoár chování. Krmítka, napáječky a snášková hnízda

jsou v hale, která také poskytuje slepicím úkryt, zároveň mají možnost volného výběhu do venkovního prostranství. Výběh by měl být oplocen, aby zajišťoval ochranu před predátory a zároveň by měl nosnice chránit před sluncem a poskytovat jim úkryt (Košář a kol., 2004; Knierim, 2006). Legislativní nařízení jsou stejná jako u ustájení na podestýlce (Anonym, 2004)

Vejsce z konvenčního chovu mají vyšší hmotnost, než vejce z voliér (Abrahamsson et al., 1996; Samiullah et al., 2014). Hughes et al. (1985) se domnívají, že je to způsobeno odlišnými podmínkami životního prostředí v chovu. To je ovšem v rozporu s Tanakou a Hurnikem (1992), kteří nezjistili výrazně vyšší aktivitu slepic v obohacených klecích ani ve voliérovém systému ustájení. Onbasilar a Aksoy (2005) a Halaj a Golian (2011) pozorovali změny v kvalitě vajec, zejména vyšší výskyt masových a krevních skvrn při ustájení slepic v klecovém systému, to je v rozporu s výsledky Sakiho et al. (2012), kteří změny nezaznamenali. Lewko a Gornowitz (2011) a Samiullah et al. (2014) udávají, že vejce od slepic z klecí měla vyšší hmotnost a vyšší index bílku. Karcher et al. (2015) zjistili, že vejce od nosnic z voliérového systému ustájení měla nižší Haughovy jednotky v porovnání s vejci z obohacených klecí. Halaj a Golian (2011) nezjistili vliv ustájení na podíl bílku to je v nesouladu s Yangem et al. (2014). Lewko a Gornowitz (2011) konstatují, že nosnice chované v klecích mají vyšší index žloutku což je v souladu se Samiullahem et al. (2014) a Yangem et al. (2014). Halaj a Golian (2011) popsali, že systém ustájení má vliv především na kvalitu skořápky a mikrobiální kvalitu vejce. Mertens et al. (2006) konstatují, že vejce od nosnic z obohacených klecí měly tenčí skořápku ve srovnání s chovem ve voliérách, to je v souladu Leyendeckerem et al. (2001) a Abrahamssonem et al. (1996), kteří dodávají, že vejce z voliér mají vyšší hmotnost skořápky a vyšší podíl skořápky ve vejci v porovnání s vejci od nosnic ustájených v obohacených v klecích. Naopak Van den Brand et al. (2004) konstatují, že způsob ustájení nosnic neměl vliv na kvalitu skořápky.

Guinebretière et al. (2012) uvádějí, že u voliérového chovu nosnic bylo 84 % vajec sneseno do snáškových hnízd, zbylých 16 % snesly slepice do tmavých koutů haly na podestýlku. Lentfer et al. (2011) konstatují, že nízká míra přijímání snáškových hnízd ve voliérovém systému ustájení je hlavním

obchodním problémem související s mikrobiologickou kvalitou vajec. Wall a Tauson (2013) konstatují, že je třeba snášková hnízda nosnicím ztraktivnit například umělým trávnikem. Hygiena ve voliérovém systému je nižší než u klecového systému (Wall a Tauson, 2007). Obecně platí, že skořápka vajec od nosnic z neklecového systému ustájení je více kontaminována bakteriemi (De Reu et al., 2008).

Vliv mikroklimatu je dílčím faktorem vlivu ustájení ovlivňující technologickou kvalitu vajec. Zhao et al. (2015) zaznamenali, že průměrná teplota v životním prostoru nosnic ustájených v klecích byla 24,6 °C, ve voliéře 26,7 °C. Výsledky Zhao et al. (2015) byly zjištěny na farmě na americkém středozápadě, proto jsou odlišné od těch, které by byly zjištěny v České republice, přesto demonstrují, jaký má teplota v životním prostoru nosnic vliv na koncentrace stájových plynů. Halaj a Golian (2011) konstatují, že optimální teplota pro nosnice se pohybuje v rozmezí 16 - 25 °C přičemž při zvýšení teploty dochází ke snížení hmotnosti vejce a to v průměru o 0,4g/°C, dále se mění procentuální podíly žloutku a bílku ve prospěch žloutku, zároveň dochází ke snižování Haughových jednotek a hmotnosti skořápky. Glatz (1993) dodávají, že důležitá je i teplota vody, kdy studie prokázaly, že slepice snížily příjem nebo přestaly pít vodu s vyšší teplotou. Dostupnost chladné vody zároveň pomáhá překovat tepelný stres při nedostatečné ventilaci. Zhao et al. (2015) dále uvádějí, že hodnoty relativní vlhkosti byly průměrně 57 % v klecích a 54 % ve voliérovém systému ustájení. Nejvyšší hodnoty NH₃ byly v době sledování ve voliérách (6,7 ppm) v hale s obohacenými klecemi byly naměřeny nižší hodnoty (4 ppm). Během sledování nebyla nikdy překročena mezní hodnota 25 ppm u klecí, ale u voliér byla překročena ve 12 dnech v zimním období. Při venkovní teplotě nižší než 10 °C byly hodnoty amoniaku ve voliérách vyšší než v životním prostoru nosnic chovaných ve voliérách. Souvisí to i s tím, že trus a podestýlka zůstávají v hale, kdežto u klecového systému je trus odklizen pravidelně a předsušen na pásech. Podobné hodnoty zjistili i Hayes et al. (2013). Zhao et al. (2015) popsali, že průměrná koncentrace CO₂ byla u klecového chovu 2084 ppm, u voliér 2475 ppm. Maximální denní koncentrace 5000 ppm byla u voliérového systému překročena v 6 chladných dnech, v tom období se venkovní teplota pohybovala kolem -12,5 °C. Koncentrace CO₂ souvisí s teplotou, protože

podíl CO_2 ve stájovém vzduchu lineárně klesá se zvyšující se teplotou, a úrovní ventilace prostoru. Obsah CH_4 není významným ukazatelem kvality ovzduší, co se týká zdraví nosnic. Jedná se však o významný skleníkový plyn. Průměrné hodnoty metanu v klecích činily 10,9 ppm a podobné hodnoty byly zjištěny i ve voliérách (11,7 ppm). Tyto koncentrace zaznamenali i Hayes et al. (2013). Počty prachových částic byly vyšší u voliér ve srovnání s klecemi a to kvůli podestýlce a vyšší aktivitě slepic při volném pohybu. Zvýšené denní koncentrace prachu souvisí se světelným režimem a dobou krmení. Zhao et al. (2015) konstatují, že světelný režim je nejčastěji 16 h světla a 8 h tmy s minimální intenzitou 5 luxů u krmítek. K podobným závěrům ohledně koncentrací stájových plynů došli i Groot Koerkamp et al. (1998) ti konstatují, že jednou z největších nevýhod voliér je zvýšená koncentrace amoniaku, v porovnání s klecovými chovy. Amoniak společně se zvýšenou vlhkostí a prašností výrazně zhoršuje podmínky prostředí chovu a má vliv na zdravotní stav nosnic. Kristensen a Wathes (2000) popisují, že vysoká koncentrace amoniaku způsobuje podráždění sliznic dýchacích cest a očí a zvyšuje náchylnost k respiračním onemocněním a snižuje kvalitu vajec Naopak Garner et al. (2012) uvedli, že na kvalitu vajec neměla vliv úroveň odvětrání, intenzita osvětlení.

4 Materiál a metodika

4.1 Design experimentu

Genotyp nosnic, na nichž se realizovalo sledování, pochází od německé firmy Lohmann Tier Zucht, přesněji se jedná o nosného hybrida Lohmann Brown - Lite. Nosnice jsou vhodné do široké škály systémů ustájení, kde snášejí menší vejce s pevnou skořápkou.

Tabulka 2. Charakteristika Lohmann Brown-Lite (Anonym, 2017).

Produkce vajec	Věk při 50 % produkci	140 - 150 dní
	Vrchol snášky	93 - 94 %
	Počet vajec na jednu nosnici (ks)	
	Za 12 měsíců snášky	320 - 325
	Za 14 měsíců snášky	360 - 365
	vaječné hmoty (kg/ nosnici)	
	Za 12 měsíců snášky	19,5 - 20,0
	Za 14 měsíců snášky	22 - 23
	Průměrná hmotnost vejce (g)	
	Za 12 měsíců snášky	62 - 63
	Za 14 měsíců snášky	62,5 - 63,5
	Charakteristika vajec	Barva skořápky
Pevnost skořápky		$> 35 \text{ N.cm}^{-2}$
Spotřeba krmiva	110 - 120 g/ den/ ks	
Konverze krmiva	2,0 - 2,1 kg/kg vaječné hmoty	
Hmotnost nosnice	Ve 20 týdnech věku	1,55 - 1,65 kg
	Na konci snáškového období	1,9 - 2,1 kg

Slepice byly ustájeny v obohacených klecích o rozměrech splňujících platnou legislativu, tedy minimálně 750 cm^2 na jednu nosnici z toho 600 cm^2 využitelné plochy. Na každou nosnici připadá nejméně 15 cm hřadu a 12 cm krmného prostoru. K dispozici jsou také kapátkové napáječky. Klec je vyrobena z bodově svařovaného pletiva a pozinkových plechů. Pod každou

etáží je nekonečný pás, zajišťující odklíz trusu. Automatický sběr vajec je řešen přímým elevátorem. Haly jsou vybaveny vzduchotechnikou, sestávající se z ventilačních nasávacích klapek na boku budovy a střešních ventilátorů. Po depopulaci hal je vše řádně vyčištěno a desinfikováno plynováním.

Ve voliérovém systému ustájení mají nosnice možnost volného pohybu ve všech etážích. Maximální hustota osazení je 9 ks/m². Zároveň mají nosnice možnost hřadovat v patrech, kde jsou i snášková hnízda. Sběr vajec a odklíz trusu, je totožný jako u klecového systému. Jako podestýlka slouží řezaná sláma. Ventilace prostoru haly je založena na stejném systému. Systém vzduchotechniky účinně odvádí stájové plyny a zajišťuje přísun čerstvého vzduchu. Po vyskladnění haly se technologie řádně vyčistí a prostor je desinfikován plynem.

Haly se stejným typem utájení jsou propojeny s centrální třídíčkou. V třídíčce probíhá pouze předtřídění a vyřazení znečištěných nebo poškozených vajec a uložení do proložek. Z centrálního skladu, jsou poté vejce kamiony několikrát týdně odvezena do hlavní třídíčky a následně zabalena a distribuována do obchodů.

Světelný režim je 16 hodin světla a 8 hodin tmy. V bezokenních halách je světlo zajišťováno umělým osvětlením o intenzitě 10 - 15 luxů.

Od 20. do 24. týdne byly nosnice krmeny kompletní krmnou směsí N1 Superstart. Od 25. týdne věku do 30. týdne jsou nosnice krmeny krmnou směsí N1 Start a od 31. týdne do 45. týdne směsí N1 a od 46. týdne do konce snáškového období jsou slepice krmeny kompletní krmnou směsí N2.

V krmivu **N1 Superstart** je obsaženo 17,50 % dusíkatých látek, 12,60 % popelovin, 4,20 % tuků a olejů, 3,90 % hrubé vlákniny, 3,65 % vlákniny, 0,84 % lysinu, 0,60 % fosforu, 0,42 % methioninu a 0,16 % sodíku. To je obsaženo ve skladbě zrnin (pšenice, kukuřice), v sojovém extrahovaném šrotu, slunečnicovém extrahovaném šrotu, řepkových pokrutinách, hrachu, sušené krvi, živočišném tuku, řepkovém oleji a premixu zchutňujících látek. Dále směs obsahuje minerální látky ve formě monokalciium fosfátu, uhličitanu vápenatého a chloridu sodného.

Ve směsi **N1 Start** je obsažena pšenice, kukuřice, sojový a řepkový extrahovaný šrot, řepkové pokrutiny, hrách, triticales, sušená krev, řepkový olej a živočišný tuk, monokalciium fosfát, chlorid sodný, uhličitan vápenatý a

premix zchutňujících látek. Z toho je 17,20 % dusíkatých látek, 12,90 % hrubých popelovin, 4,40 % tuků, 3,60 % vápníku a hrubé vlákniny, 0,82 % lysinu, 0,56 % fosforu, 0,40 % methionu a 0,16 % sodíku.

Krmná směs **N1** obsahuje pšenici, kukuřici, řepkový, sojový a slunečnicový extrahovaný šrot, lihovarské výpalky, živočišné tuky, uhličitan vápený, chlorid sodný, hydrogenuhličitan sodný, monokalciium fosfát a premix zchutňujících složek. V procentním vyjádření je směs složena z 16,40 % dusíkatých látek, 12,10 % hrubého popela, 3,90 % tuků a olejů, 3,70 % vlákniny, 3,60 % vápníku, 0,76 % lysinu, 0,54 % fosforu, 0,37 % methioninu a 0,16 % sodíku.

Krmivo **N2** se skládá z pšenice, kukuřice, sójového a slunečnicového extrahovaného šrotu, řepkových pokrutin, triticales, sušené krve, živočišného tuku, premixu zchutňujících látek, monokalciium fosfátu, uhličitanu vápenatého a chloridu sodného. Analytické složky směsi tvoří 16,00 % dusíkatých látek, 12,30 % hrubé popeloviny, 3,55 % vápníku, 3,20 % tuků a hrubé vlákniny, 0,74 % lysinu, 0,50% fosforu, 0,35 % methioninu, 0,16 % sodíku.

Přesné složení a poměry krmných směsí je tajné, proto jsou uvedeny pouze volně dostupné základní charakteristiky.

4.2 Rozbory vajec a sledované parametry

Rozbory vajec a měření ukazatelů technologické kvality vajec byly realizovány v laboratoři Katedry speciální zootechniky na České zemědělské univerzitě v Praze. Vejce na rozboru byla odebírána ve čtyřtýdenních intervalech. První sběr vajec byl ve 24. týdnu věku nosnic a poslední v 60. týdnu věku. Každý měsíc bylo náhodně odebráno 180 vajec od slepic chovaných v obohacených klecích a 180 vajec od nosnic z voliérového systému ustájení. Celkem bylo tedy použito 3600 vajec pro účely zjištění technologické kvality.

Celé vejce

Hmotnost vejce byla zjišťována za pomoci elektronických laboratorních vah OHAUS Portable v gramech.

Index tvaru vejce se zjišťoval za pomoci posuvného měřidla, kdy byly měřeny délka a šířka vejce a index tvaru vejce byl z těchto naměřených hodnot vypočten a vyjádřen v procentech.

Žloutek

Hmotnost žloutku byla zjištěna na elektronických laboratorních vahách OHAUS Portable a vyjádřena v gramech.

Podíl žloutku byl zjišťován výpočtem z hmotnosti vejce a žloutku a je vyjádřen v procentech.

Index žloutku byl vypočten z naměřených hodnot. Kdy byly zjištěny pomocí posuvného měřítka kolmé rozměry žloutku v milimetrech a mikrometrem změřena výška žloutku také vyjádřena v milimetrech.

Barva žloutku byla zjišťována vizuálně pomocí barevné stupnice DSM Yolk Colour Fan.

Bílek

Hmotnost bílku byla zjišťována v gramech pomocí elektronických laboratorních vah OHAUS Portable.

Podíl bílku byl vypočten z hmotnosti vejce a hmotnosti bílku a je vyjádřen v procentech.

Index bílku se uvádí v procentech, byly změřeny kolmé rozměry vnějšího tuhého bílku jeho nejdelší a nejširší rozměr v milimetrech a dále mikrometrem byla změřena výška bílku v milimetrech, ze zjištěných údajů se vypočítal index bílku.

Haughovy jednotky byly vypočítány ze známých údajů o hmotnosti vejce a výšce tuhého bílku a dále Pomocí logaritmu $HU = 100 * \log (\text{výška bílku} + 7,57 - 1,7 * \text{hmotnost vejce}^{0,37})$.

Skořápka

Hmotnost skořápky byla zjišťována pomocí elektronických laboratorních vah OHAUS Portable a je vyjádřena v gramech.

Podíl skořápky byl vypočten ze zjištěných hmotností vejce a skořápky a uvádí se v procentech.

Tloušťka skořápky se měřila pomocí mikrometru ve střední části vejce bez podskořápečných blan a je v milimetrech.

Pevnost skořápky byla zjišťována destruktivní metodou na přístroji INSTRON model 3342 od výrobce INSTRON USA při které byla měřena síla potřebná k prasknutí skořápky, zjištěné hodnoty jsou v Newtonech na centimetry čtvereční.

Barva skořápky byla zjišťována díky refraktometru QCR od TSS England, který pracuje na principu odrazu světla. Vyšší hodnoty znamenají světlejší skořápku a je vyjádřena v procentech.

4.3 Statistické vyhodnocení

Pro statistické zpracování dat byl použit počítačový program SAS 9.4. K následnému vyhodnocení zjištěných hodnot byla použita víceparametrová analýza interakce věku a systému (procedura PROC MIX). Pro stanovení průkaznosti rozdílů hodnot byl použit Scheffe test ($P \leq 0,05$), zjištěné výsledky jsou uvedeny v následujících tabulkách.

5 Výsledky

Výsledky zjištěné z daného sledování, vybrané parametry technologické hodnoty vajec, jsou uvedeny v následujících tabulkách 3 - 6.

Tabulka 3. Vybrané parametry kvality vejce v závislosti na věku nosnic a systému ustájení

		Parametr	
		Hmotnost (g)	Index tvaru (%)
Věk nosnic (týdnů):			
24		61,18 ^c	77,69 ^{abc}
28		60,94 ^c	77,18 ^{bc}
32		67,58 ^{abc}	77,17 ^{bc}
36		67,16 ^{abc}	78,79 ^a
40		65,20 ^{bc}	77,83 ^{abc}
44		60,90 ^c	76,72 ^c
48		65,87 ^{bc}	78,31 ^{ab}
52		72,23 ^{ab}	77,56 ^{abc}
56		73,44 ^a	78,29 ^{ab}
60		66,94 ^{abc}	77,23 ^{bc}
Systém ustájení:			
Klec		66,57	77,40 ^b
Voliéra		66,47	78,00 ^a
Průkaznost	V	0,0001	0,0001
	U	0,0692	0,0001
	V*U	0,0001	0,0001
S.E.M.		0,414	0,081

S.E.M. – Standard Error of Mean – střední chyba průměru; V – věk; U – systém ustájení; V*U – interakce věk a systém ustájení; ^{abc}Průměry parametru ve stejném sloupci označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší ($P \leq 0,05$).

Hmotnost vejce (Tabulka 3) byla průkazně ovlivněna věkem nosnic ($P \leq 0,0001$), kdy byly shledány výkyvy, hmotnost se s věkem nosnic zvyšovala

do 32. týdne na 67,58 g, poté se hmotnost snížila, od 48. týdne se postupně zvyšovala a maximální hmotnost byla zjištěna ve věku 56 týdnů a to 73,44 g. Lze tedy jen částečně potvrdit obecný trend, kdy se hmotnost vajec zvyšuje s věkem nosnic. S ohledem na systém ustájení ($P=0,0692$) byla zjištěna těžší vejce u nosnic chovaných v obohacených klecích (+0,10 g) v porovnání s vejci od nosnic z voliér. Interakce věku nosnic a systému ustájení na hmotnost vejce byla statisticky významná ($P\leq 0,0001$). U indexu tvaru vejce bylo opět sledováno kolísání hodnot, ve 36. týdnu věku byl index tvaru vejce průkazně nejvyšší ($P\leq 0,0001$) než v jiných týdnech věku nosnic. Z hlediska systému ustájení byl zjištěn od slepic z voliér signifikantně vyšší ($P\leq 0,0001$) index tvaru vejce (+0,6 procentního bodu) oproti indexu tvaru vajec od nosnic z klecového ustájení. Interakce věku a ustájení byla také signifikantní ($P\leq 0,0001$).

Tabulka 4 uvádí parametry kvality žloutku s ohledem na věk nosnic a jejich ustájení. Hmotnost žloutku byla prokazatelně nejnižší ($P\leq 0,0001$) ve věku 28 týdnů (14,72 g), s věkem se hmotnost víceméně zvyšovala do 48. týdne, kdy se snížila na 16,05 g, poté se hmotnost zvyšovala a nejvyšší byla ve věku 56 týdnů (17,61 g). Vyšší hmotnost žloutku byla zjištěna u vajec od slepic z voliér +0,18 g, avšak neprůkazně ($P= 0,0612$). Interakce věku a ustájení byla sledována jako průkazná ($P\leq 0,0001$). Procentuální podíl žloutku ve vejcích se průkazně ($P\leq 0,0001$) zvyšoval, až do věku 44 týdnů, kdy dosáhl maximálního podílu 28,00 %. Následně se s věkem nosnic podíl opět snižoval, až na nejnižší zjištěnou hodnotu 24,07 % v 56 týdnech věku a poté opět vzrostl na 25,77 %. Vejce od slepic z voliérového systému ustájení měla průkazně ($P=0,0049$) vyšší podíl žloutku ve vejcích (+0,65 procentního bodu). Interakce věku a systému ustájení byla průkazná ($P\leq 0,0001$). Index žloutku byl prokazatelně ($P\leq 0,0001$) nejvyšší na začátku sledování ve věku 24 týdnů (46,13 %). Ve věku 28 týdnů se index snížil na 43,73 %, ve 32. týdnu věku se opět zvýšil (+1,79 procentního bodu), s následným poklesem indexu žloutku na 41,68 % v 60. týdnu věku. Vliv systému ustájení na index tvaru vejce se neprokázal ($P=0,0771$), ale vejce z voliérového systému ustájení měla nepatrně vyšší index žloutku (+0,07 procentního bodu). Interakce věku a systému ustájení byla sledována jako signifikantní ($P\leq 0,0001$). Barva žloutku byla signifikantně ($P\leq 0,0001$) nejnižší ve věku 32 týdnů (9,21), poté hodnota

kolísala a nejvyšší byla zjištěna ve věku 52 týdnů (11,18), následně byl žloutek opět světlejší. Vliv systému ustájení byl průkazný ($P \leq 0,0001$), vejce nosnic chovaných ve voliérovém systému měla tmavší barvu (+0,8). Interakce věku a systému ustájení byla také zaznamenána ($P \leq 0,0001$).

Tabulka 4. Vybrané parametry kvality žloutku v závislosti na věku nosnic a systému ustájení

		Parametr			
		Hmotnost (g)	Podíl (%)	Index (%)	Barva
Věk nosnic (týdnů):					
24		15,06 ^{bc}	24,56 ^b	46,13 ^a	9,33 ^b
28		14,72 ^c	24,18 ^b	43,73 ^{bc}	10,37 ^a
32		16,42 ^{abc}	24,44 ^b	45,52 ^a	9,21 ^b
36		15,99 ^{abc}	25,50 ^{ab}	44,83 ^{ab}	10,82 ^a
40		16,78 ^{ab}	25,81 ^{ab}	43,26 ^{bcd}	10,34 ^a
44		17,12 ^a	28,00 ^a	43,28 ^{bc}	11,16 ^a
48		16,05 ^{abc}	24,49 ^b	43,18 ^{cd}	10,61 ^a
52		17,53 ^a	24,34 ^b	42,86 ^{cd}	11,18 ^a
56		17,61 ^a	24,07 ^b	42,68 ^{cd}	10,70 ^a
60		17,15 ^a	25,77 ^{ab}	41,68 ^d	10,68 ^a
Systém ustájení:					
Klec		16.39	24.68 ^b	43.60	10.08 ^b
Voliéra		16.57	25.33 ^a	43.67	10.88 ^a
Průkaznost	V	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
	U	0,0612	0,0049	0,0771	0,0001
	V*U	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
S.E.M.		0,108	0,156	0,091	0,050

S.E.M. – Standard Error of Mean – střední chyba průměru; V – věk; U – systém ustájení; V*U – interakce věk a systém ustájení; ^{abcd}Průměry parametru ve stejném sloupci označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší ($P \leq 0,05$).

Tabulka 5. Vybrané parametry kvality bílku v závislosti na věku nosnic a systému ustájení

		Parametr			
		Hmotnost (g)	Podíl (%)	Index (%)	Haughovy jednotky
Věk nosnic (týdnů):					
24		39,93 ^b	65,32 ^a	8,77 ^{ab}	82,06 ^{ab}
28		39,89 ^b	65,41 ^a	8,13 ^{abc}	79,44 ^{abc}
32		44,36 ^{ab}	65,46 ^a	8,04 ^{abc}	79,71 ^{abc}
36		44,68 ^{ab}	64,16 ^{ab}	8,85 ^a	82,98 ^a
40		41,80 ^{ab}	64,01 ^{ab}	7,88 ^{bc}	77,68 ^{bcd}
44		37,46 ^b	61,62 ^b	8,00 ^{abc}	81,69 ^{ab}
48		43,34 ^{ab}	65,63 ^a	8,32 ^{abc}	80,90 ^{abc}
52		47,78 ^a	66,06 ^a	7,63 ^{cd}	76,57 ^{cd}
56		48,76 ^a	66,28 ^a	6,61 ^e	68,93 ^e
60		43,12 ^{ab}	64,32 ^{ab}	6,84 ^{de}	73,44 ^{de}
Systém ustájení:					
Klec		43,59	65,37 ^a	7,92 ^a	78,98 ^a
Voliéra		43,28	64,55 ^b	7,76 ^b	76,76 ^b
Průkaznost	V	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
	U	0,3957	0,0035	0,0003	0,0001
	V*U	0,0066	0,0001	0,0001	0,0001
S.E.M.		0,409	0,160	0,052	0,291

S.E.M. – Standard Error of Mean – střední chyba průměru; V – věk; U – systém ustájení; V*U – interakce věk a systém ustájení; ^{abcde}Průměry parametru ve stejném sloupci označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší ($P \leq 0,05$).

Tabulka 5 uvádí parametry kvality bílku s ohledem na věk nosnic a jejich ustájení. Hmotnost bílku byla průkazně ($P \leq 0,0001$) nejnižší ve 44. týdnu (37,46 g), s věkem se zvyšovala a nejvyšší hmotnost 48,56 g byla v 56. týdnu věku. Neprůkazně ($P=0,3957$) vyšší hmotnost bílku byla zjištěna u vajec od slepic z klecového ustájení (+0,31 g) v porovnání s vejci od slepic

ustájených ve voliérách. Byla shledána průkazná interakce mezi věkem a systémem ustájení ($P=0,0066$). Lepší vypovídací hodnotu má procentuální podíl bílku. Procentuální podíl bílku z vejce ($P\leq 0,0001$) byl do 36. týdne věku okolo 65 %, nejnižší podíl bílku byl zjištěn ve 44. týdnu věku (61,62 %) a s věkem se podíl bílku opět zvyšoval až do 56. týdne (66,28 %). Procentuální podíl bílku byl průkazně vyšší ($P=0,0035$) u vajec od slepic z klecového chovu (+0,82 procentního bodu). Interakce věku a systému ustájení byla signifikantní ($P\leq 0,0001$). Dalším sledovaným parametrem kvality bílku byl index bílku, který měl s věkem téměř klesající průběh ($P\leq 0,0001$). Tyto výsledky svědčí o zhoršující se kvalitě bílku s věkem nosnic. Signifikantně ($P=0,0003$) vyšší podíl bílku byl u vajec od slepic z klecí (+0,16 procentního bodu) oproti vejcím od slepic z voliér. Vzájemná interakce věku a ustájení měla také průkazný vliv na index bílku. Obdobný trend vývoje s věkem nosnic byl shledán i Haughových jednotek a potvrzují obecný trend vlivu věku na kvalitu bílku. Haughovy jednotky byly věkem průkazně ovlivněny ($P\leq 0,0001$). Haughovy jednotky byly statisticky významně vyšší u vajec od slepic z klecového chovu (+2,22) oproti vejcím od nosnic z voliér. Interakce věku a systému ustájení byla také průkazná ($P\leq 0,0001$).

V tabulce 6 jsou uvedeny parametry kvality skořápky. Hmotnost skořápky v průběhu sledování spíše kolísala, ve věku 56 týdnů věku byla hodnota významně ($P\leq 0,0001$) nejvyšší (6,81 g) oproti věku 24 týdnů, kdy činila 6,33 g. I přesto se s věkem nosnic hmotnost prokazatelně zvyšovala. Vliv ustájení na hmotnost skořápky nebyl zjištěn ($P=0,0773$). Hmotnost skořápky vajec od slepic z klecového systému byla nižší (-0,02 g) v porovnání s vejci od slepic z voliér. Interakce věku a systému ustájení měla signifikantní vliv ($P\leq 0,0001$) na sledovaný parametr. Z hmotnosti vychází i procentuální podíl skořápky, který byl průkazně ovlivněn věkem nosnic ($P\leq 0,0001$), systémem ustájení ($P=0,0056$) a byla zjištěna průkazná interakce mezi oběma faktory ($P\leq 0,0001$). Procentuální podíl skořápky se s mírnými výkyvy snižoval od 28. týdne věku až do 56. týdne věku (-0,77 procentního bodu). Procentuální podíl skořápky byl vyšší u vajec od nosnic z voliérového chovu (+0,17 procentního bodu) v porovnání s vejci od slepic z klecového chovu. Dalším parametrem kvality skořápky je její tloušťka.

Tabulka 6. Vybrané parametry kvality skořápky v závislosti na věku nosnic a systému ustájení

	Parametr				
	Hmotnost (g)	Podíl (%)	Tloušťka (mm)	Pevnost (N.cm ⁻²)	Barva (%)
Věk nosnic (týdnů):					
24	6,19 ^e	10,12 ^{abc}	0,355 ^{bc}	43,19 ^{ab}	28,65 ^{cde}
28	6,33 ^{de}	10,41 ^a	0,358 ^{bc}	42,99 ^{ab}	25,83 ^f
32	6,81 ^{abc}	10,10 ^{abc}	0,361 ^{bc}	44,60 ^{ab}	27,65 ^{def}
36	6,50 ^{cde}	10,34 ^{ab}	0,380 ^a	47,37 ^a	27,64 ^{def}
40	6,62 ^{bcd}	10,18 ^{abc}	0,358 ^{bc}	45,26 ^{ab}	26,92 ^{ef}
44	6,32 ^{de}	10,38 ^a	0,363 ^{bc}	46,89 ^a	27,69 ^{def}
48	6,51 ^{cd}	9,89 ^{cd}	0,348 ^{bc}	42,89 ^{ab}	29,66 ^{bcd}
52	6,92 ^{ab}	9,59 ^d	0,347 ^c	40,98 ^b	32,21 ^a
56	7,07 ^a	9,64 ^d	0,363 ^b	40,56 ^b	31,72 ^{ab}
60	6,62 ^{bcd}	9,91 ^{bcd}	0,353 ^{bc}	41,26 ^b	30,68 ^{abc}
Systém ustájení:					
Klec	6,61	9,95 ^b	0,357	42,56 ^b	28,92 ^a
Voliéra	6,63	10,12 ^a	0,359	44,20 ^a	29,14 ^b
Průkaznost	V	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
	U	0,0773	0,0056	0,1527	0,0484
	V*U	0,0001	0,0001	0,0001	0,0201
S.E.M.	0,019	0,024	0,001	0,276	0,140

S.E.M. – Standard Error of Mean – střední chyba průměru; V – věk; U – systém ustájení; V*U – interakce věk a systém ustájení; ^{abcdef}Průměry parametru ve stejném sloupci označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší ($P \leq 0,05$).

Z výsledků tabulky 6 je dále zřejmé, že se zcela nepotvrzuje obecný trend zhoršování kvality skořápky s věkem nosnic, prostřednictvím její tloušťky. Tloušťka skořápky byla průkazně ($P \leq 0,0001$) ovlivněna věkem. Nejsilnější byla ve 36. týdnu věku (0,380 mm), naopak nejslabší v 52. týdnu věku (0,347 mm). Neprůkazné difference ($P = 0,1527$) byly zaznamenány u

vlivu systému ustájení. Silnější skořápka byla u vajec od slepic z voliér (+0,002 mm) oproti té u vajec od nosnic z klecového chovu. Byla zjištěna vzájemná interakce věku a systému ustájení ($P \leq 0,0001$). Předposledním sledovaným parametrem byla pevnost skořápky, která se s kolísáním snižovala s věkem nosnic ($P \leq 0,0001$). Nejpevnější skořápka byla ve 36 týdnech věku (+6,81 N.cm⁻²), naopak nejnižší v 56 týdnech věku. Průkazně ($P=0,0484$) pevnější skořápka byla u vajec od slepic z voliéry (44,20 N.cm⁻²), oproti těm z klecí (42,56 N.cm⁻²). Vzájemné působení věku a ustájení na pevnost skořápky bylo také statisticky významné ($P=0,0201$). Posledním ukazatelem kvality skořápky byla její barva, kdy byla průkazně ovlivněna jak věkem nosnic ($P \leq 0,0001$), systémem ustájení ($P \leq 0,0001$), tak byla zjištěna vzájemná interakce mezi sledovanými faktory ($P \leq 0,0001$). Přes četné výkyvy došlo k zesvětlení barvy skořápky vajec s věkem nosnic. Z hlediska systému ustájení byla světlejší skořápka u vajec od slepic z voliéry (+0,22 procentního bodu) v porovnání s vejci od slepic z klecového systému.

6 Diskuse

Hmotnost vejce byla v našem sledování průkazně ovlivněna věkem nosnic. Byly shledány výkyvy, hmotnost se s věkem nosnic zvyšovala do 32. týdne, poté se hmotnost snížila a od 48. týdne se postupně zvyšovala a maximální hmotnost byla zjištěna ve věku 56 týdnů. Lze tedy jen částečně potvrdit obecný trend, kdy se hmotnost vajec zvyšuje s věkem nosnic. Trend popisují Škrbić et al. (2011), kteří zjistili významnou korelaci mezi věkem a hmotností vejce. S ohledem na systém ustájení byla zjištěna těžší vejce u nosnic chovaných v obohacených klecích v porovnání s nosnicemi z voliér. To je v souladu s tvrzeními autorů Pištěkové a kol. (2006) a Jonesem et al. (2014), kteří zjistili, že, hmotnost byla vyšší u voliérových vajec ve srovnání s vejci od nosnic z klecí. S výsledky se ztotožňuje i Voslařová a kol. (2006). S tím nesouhlasí Guesdon a Faure (2004), kteří popisují opak, stejně tak Tauson et al. (1999). Hildago et al. (2008) uvádějí, že vejce z voliér měla o 3,3 g vyšší hmotnost, než vejce z klecového systému chovu. Výsledky Roufa et al. (2015) jsou v souladu se zjištěními Singha et al. (2009), Lewka a Gornowicze (2011) a Ahammeda a Ohha (2013), že vejce z podlahových systémů jsou těžší než vejce z klecí. Naopak Samiullah et al. (2014) uvádějí, že nejvyšší hmotnost vajec byla pozorována ve věku 65 týdnů u nosnic z obohacených klecí, u volného chovu již ve věku 45 týdnů. Celkově se hmotnost vajec s věkem nosnic zvyšovala a vejce od nosnic z klecí byla těžší. Ke stejným závěrům došli i Ahammed et al. (2014), kteří zjistili, že těžší vejce produkují nosnice z klecového systému. Van den Brand et al. (2004), dodávají, že s věkem nosnic se sice zvyšuje hmotnost vejce, ale bez ohledu na systém ustájení, což je v rozporu s našimi výsledky. Silversides a Villeneuve (1994) dodávají, že hmotnost vejce ovlivňuje hmotnost bílku a Haughovy jednotky, s tím souhlasí i Silversides et al. (1993). Joyner et al. (1987) konstatuje, že zvýšení hmotnosti vejce není doprovázeno procentuálním zvýšením podílu skořápky.

Z výsledků je patrné, že ve 36. týdnu věku byl index tvaru vejce průkazně nejvyšší. Z hlediska systému ustájení byl zjištěn ve voliérách signifikantně vyšší index tvaru vejce oproti vejcům od nosnic z klecového ustájení. To je v souladu se zjištěními autorů Mohana et al. (1991) a Periće et

al. (2016), kteří zjistili, že vejce z klecového systému ustájení měla nižší index tvaru vejce než vejce z voliér. S tímto souhlasí i Van den Brand et al., (2004). Ti také uvádějí, že nižší index vejce měla vejce z klecového chovu. To je v souladu s výsledky Škrbiće et al. (2011), že vejce z klecí mají spíše kulatý tvar oproti vejčitému tvaru vajec od nosnic z alternativních způsobů chovu. Naopak Đukić-Stojčić et al. (2009) zjistili vyšší index tvaru vejce u vajec od nosnic chovaných v obohacených klecích. Ahammed a Ohh (2013) popisují, že vliv ustájení na index tvaru vejce se neprokázal. Çicek-Rathert et al. (2011) popsali, že vztah mezi indexem tvaru vejce a indexem bílku má pozitivní korelaci.

Hmotnost žloutku byla v našem sledování prokazatelně nejnižší ve věku 28 týdnů a s věkem se hmotnost víceméně zvyšovala. Vyšší hmotnost žloutku byla zjištěna u vajec z voliér oproti vejcím od slepic chovaných v obohacených klecích, avšak neprůkazně. Van den Brand et al. (2004) zjistili, že bez ohledu na systém ustájení se s věkem hmotnost žloutku zvyšuje, s tímto souhlasí i Suk a Park (2001), Cherian (2008) a Koppenol et al. (2014). Shim et al. (2013) dodávají, že hmotnost žloutku se s věkem zvyšovala, nejvyšší byla v 60. týdnu věku. Renema et al. (2001) popsali, že nejvyšší hmotnost byla zjištěna ve věku 45 týdnů.

Procentuální podíl žloutku ve vejci se průkazně zvyšoval až do věku 44 týdnů, kdy dosáhl maximálního podílu. Poté se s věkem snižoval a nejnižší hodnota byla zjištěna v 56 týdnech. Vliv ustájení měl signifikantní vliv na procentuální podíl žloutku, vyšších hodnot bylo dosaženo u vajec od nosnic chovaných ve voliérovém systému. Şahan et al. (2014) uvádějí, že s věkem nosnice se zvyšuje procentuální podíl žloutku, to je v souladu s výsledky Koppenola et al. (2014). S autory souhlasí i Cherian (2008), kdy se podíl žloutku zvyšoval s věkem. Podíl žloutku má tendenci být vyšší u malých vajec na počátku snášky (Cook a Briggs, 1977). Shim et al. (2013) uvádějí, že procentuální podíl žloutku rostl až do 60. týdne věku, poté zase klesal.

Index žloutku byl průkazně ovlivněn věkem a nejvyšší hodnoty byly ve věku 24 týdnů, poté byl zaznamenán pokles a ve věku 32 týdnů opět nárůst a ke konci sledování opět pokles. Vliv ustájení na index žloutku nebyl prokázán, přesto měla vejce od nosnic z voliérového systému ustájení mírně vyšší hodnoty. Mohan et al. (1991) uvádějí, že vyšší index žloutku byl zjištěn

u volného systému ustájení. S našimi výsledky naopak nesouhlasí Lewko a Gornowitz (2011). Ti uvádějí, že vyšší index žloutku měla vejce od nosnic z klecového systému ustájení. Naopak Ahammed a Ohh (2013) nezjistili vliv ustájení na index žloutku. Koppenol et al. (2014) zjistili, že s věkem nosnic se index žloutku zvyšuje. Şekeroğlu et al. (2000) zjistili, že existuje vztah mezi indexem žloutku a jeho barvou.

Barva žloutku byla prokazatelně nejnižší ve věku 32 týdnů, poté hodnota kolísala a nejvyšší byla zjištěna ve věku 52 týdnů, následně byl žloutek opět světlejší. Vliv ustájení byl také prokázán, vejce od nosnic chovaných ve voliérovém systému měla tmavší barvu. Van den Brand et al. (2004) shledali tmavší barvu žloutku od vajec slepic u alternativního způsobu ustájení. Na druhou stranu Perić et al. (2016) uvádějí, že vejce z volného chovu, měla nejsvětlejší žloutek ze sledovaných typů ustájení. Výsledky Rossiho (2007) jsou zcela v nesouladu s našimi zjištěními, kdy tmavší barva žloutku byla shledána u vajec z klecového chovu, jsou však v souladu se zjištěními Sauveura a de Reviere (1988), kteří zjistili, že tmavší barva žloutku byla u vajec nosnic z klecových chovů, ale že výsledky mohou být ovlivněny výživou nosnic. To je v souladu se zjištěními Đukić-Stojčić et al. (2009). S našimi zjištěními nesouhlasí také výsledky Samiullaha et al. (2014), že barva žloutku byla tmavší u klecového chovu, ale souhlasí s tím, že barva žloutku se věkem částečně zvyšuje a nejtmavší žloutky byly ve vejcích nosnic ve věku 65 týdnů. Singh et al. (2009) také pozorovali kolísání barvy žloutku s věkem. Roberts (2004) uvádí, že preference různé barvy žloutku se liší v různých částech světa, ale na kvalitu vliv nemá.

Hmotnost bílku byla ovlivněna věkem nosnice, nejnižší hmotnost byla zjištěna ve 44. týdnu a nejvyšší až ke sklonku sledování v 56. týdnu. Vliv ustájení na hmotnost bílku zjištěn nebyl. Neprůkazně byla zjištěna vyšší hmotnost bílku u vajec od nosnic z klecového ustájení. Koppenol et al. (2014) uvádějí, že se hmotnost bílku zvyšuje s věkem slepic.

Procentuální podíl bílku s věkem kolísal, ale prokazatelně nejvyšší byl zjištěn v 56. týdnu věku. Vliv ustájení se také prokázal, signifikantně vyšší podíl bílku byl u vajec nosnic chovaných v obohacených klecích. Naše výsledky se shodují s Roufem et al. (2015), kteří uvádějí, že vejce z klecí mají vyšší podíl vaječných hmot. S tím souhlasí i Singh et al. (2009). Naopak

Jin a Craig (1988) konstatují, že systém ustájení nemá vliv na podíl vaječných hmot. Duman et al. (2016) dodávají, že vyšší podíl bílku zvětšuje objem vejce a zároveň jeho hmotnost, s čímž souhlasí Nangsuay et al. (2011).

Index bílku měl s věkem prokazatelnou klesající tendenci. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny ve věku 24 a 36 týdnů a nejnižší ve věku 56 týdnů. Vliv ustájení byl prokázán ve prospěch vajec od nosnic z klecového systému ustájení. Naše výsledky jsou v souladu s výsledky Đukić-Stojčić et al. (2009) a Lewka a Gornowitz (2011), kteří zjistili, že vejce od nosnic ustájených v klecovém systému mají vyšší index bílku oproti jiným systémům.

Haughovy jednotky byly signifikantně ovlivněny věkem nosnic. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny ve 36. týdnu a nejnižší hodnoty v 56. týdnu. U vajec od nosnic z klecí byly zjištěny vyšší Haughovy jednotky než u vajec od nosnic chovaných ve voliérovém systému ustájení. Van den Brand et al. (2004) uvádějí, že bez ohledu na systém ustájení klesá podíl bílku s věkem nosnic. To je v souladu s výsledky Robertse a Balla (2004), kteří také popisují, že s věkem nosnice klesá kvalita bílku. Vliv věku na Haughovy jednotky potvrdili Škrbić et al. (2011). Uvádějí, že vejce mladších nosnic mají vyšší hodnoty. S těmito závěry souhlasí i výsledky Samiullaha et al. (2014), že nejvyšší Haughovi jednotky byly zjištěny ve věku 25 týdnů a s věkem hejna vnitřní kvalita vejce klesá, to je v souladu i se staršími výsledky Pavlovskiho et al. (1997). Đukić-Stojčić et al. (2009) dodávají, že kromě věku má hlavní vliv na kvalitu bílku systém ustájení. Výsledky Guesdona a Faura (2004) jsou v souladu s našimi výsledky, kdy Haughovy jednotky byly vyšší u vajec od nosnic z klecového systému než u vajec od nosnic z voliérového ustájení. S tím souhlasí i Ahammed a Ohh (2013). Podobné výsledky uvádějí i Samiullah et al. (2014), že vyšší Haughovy jednotky byly zjištěny u vajec od nosnic z klecí. Obdobně Perić et al. (2015) zjistili, že Haughovy jednotky byly výrazně nižší u vajec z extenzivních chovů (voliéry, výběhy), to je v souladu s Hidalgem et al. (2008) a Šekeroğluem et al. (2010). Naopak výsledky Perić et al. (2016) dokazují, že vyšší hodnota Haughových jednotek byla zjištěna u vajec z volného chovu. Stadelman (1995) uvádí, že Haughovy jednotky souvisí s hmotností vejce.

Hmotnost skořápky v průběhu sledování spíše kolísala, ke konci sledování byla významně nejvyšší oproti hmotnosti ze začátku snášky. S věkem nosnic se hmotnost průkazně zvyšovala. Průkazný vliv ustájení na hmotnost skořápky nebyl zjištěn. Hmotnost skořápky vajec z klecového systému byla nižší v porovnání s vejci z voliér. Samiullah et al. (2014) potvrdili, že se hmotnost skořápky s věkem nosnic zvyšovala, nejtěžší skořápka byla u nosnic z klecového systému ve věku 65 týdnů, u volného chovu už ve věku 45 týdnů. Celkově byla těžší skořápka z klecových chovů, to ale není v souladu s našimi zjištěními. Renema et al. (2001) a Koppenol et al. (2014) také uvádějí, že se hmotnost skořápky s věkem nosnic zvyšovala. Naopak Cherian (2008) uvádí, že se hmotnost skořápky s věkem snižuje.

Procentuální podíl skořápky byl průkazně ovlivněn věkem nosnic i systémem ustájení. Procentuální podíl skořápky s mírnými výkyvy klesal od 28. týdne věku až do konce sledování a byl vyšší u vajec od nosnic z voliérového chovu v porovnání s vejci nosnic chovaných v obohacených klecích. Naše výsledky nejsou v souladu se Samiullahem et al. (2014), kteří zjistili, že procentuální podíl skořápky byl nižší u vajec slepic z volného chovu než u vajec z klecového systému ustájení. To je v rozporu Hildagem et al. (2008), kteří uvádějí že, vyšší procentuální podíl skořápky byl pozorován u vajec od slepic z klecí, vejce od slepic z alternativních systémů chovů měla podíl nižší. Koppenol et al. (2014) uvádějí, že s věkem se procentuální podíl skořápky snižuje. S tím souhlasí i Cherian (2008). Ten zjistil, že nejnižší podíl skořápky byl v 62 týdnech věku. K podobným závěrům došli i Renema et al. (2001).

Dalším sledovaným parametrem kvality skořápky je její tloušťka. Tloušťka skořápky byla průkazně ovlivněna věkem. Nejsilnější byla ve 36. týdnu věku, naopak nejslabší v 52. týdnu věku. Byly zaznamenány neprůkazné difference u vlivu systému ustájení, ale silnější skořápka byla u vajec z voliér oproti té u vajec od nosnic z klecového chovu. Z našich výsledků je zřejmé, že se zcela nepotvrzuje obecný trend zhoršování kvality skořápky s věkem nosnic, daný její tloušťkou. Ahammed a Ohh (2013) zjistili, že systém ustájení nemá vliv na tloušťku skořápky. Jejich výsledky avšak nejsou v souladu s Mohanem et al. (1991) a Perićem et al. (2015), kteří zjistili, že vejce od slepic z volného chovu měla silnější skořápku ve srovnání s vejci od

nosnic z klecového chovu. S tím, ale nesouhlasí Hildago et al. (2008). Ti uvádějí, že vaječná skořápka nosnic chovaných v klecích byla silnější a oproti vejším z ostatních chovů, toto zjištění potvrzují i Pištěková a kol. (2006) a Samiullah et al. (2014). Samiullah et al. (2014) nepotvrdili trend s věkem klesající tloušťky skořápky, protože nejsilnější skořápka byla zjištěna ve věku 65 týdnů. Van den Brand et al. (2004) dodávají, že tloušťka skořápky se s věkem ani systémem ustájení nelišila.

Pevnost skořápky se s kolísáním snižovala s věkem nosnic. Nejpevnější skořápka byla ve 36. týdnu věku, naopak nejnižší v 56. týdnu věku. Průkazně pevnější skořápka byla u vajec od nosnic z voliéry oproti těm z klecového chovu. Ahammed a Ohh (2013) uvádějí, že nebyla zjištěna rozdílná pevnost skořápky mezi oběma ustájeními. Naopak naše zjištěné výsledky se shodují s tvrzením Mertense et al. (2006), že vyšší procento křapů bylo z klecového chovu, z důvodu nižší pevnosti skořápky. Samiullah et al. (2014) popsali, že nejvyšší pevnost skořápky byla pozorována u vajec nosnic z klecového systému ustájení ve věku 35 týdnů, u volného chovu až ve věku 45 týdnů. Samiullah et al. (2014) dodává, že pevnější skořápku měla vejce od nosnic z volného chovu, s tím souhlasí i Jones et al. (2014) kteří uvádějí, že vyšší pevnost skořápky byla zjištěna u vajec z voliér. Ke stejným závěrům došli i Rouf et al. (2015). Perić et al. (2016) dodávají, že vyšší pevnost skořápky vajec od nosnic z voliérového chovu byla zřejmě dána tím, že nosnice měly přístup k vápníku z vnějších zdrojů. Van den Brand et al. (2004) uvádějí, že kvalita skořápky se snižuje s věkem nosnic. Anderson et al. (2004) dodávají, že pevnost skořápky a její tloušťka mají vysokou pozitivní korelaci.

Neméně důležitým ukazatelem kvality skořápky je její barva, ta byla průkazně ovlivněna jak věkem nosnic, tak systémem ustájení. Přes četné výkyvy došlo k zesvětlení barvy skořápky s věkem nosnic. Z hlediska systému ustájení byla světlejší skořápka u vajec od slepic z voliéry v porovnání s vejci od slepic z klecového systému. S naším tvrzením nesouhlasí Van Den Brand et al. (2004), kteří uvádějí, že tmavší skořápku měla vejce od slepic z voliérového systému ustájení. Samiullah et al. (2016) zjistili, že vejce z klecového chovu měla tmavší skořápku. S tím nesouhlasí Đukić-Stojčić et al. (2009), protože z jejich výsledků vyplývá, že vejce od nosnic z obohacených klecí byla světlejší. Şekeroğlu et al. (2010) nezjistili žádný

rozdíl mezi kvalitou skořápky vajec z různých chovů. Výsledky Ayguna et al. (2014) ukazují, že lehčí skořápky jsou světlejší, s tím souhlasí Yang et al. (2009). Ti zaznamenali, že tmavší skořápka byla u vajec s vyšší hmotností. To je ale v rozporu s tvrzením Odabasiho et al. (2007), že světlejší barva skořápky souvisí s rostoucí velikostí vejce. Şekeroğlu a Duman (2011) dodávají, že tmavší skořápka je pevnější. Hnědá barva skořápky pozitivně koreluje s určitými vlastnostmi, jako je tloušťka skořápky a lepší schopnost líhnutí. Spotřebitelé věnují barvě skořápky větší pozornost než je třeba, není totiž žádný přímý vliv mezi barvou skořápky a obsahem živin ve vejci (Scott a Silversides, 2000).

7 Závěr

Na kvalitu vajec lze nahlížet několika způsoby, hodnotí se mikrobiální kontaminace, nutriční hodnota vajec nebo technologická hodnota. Mikrobiální kontaminace dosahuje daleko vyšší míry u alternativních systémů chovu v porovnání s odsuzovaným klecovým chovem. Nutriční hodnotu vajec lze jednoduše ovlivnit složkami krmiva nosnic. Cílem diplomové práce bylo zjistit, zda se liší technologická hodnota vajec v různých systémech ustájení v závislosti na věku slepic Lohmann Brown - Lite. Porovnávanými systémy byly obohacené klece a voliérové ustájení. Vliv věku slepic na kvalitu vajec byl průkazně potvrzen u všech hodnocených parametrů. Vliv různých typů ustájení na technologickou hodnotu vajec se signifikantně prokázala u indexu tvaru vejce, procentuálního podílu žloutku, barvy žloutku, podílu skořápky, pevnosti skořápky a barvy skořápky ve prospěch vajec od nosnic chovaných ve voliérovému systému ustájení. Parametry jako podíl bílku, index bílku a Haughovy jednotky byly zjištěny prokazatelně lepší u vajec od slepic ustájených v obohacených klecích. Hmotnost vejce, index žloutku, hmotnost žloutku a hmotnost bílku nebyly naopak průkazně ovlivněny systémem ustájení.

Kvalita vajec je jinak vnímána z hlediska producenta či obchodníka a jiným okem jí posuzuje spotřebitel. Pro producenty a obchodníky je nejdůležitější hmotnost vejce a pevnost skořápky. V tomto směru jsou tedy vhodnější vejce z voliér především díky své vyšší pevnosti skořápky, vyššímu indexu tvaru vejce. Vejce nosnic chovaných v klecích měla naopak vyšší podíl bílku, index bílku a Haughovy jednotky, kdy se kvalita vajec posuzuje právě především podle parametrů bílku. Lze tedy obecně shrnout, že vejce od slepic z voliérového systému ustájení jsou vhodnější z hlediska manipulace, přepravy a distribuce. Vejce od nosnic chovaných v obohacených klecích mají kvalitnější bílek. Většina spotřebitelů není seznámena s ukazateli pro hodnocení kvality vajec a například v Americe je zastáván názor, že vejce s hnědou skořápkou musí být rozhodně od slepic chovaných v alternativních systémech ustájení, a že mají vyšší obsah mastných kyselin. Český spotřebitel se orientuje především na barvu žloutku, která ovšem neznačí žádné nutriční výhody a lze ji ovlivnit výživou. Spotřebitel se také zajímá o systém ustájení

s představou, že pokud mají slepice možnost volného pohybu, jejich vejce jsou nějakým způsobem lepší, přitom vejce z voliér mají například vyšší podíl žloutku. Naše sledování prokázalo, že hlavní parametry jako je hmotnost vejce, hmotnost žloutku a hmotnost bílku nelze ovlivnit systémem ustájení a hlavní ukazatel kvality bílku, tedy Haughovy jednotky byly shledány vyšší u vajec od slepic chovaných v obohacených klecích. Je nutné si však uvědomit, že faktory ovlivňující kvalitu vajec nepůsobí samostatně, ale ve vzájemných interakcích mezi sebou. Například hmotnost vejce není ovlivněna pouze věkem nosnice ale i jejím genotypem. Na podíl bílku nemá vliv pouze věk nosnice ale i doba skladování. Barva žloutku je dána především výživou a věkem nosnice a kvalitu skořápky lze ovlivnit výběrem správného genotypu či kvalitou krmiva a podmínkami ustájení.

8 Seznam použité literatury

Abdelqader, A., Al-Fataftah, A. R., Das, G. 2013. Effects of dietary *Bacillus subtilis* and inulin supplementation on performance, eggshell quality, intestinal morphology and microflora composition of laying hens in the late phase of production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 179. 103–11.

Abrahamsson, P., Tauson, R., Elwinger, K. 1996. Effects on production, health and egg quality of varying proportions of wheat and barley in diets for two hybrids of laying hens kept in different housing systems. *Acta Agric. Scand. Anim. Sci.* 46. 173–182.

Ahammed, M., Chae, B. J., Lohakare, J., Keohavong, B., Lee, M. H., Lee, S. J., Kim, D. M., Lee, J. Y., Ohh, S. J. 2014. Comparison of Aviary, Barn and Conventional cage raising of Chickens on Laying Performance and Egg Quality. *Asia-Australasian Journal of Animal Science.* 27. 1196-1203.

Ahammed, M., Ohh, S. J. 2013. Effects of Housing Systems – Barn vs Cage on the First Phase Egg Production and Egg Quality Traits of Laying Pullet. *Korea Journal of Poultry Science.* 40. 67-73.

Ahmadi, F., Rahimi, F. 2011. Factors affecting quality and quantity of egg production in laying hens: a review. *World Applied Sciences Journal.* 12. 372-384.

Anderson, K. E. 2013. Comparison of fatty acid, cholesterol, vitamin A and E composition, and trans fats in eggs from brown and white egg strains that were molted on nonmolted. *Poultry Science.* 92. 3259-3265.

Anonym. 1999. Směrnice Evropské komise 1999/74/EC.

Anonym. 2002. WHO FAO, World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2002. Risk assessments of *Salmonella* in eggs and broiler chickens, an interpretative summary. *Microbiological Risk Assessment Series* 1.

Anonym. 2004. Vyhláška č. 208/2004 Sb. o minimálních standardech pro ochranu nosnic v alternativních systémech chovu a v obohacených klecích.

Anonym. 2017. <http://www.lohmanngb.co.uk/lohmann-brown-lite>.

Arthur, J. A., O'Sullivan, N. 2005. Breeding chickens to meet egg quality needs. *Int. Hatchery Pract.* 19. 7–9.

- Aygun, A. 2014. The relationship between eggshell colour and egg quality traits in table eggs. *Indian J. Anim. Res.* 48. 290-294.
- Bain, M. M., MacLeod, N., Thomson, R., Hancock, J. W. 2006. Microcracks in eggs. *Poultry Science.* 85. 2001–2008.
- Balnave, D., Yoselewitz, I. 1987. The relation between sodium chloride concentration in drinking water and eggshell damage. *The British Journal of Nutrition.* 558. 503-508.
- Bar, A., Razaphkovsky, V., Vax, E. 2002. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements in aged in laying hens. *British Poultry Science.* 43. 261-269.
- Barrow, P. A., Lovell, M. A. 1991. Experimental infection of egg-laying hens with *Salmonella Enteritidis* phage type 4. *Avian Pathology.* 20. 335–348.
- Basmacioglu, H., Ergül, M. 2005. Research on the factors affecting cholesterol content and some other characteristics of eggs in laying hens. The effect of genotype and rearing system. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 29. 157-164.
- Blokhuis, H. J., Van Fiks Niekerk, T., Bessei, W., Elson, A., Guemene, D., Kjaer, J. B. M., Levrino, G. A., Tauson, R., Nicol C. J., Weeks, C. A., Van De Weerd, H. A. 2007. The LayWel project: Welfare implications of changes in production systems for laying hens. *Poultry Science.* 63. 101–114.
- Boorman, K. N., Gunaratne, S. P. 2001. Dietary phosphorus supply, egg-shell deposition and plasma inorganic phosphorus in laying hens. *British Poultry Science.* 42. 81-91.
- Burley, R. W., Vadehra D. V. 1989. The egg shell and shell membranes: properties and synthesis. *The Avian Egg, Chemistry and Biology.* John Wiley. New York. 25-64.
- Butcher, G. D., Miles, R. D. 2003. Factors causing poor pigmentation of brown-shelled eggs. University of Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agriculture Sciences. EDIS.
- Çicek-Rathert, T., Ückardes, F., Narinc, D., Aksoy, T. 2011. Comparison of principal component regression with the least square method in prediction of internal egg quality characteristics in Japanese quails. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.* 17. 687-692.

Collins, C. I. I., Patricia, M. I., Grange, J. M. 1989. Microbiological Methods 6th Edition. Butterworth. 129 – 134. 214– 215.

Cook, F., Briggs, G. M. 1977. Nutritive value of eggs. Pages 92–108. In: Egg Science and Technology. W. J. Stadelman and O. J. Cotterill, ed. AVI Publishing Co. Westport. CT.

Cunningham, F., Proctor, V., Goetsch, S. 1991. Egg-white lysozyme as a food preservative: An overview. World's Poultry Science Journal. 47. 141-163.

Daghir, N. J. 1995. Replacement Pullet and Layer Feeding and Management in Hot Climates. In: Poultry Production in Hot Climates, CAB International. University Press. Cambridge. 219-235.

Davies, R., Breslin, M. 2003. Observations on Salmonella contamination of commercial laying farms before and after cleaning and disinfection. Vet. Rec. 152. 283–287.

De Reu, K., Messens, W., Heyndricks, M., Rodenburg, T. B., Uyttendaele, M., Herman, L. 2008. Bacterial contamination of table eggs and the influence of housing systems. World's Poultry Science. J. 64. 5–19.

Đukić-Stojčić, M., Perić, L., Bjedov, S., Milošević, N. 2009. The quality of table eggs produced in different housing systems. Biotechnology in Animal Husbandry. 25 (5-6). 1103-1108.

Duman, M., Şekeroğlu, A., Yıldırım, A., Eleroğlu, H., Camci, Ö. 2016. Relation between egg shape index and egg quality characteristics. Europ. Poultry Science. 80. ISSN 1612-9199.

Dvořák, P., Straková, E., Kunová, J., Kunová, V. 2007. Egg yolk colour depends upon the composition of the feeding mixture for laying hens. Acta Vet. Brno. 76. 121–127.

Fredriksson, S., Elwinger, K., Pickova, J. 2006. Fatty acid and carotenoid composition of egg yolk as an effect of microalgae addition to feed formula for laying hens. Food chemistry. 99. 530-537.

Eke, M. O., Olaitan, N. I., Ochefu, J. H. 2013. Effect of Storage Conditions on the Quality Attributes of Shell (Table) Eggs. NIFOJ. 31. 18-24.

Figueiredo, T. C., Viegas, R. P., Lara, L. J. C., Baião, N. C., Souza, M. R., Heneine, L. G. D., Cançado, S. V. 2013. Bioactive amines and internal quality of commercial eggs. Poultry Science. 92. 1376-1384.

Garner, J. P., Kiess, A.S., Mench, J. A., Newberry, R. C., Hester, P. Y. 2012. The effect of cage and house design on egg production and egg weight of White Leghorn hens: An epidemiological study. *Poultry Science*. 91. 1522-1535.

Gassmann, M., Thömmes, P., Weiser, T., Hübscher, U. 1990. Efficient production of chicken egg yolk antibodies against a conserved mammalian protein. *The FASEB Journal*. 4. 2528-2532.

Glatz, P. C. 1993. Cool drinking water for layers and broilers in summer. *Proceedings of the 3th Australian Poultry and Feed Convention*. Gold Coast. Australia. 202-205.

Groot Koerkamp, P. W. G., Speelman, L., Metz, J. H. M. 1998. Litter composition and Ammonia emission in aviary houses for laying hens. Part 1: Performance of a litter drying system. *J. Agric. Engng. Res.* 70. 375-382.

Guesdon, V., Faure, J. M. 2004. Laying performance and egg quality in hens kept in standard or furnished cages. *Anim. Res.* 53. 45-57.

Guinebretière, M., Huneau-Salaün, A., Huonnic, D., Michel, V. 2012. Cage hygiene, laying location, and egg quality: The effects of lining and litter provision in furnished cages for laying hens. *Poultry Science*. 91. 808-816.

Halaj, M. Golian, J. 2011. *Vajce biologické, technické a potravinárske využitie*. Garmond. Nitra. 224 stran. ISBN: 9788089148707.

Hammershøj, M., Steinfeldt, S. 2015. Organic egg production. II: The quality of organic eggs is influenced by hen genotype, diet and forage material analyzed by physical parameters, functional properties and sensory evaluation. *Anim. Feed Sci. and Technology*. 208. 182-197.

Hannah, J. F., Wilson, J. L., Cox, N. A., Cason, J. A., Bourassa, D. V., Musgrove, M. T. 2011. Comparison of shell bacteria from unwashed and washed table eggs harvested from caged laying hens and cage-free floor-housed laying hens. *Poultry Science*. 90. 1586-1593.

Hartmann, C., Johansson, K., Strandberg, E., Wilhelmson, M. 2000. One-generation divergent selection on large and small yolk proportions in a white Leghorn line. *Br. Poultry Science*. 41. 280-286.

Hayes, M. D., Xin, H., Li, H., Shepherd, T. A., Zhao, Y., Stinn, J. 2013. Ammonia, greenhouse gas, and particulate matter emissions of aviary layer houses in the midwestern United State. *Trans. ASABE*. 56. 1921–1932.

Hildago, A., Rossi, M., Cleric, F., Ratti, S. 2008. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. *Food Chemistry*. 106. 1031-1038.

Holt, P. S., Davies, R. H., Dewulf, J., Gast, R. K., Huwe, J. K., Jones, D. R., Waltman, D., Willian, K. R. 2011. The impact of different housing systems on egg safety and quality. *Poultry Science*. 90. 251–262.

Hooge, D. M. 2007. *Bacillus subtilis* spores improve brown egg colour. *World Poultry*. 23. 14–15.

Howard, Z. R., Moore, R. W., Zabala-Diaz, I. B., Kim, W. K., Birkhold, S. G., Byrd, J. A., Kubena, L. F., Nisbet, D. J., Ricke, S. C. 2007. Inoculation of a poultry isolate *Salmonella Enteritidis* on egg vitelline membrane: Survival and growth in egg components after different refrigeration storage times. *American Journal of Agricultural and Biological Science*. 2. 123–129.

Hughes, B. O., Dun, P., McCorquodale, C. C. 1985. Shell strength of eggs from medium-bodied hybrid hens housed in cages or on range in outside pens. *Br. Poultry Science*. 26. 129–136.

Humphrey, T. J. 1994. Contamination of eggshell and contents with *Salmonella Enteritidis*: a review. *International Journal of Food Microbiology*. 21. 31–40.

Hurwitz, S. 1987. Effect of nutrition on egg quality. In: *Egg Quality Current Problems and Recent Advances*. 235-254. Eds. Wells, R. G. Belyavin, C. G. Poultry Symposium Number Twenty, Butterworths. London. Boston. 235-254.

Cherian, G. 2008. Egg quality and yolk polyunsaturated fatty acid status in relation to broiler breeder hen age and dietary n-3 oils. *Poultry Science*. 87. 1131-1137.

Chowdhury, S. R., Smith, T. K. 2001. Effects of dietary 1,4-diaminobutane (putrescine) on eggshell quality and laying performance of older hens. *Poultry Science*. 80. 1208-1214.

Ishikawa, S. I., Suzuki, K., Fukuda, E., Arihara, K., Yamamoto, Y., Mukai, T., Itoh, M. 2010. Photodynamic antimicrobial activity of avian eggshell pigments. *FEBS Lett.* 584. 770–774.

Jacob, J. P., Miles, R. D., Mather, F. B. 2011. Egg quality. This document is PS24, one of a series of the Animal Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.

Jiang, Z., Ahn, D. U., Sim, J. S. 1991. Effects of feeding flax and two types of sunflower seeds on fatty acid compositions of yolk lipid classes. *Poultry Science.* 70. 2467–2475.

Jin, L., Craig, J. V. 1988. Some effects of cage and floor rearing on Commercial White Leghorn Pullets during growth and first year of egg production. *Poultry Science.* 67. 1400-1406.

Jones, D. R., Karcher, D. M., Abdo, Z. 2014. Effect of a commercial housing system on egg quality during extended storage. *Poultry Science* 93. 1282–1288.

Joyner, C. J., Peddie, M. J., Taylor, T. G. 1987. The effect of age on egg production in the domestic hen. *General and Comparative Endocrinology.* 65. 331-336.

Karadas, F., Grammenidis, E., Suria, P. F., Acamovic, T., Sparks, N. H. 2006. Effects of carotenoids from lucerne, marigold and tomato on egg yolk pigmentation and carotenoid composition. *Br. Poultry Science.* 47. 561–6.

Karcher, M. D., Jones, D. R., Abdo, Z., Zhao, Y., Shepherd, T. A., Xin, H. 2015. Impact of commercial housing system and nutrient and energy intake on laying hen performance and egg quality parameters. *Poultry Science.* 94. 485-501.

Keller, L. H., Benson, C. E., Krotec, K., Eckroade, R. J. 1995. *Salmonella Enteritidis* colonization of the reproductive tract and forming and freshly laid eggs of chickens. *Infection and Immunity.* 63. 2443–2449.

Keener, K. M., LaCrosse, J. D., Curtis, P. A., Anderson, K. E., Farkas, B. E. 2000. The influence of rapid air cooling and carbon dioxide cooling and subsequent storage in air and carbon dioxide on shell egg quality. *Poultry Science.* 79. 1067-1070.

Kinde, H., Shivaprasad, H. L., Daft, B. M., Read, D. H., Ardans, A., Breitmeyer, R., Rajashekara, G., Nagaraja, K. V., Gardner, I. A. 2000. Pathologic and bacteriologic findings in 27-week-old commercial laying hens experimentally infected with *Salmonella enteritidis*, phage type 4. *Avian Dis.* 44. 239–248.

Kirunda, D. F. K., McKee, S. R. 2000. Relating quality characteristics of aged eggs and fresh eggs to vitelline membrane strength as determined by a texture analyzer. *Poultry Science.* 79. 1189-1193.

Knierim, U. 2006. Animal welfare aspects of outdoor runs for laying hens: a review. *NJAS.* 54. 135-145.

Koppenol, A., Delezie, E., Aerts, J., Willems, E., Wang, Y., Franssens, L., Everaert, N., Buyse, J. 2014. Effect of the ratio of dietary n-3 fatty acid eicosapentaenoic acid and dokosahexaenoic acid in broiler breeder performance, egg quality, and yolk fatty acid composition at different breeder ages. *Poultry Science.* 93. 564-573.

Košář, K., Navarová, H., Procházka, D. 2004. Zásady welfare a nové standardy EU v chovu drůbeže. Monografie VÚŽV. Praha- Uhřetěves. 10-30.

Kljak, K., Drdić, M., Karolyi, D., Grběsa, D. 2012. Pigmentation efficiency of Croatia corn hybrids in egg production. *Croat. J. Food Technol. Biotechnol. Nutr.* 7. 23–7.

Krawczyk, M., Przywitowski, M., Mikulski, D. 2015. Effect of yellow lupine (*L. luteus*) on the egg yolk fatty acid profile, the physiochemical and sensory properties of eggs, and laying hens performance. *Poultry Science.* 94. 1360-1367.

Kristensen, H. H., Wathes, C. M. 2000. Ammonia and poultry welfare: A review. *World's Poultry Science. J.* 56. 235–245.

Kurilich, A. C., Juvik, J. A. 1999. Quantification of carotenoid and tocopherols antioxidants in *Zea mays*. *J. Agri. Food Chem.* 47. 1948–55.

Lay, D. C., Fulton, R. M., Hester, P. Y., Karcher, D. M., Kjaer, J. B., Mench, J. A., Mullens, B. A., Newberry, R. C., Nicol, C. J., O'Sullivan, N. P., Porter, R. E. 2011. Hen welfare in different housing systems. *Poultry Science.* 90. 278–294.

Ledur, M. C., Liljedahl, L. E., McMillan, I., Asselstine, L., Fairfull, R. W. 2002. Genetic effects of aging on egg quality traits in the first laying

cycle of White Leghorn strains and strain crosses. *Poultry Science*. 81. 1439-1447.

Ledvinka, Z., Tůmová, E., Štolc, L. 2008. Užítkovost nosnic a kvalita vajec v různých systémech chovu: Metodika pro praxi; Výstup z řešení výzkumného záměru MŠMT MSM 6046070901. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 9878021318311. 24 stran.

Lentfer, T. L., Gebhardt-Henrich, S. G., Fröhlich, E. K. F., von Borell, E. 2011. Influence of nest site on the behaviour of laying hens. *Applied Animal Behaviour Science*. 135. 70-77.

Leyendecker, M., Hamann, H., Hartung, J., Kamphues, J., Ring, C., Glunder, G., Ahlers, C., Sander, I., Neumann, U., Distl, O. 2001. Analysis of genotype-environment interactions between layer lines and housing systems for performance traits, egg quality and bone breaking strength – 1st communication: Performance traits. *Zuchtungskunde*. 73. 290-307.

Lewko, L., Gornowitz, E. 2011. Effect housing system on egg quality in laying hens. *An. Anim. Sci.* 11. 607-616.

Liljedahl, L. E., Gavora, J. S., Fairfull, R. W., Gowe, R. S. 1984. Age changes in genetic and environmental variation in laying hens. *Theor. Appl. Genet.* 67. 391-401.

Lister, S. A. 1988. Salmonella Enteritidis infection in broilers and broiler breeders. *The Veterinary Record*. 123. 350.

Mabe, I., Rapp, C., Bain, M. M., Nys, Y. 2003. Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. *Poultry Science*. 82. 1902-1903.

Mertens, K., Bamelis, F., Kemps, B., Kamers, B., Verhoelst, E. De Ketelaere, B., Bain, M., Decuyper, E., De Baerdemaeker, J. 2006. Monitoring of eggshell breakage and eggshell strength in different production chains of consumption eggs. *Poultry Science*. 85. 1670-1677.

Messens, W., Dubocage, L., Grijspeerdt, K., Heyndrickx, M., Herman, L., 2004. Growth of Salmonella serovars in hens egg albumen as affected by storage prior to inoculation. *Food Microbiol.* 21. 25-32.

Messens, W., Grijspeerdt, K., Herman, L. 2005. Eggshell characteristics and penetration by *Salmonella enterica* serovar Enteritidis through the production period of a layer flock. *Br. Poultry Science*. 46. 694–700.

Miyamoto, T., Baba, E., Tanaka, T., Sasai, K., Fukata, T., Arakawa, A. 1997. *Salmonella* Enteritidis contamination of eggs from hens inoculated by vaginal, cloacal, and intravenous routes. *Avian Diseases*. 41. 296–303.

Miyamoto, T., Horie, T., Baba, E., Sasai, K., Fukata, T., Arakawa, A. 1998. *Salmonella* penetration through eggshell associated with freshness of laid eggs and refrigeration. *Journal of Food Protection*. 61. 350–353.

Mohan, B., Mani, V., Nagarazan, S. 1991. Effect of different housing systems on the physical qualities of commercial chicken eggs. *Ind. J. Poultry Science*. 26. 30-131.

Mónus, F., Barta, Z. 2005. Repeatability analysis of egg shape in a wild tree Sparrow (*passer montanus*) population: a sensitive method for egg shape description. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. 51. 151-162.

Nangsuay, A., Ruangpanit, Y., Meijerhof, R., Attamangkune, S. 2011. Yolk absorption and embryo development of small and large eggs originating from young and older breeder hens. *Poultry Science*. 90. 2648–2655.

Nedomova, S., Severa, L., Buchar, J. 2009. Influence of hen egg shape on eggshell compressive strength. *Int. Agrophysics*. 23. 249-256.

Nys, Y., Bain, M., Van Immerseel, F. 2011. Improving the Safety and Quality of eggs and eggs products: Egg chemistry, production, and consumption. Elsevier. 632 stran. ISBN 0857093916.

Nys, Y., Hincke, M. T., Arias, J. L., Garcia-Ruiz, J. M., Solomon, S. E. 1999. Avian eggshell mineralization. *Avian and Poultry Biology reviews*. 10. 143-166.

Nys, Y., Gautron, J., Garcia-Ruiz, J. M., Hincke, M. T. 2004. Avian eggshell mineralization: biochemical and functional characterization of matrix proteins. *Comptes Rendus Palevol*. 3. 549-562.

Odabasi, A. Z., Miles, R. D., Balaban, M. O., Portier. K. M. 2007. Changes in brown eggshell colour as the hen ages. *Poultry Science*. 86. 356–363.

Okamura, M., Kamijima, Y., Miyamoto, T., Tani, H., Sasai, K., Baba, E. 2001. Differences among six *Salmonella* serovars in abilities to colonize

reproductive organs and to contaminate eggs in laying hens. *Avian Diseases*. 45. 61–69.

Olobatoke, R. Y., Mulugeta, S. D. 2011. Effect of dietary garlic powder on layer performance, fecal bacterial load, and egg quality. *Poultry Science*. 90. 665-670.

Onbasilar, T. E. E., Aksoy, F. T. 2005. Stress parameters and immune response of layers under different cage floor and density conditions. *Livest. Prod. Sci.* 95. 255-263.

Pavlovski, Z., Cmiljanić, R., Hopić, S., Vračar, S. 1997. Promene u kvalitetu jaja u zavisnosti od starosti kokoši i sprata baterije. *Biotehnologija u stočarstvu*. 13. 1-2. 43-50.

Pavlovski, Z., Lukić, M., Škrbić, Z. 2002. Uticaj sistema držanja kokoši nosilja na kvalitet i neškodljivost konzumnih jaja. *Biotehnologija u stočarstvu*. 5-6. 121-127.

Parisi, M. A., Northcutt, J. K., Smith, D. P., Steinberg, E. L., Dawson, P. L. 2015. Microbiological contamination of shell eggs produced in conventional and free-range housing systems. *Food Control*. 47. 161-165.

Perić, L., Đukić-Stojčić, M., Bjendov, S. 2016. Effect of production systems on quality and chemical composition of table eggs. *Contemporary Agriculture*. 65. 27-31.

Perić, L., Đukić-Stojčić, M., Milošević, N., Bjendov, S. 2015. Effects of different housing systems on quality of table eggs. *Proceedings of the 4th International Congress New Perspectives and Challenges of Sustainable Livestock Production*. October 7 – 9. 558-564.

Pingel, H., Jeroch, H. 1997. Egg quality as influenced by genetic, management and nutritional factors. *Proceedings of the VII European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products Poznan, Poland*. 13-27.

Pišťeková, V., Hovorka, M., Večerek, V., Straková, E., Suchý, P. 2006. The quality comparison of eggs laid by laying hens kept in battery cages and in a deep litter system. *Czech J. Anim. Sci.* 51. 318–325.

Renema, R. A., Robinson, F. E., Fedders, J. J. R., Fasenko, G. M., Zuidhoft, M. J. 2001. Effects of light intensity from photostimulation in four strains of commercial egg layers: 2. Egg production parameters. *Poultry Science*. 80. 1121-1131.

Roberts, J. R. 2004. Factors affecting egg internal quality. *J. Poultry Science*. 41. 161-177.

Roberts, J. R., Ball, W. 2004. Egg quality guidelines for the Australian egg industry. Australian Egg Corporation Limited Publication. 03/19. 32.

Rossi, M. 2007. Influence of the laying hen housing systems on table egg characteristics. Proceedings XVIII European Symposium on the Quality of Poultry Meat and XII European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products. Prague. 49-51.

Rouf, M. G., Ahammed, M., Ahammad, M. U., Rahman, M. R. 2015. Effects of cage and barn rearing system on early laying performance of pullet. *Bang. J. Anim. Sci.* 44. 151-156.

Şahan, U., Ipeek, A., Sozcu, A. 2014. Yolk sac fatty acid composition, yolk absorption, embryo development, and chick quality during incubation in eggs from young and older broiler breeders. *Poultry Science*. 93. 2069-2077.

Saki, A. A., Zamani, P., Rahmati, M., Mahmoudi, H. 2012. The effect of cage density on laying hen performance, egg quality, and excreta minerals. *J. Appl. Poult. Res.* 21. 467-475.

Samiullah, S., Omar, A. S., Roberts, J. R., Chousalkar, K. 2016. Effect of production system and flock age on egg quality. 27th Annual Australian Poultry Science Symposium.

Samiullah, S., Roberts, J. R., Chousalkar, K. K. 2014. Effect of production system and flock age on egg quality and total bacterial load in commercial laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 23. 59-70.

Samli, H. E., Agma, A., Senkoylu, N. 2005. Effect of storage time and temperature on egg quality in old laying hen. *J. Appl. Poult. Res.* 14. 548-553.

Sarica, M., Erensayin, C. 2009. Poultry Products. In: Turkoroglu, M., Sarica, M. *Poultry Science 2009*. Bey-Ofset. Ankara. Turkey. 89-138.

Sauveur, B., de Reviers, M. D. 1988. Reproduction and egg production in poultry. *Reproduction des volailles et production d'oeufs*. Paris. INRA

Scott, T. A., Silversides, F. G. 2000. The effect of storage and strain hen on egg quality. *Poultry Science*. 79. 1725-1729.

Şekeroğlu, A., Duman, M. 2011. Effect of eggshell colour of broiler parent stocks on hatching results, chickens performance, carcass

characteristics, internal organ weights and some stress indicators. Kafkas Univ. Vet. Fak. 17. 837–842.

Şekeroğlu, A., Kayaalp, G. T., Sarica, M. 2000. The Regression and correlation analysis on egg parameters in Denizli poultry. Journal of Agricultural Faculty. Cukurova University. 15. 69-74.

Şekeroğlu, A., Sarica, M., Demir, E., Ulutas, Z., Tilki, M., Saatci, M., Omed, H. 2010. Effects of different housing systems on some performance traits and egg qualities of laying hens. Journal of Animal and Veterinary Advances. 9. 1379-1744.

Schade, R., Gutierrez Calzado, E., Sarmiento, R., Anibal Chacana, P., Porankiewicz-Asplund, J., Raul Terzolo, H. 2005. Chicken Egg Yolk Antibodies (IgY technology): A Review of Progress in Production and Use in Research and Human and Veterinary Medicine. ATLA. 33. 1-26.

Shenstone, F. S. 1968. The gross composition, chemistry, and physical-chemical basis organization of the yolk and white. Pages 89–103 in Egg Quality: A Study of the Hen's Egg. T. C. Carter, ed. Oliver and Boyd. Edinburgh. UK.

Shim, M. Y., Song, E., Billard, L., Aggrey, S. E., Pesti, G. M., Sodsee, P. 2013. Effect of balanced dietary protein levels on egg production and egg quality parameters of individual commercial layers. Poultry Science. 94. 2687-2696.

Scheideler, S. E., Froning, G. W. 1996. The combined influence of dietary flaxseed variety, level, form, and storage conditions on egg production and composition among vitamin E-supplemented hens. Poultry Science. 75. 1221–1226.

Silversides, F. G., 1994. The Haugh unit correction for egg weight is not adequate for comparing eggs from chickens of different lines and ages. J. Appl. Poult. Res. 3. 120– 126.

Silversides, F. G., Budgell, K. 2004. The relationship among measures of egg albumen height, pH, and whipping volume. Poultry Science. 83. 1619-1623.

Silversides, F. G., Scott, T. A. 2001. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. Poultry Science. 80. 1240-1245.

Silversides, F. G., Twizeyimana, F., Villeneuve, P. 1993. Research note: A study relating to the validity of the Haugh Unit correction for egg weight in fresh eggs. *Poultry Science*. 72. 760–764.

Silversides, F. G., Villeneuve, P. 1994. Is the Haugh Unit correction for egg weight valid for eggs stored at room temperature?. *Poultry Science*. 73. 50–55.

Singh, R., Cheng, K. M., Silversides, F. G. 2009. Production performance and egg quality of four strains of laying hens kept in conventional cages and floor pens. *Poultry Science*. 88. 256-264.

Sohail, S. S., Bryant, M. M., Roland Sr, D. A. 2003. Influence of dietary fat on economic returns of commercial Leghorns. *J. Appl. Poult. Res.* 12. 356–361.

Stadelman, W. J., Newkirk, D., Newby, L. 1995. Egg science and technology. Fourth edition. CRC Press. ISBN 1560228547. 591 stran.

Stadelman, W. J. 1999. The Incredibly functional egg. *Poultry Science*. 78. 807-811.

Stauffer, C. E. 1996. Fats and oils. American Association of Cereal Chemists, Inc. Eagan Press. St. Paul. Minnesota. USA.

Steenfeldt, S., Hammershøj, M. 2015. Organic egg production. I: Effects of different dietary protein contents and forage material on organic egg production, nitrogen and mineral retention and total tract digestibility of nutrients of two hen genotypes. *Anim. Feed Sci. and Technology*. 209. 186-201.

Suk, Y. O., Park, C. 2001. Effect of breed and age of hens on the yolk to albumen ratio in two different genetic stocks. *Poultry Science*. 80. 855-858.

Surai, P. F., Speake, B. K., Wood, N. A. R., Blount, J. D., Bortolotti, G. R., Sparks, N. H. 2001. Carotenoid discrimination by the avian embryo: a lesson from wild birds. *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.* 128. 743–750.

Škrbić, Z., Pavlovski, Z., Lukić, M., Vitorović, D., Petričević, V., Stojanović, Lj. 2011. Changes of egg quality properties with the age of layer hens in traditional and conventional production. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 27. 659-667.

Tanaka, T., Hurnik, F. 1992. Comparison of behaviour and performance of laying hens housed in battery cages and an aviary. *Poultry Science*. 71. 235-243.

Tang, S. G. H., Sieo, Ch. Ch., Kalavathy, R., Saad, W. Z., Yong, S. T., Wong, H. K., Ho, Y. W. 2015. Chemical Compositions of Egg Yolks and Egg Quality of Laying Hens Fed Prebiotic, Probiotic, and Synbiotic Diets. *Journal of Food Science*. 80. 8.

Tauson, R., Wahlström, A., Abrahamsson, P. 1999. Effect of two floor housing systems and cages on health, production and fear response in layer. *J. Appl. Poult. Res.* 8. 152-159.

Toussant, M. J., Latshaw, J. D. 1999. Ovomucin content and composition in chicken eggs with different interior quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 79. 1666-1670.

Togashi, C. K., Lopes da Angela, H., Freitas, E. R., Guastalli, E. A. L., Buim, M. R., Gama, N. M. S. Q. 2008. Effect of the drinking system on water quality and laying hen performance and egg quality. *R. Bras. Zootec.* 37. 1450–1455.

Van den Brand, H., Parmentier, H. K., Kemp, B. 2004. Effects of housing system (outdoor vs cages) and age of laying hens on egg characteristics. *Br. Poultry Science*. 45. 745–752.

Van Elswyk, M. E. 1997. Comparison of n-3 fatty acid sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: a review. *British Journal of Nutrition*. 79. S61-S69.

Van Immerseel, F., De Buck, J., Boyen, F., Pasmans, F., Bertrand, S., Collard, J. M., Saegerman, C., Hooyberghs, J., Haesebrouck, F., Ducatelle, R. 2005. Salmonella dans la viande de volaille et dans les oeufs, un danger pour le consommateur qui demande la mise en place d'un programme de lutte efficace. *Annales de Médecine Vétérinaire*. 149. 34–48.

Van Nierken, T. 2014. Low Input Breeds technical note. Download at www.lowinputbreeds.org

Vits, A., Weitzenburger, D., Hamann, H., Distl, O. 2005a. Production, egg quality, bone strength, claw length, and keel bone deformities of laying hens housed in furnished cages with different group sizes. *Poultry Science*. 84. 1511-1519.

Vits, A., Weitzenburger, D., Distl, O. 2005b. Comparison of different housing systems for laying hens in respect to economic, health and welfare parameters with special regard to organized cages. *Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.* 112. 332–342.

Vojtaššáková, A., Kováčiková, E., Holčíková, K. 2000. *Mlieko a vajcia potravinové tabulky*. VUP. Bratislava. 188 s.

Voslařová, E., Hanzálek, Z., Večerek, V., Straková, E., Suchý, P. 2006. Comparison between laying hen performance in the cage system and the deep litter system on a diet free from animal protein. *Acta Vet. Brno.* 75. 219–225.

Wall, H., Tauson, R. 2013. Nest lining in small- group furnished cages for laying hens. *Appl. Poultry Res.* 22. 474-484.

Wall, H., Tauson, R. 2007. Perch arrangements in small-group furnished cages for laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 16. 322–330.

Vuillemier, J. P. 1969. The Roche yolk colour fan an instrument for measuring yolk color. *Poultry Science.* 48. 767-779.

Walsh, T. J., Rizk, R. E., Brake, J. 1995. Effects of temperature and carbon dioxide on albumen characteristics, weight loss, and early embryonic mortality of long stored hatching eggs. *Poultry Science.* 74. 1403–1410.

Wang, S., Errington, S., Yap, H. H. 2008. Studies on carotenoids from lupin seeds. Pages 198–202 in *Proc. 12th Int. Lupin Conf.* Fremantle. Western Australia.

Watkins, B. A., Mirosh, L. W. 1987. White lupin as a protein source for layers. *Poultry Science.* 66. 1798–1806.

Wei, R., Bitgood, J. J. 1989. A new objective measurement of eggshell colour. 1. A test for potential usefulness of two colour measuring devices. *Poultry Science.* 69. 1775–1780.

Williams, K. C. 1992. Some factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh unit score. *World's Poultry Science. J.* 48. 5–16.

Wolc, A., Arango, J., Settar, P., O'Sullivan, N. P., Olori, V. E., White, I. M. S., Hill, W. G., Dekkers, J. C. M. 2012. Genetic parameters of eggs defects and egg quality in layer chicken. *Poultry Science.* 91. 1292-1298.

Wu, G., Bryant, M. M., Voitle, R. A., Roland Sr, D. A. 2005a. Performance comparison and nutritional requirements of five commercial layer strains in phase IV. *Int. J. Poult. Sci.* 4. 182–186.

Wu, G., Bryant, M. M., Voitle, R. A., Roland Sr, D. A. 2005b. Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans White and Dekalb White hens during phase 1. *Poultry Science.* 84. 1610–1615.

Yalcin, S., Onbasilar, E. E., Reisli, Z., Yalcin, S. 2006. Effect of garlic powder on the performance, egg traits and blood parameters of laying hens. *J. Sci. Food Agric.* 86. 1336–1339.

Yang, S., Baldwin, R. E. 1995. Functional properties of eggs in foods. Page 405 in *Egg Science and Technology*. 4th ed. W. J. Stadelman and O. J. Cotterill, ed. The Haworth Press. Binghamton. NY.

Yang, H. M., Wang, Z. Y., Lu, J. 2009. Study on the relationship between eggshell colour and egg quality as well as shell ultrastructure in Yangzhou chicken. *Afr. J. Biotechnol.* 8. 2898–2902.

Yang, H. M., Yang, Z., Wang, W., Wang, Z. Y., Sun, H. N., Ju, X. J., Qi, X. M. 2014. Effects of different housing systems on visceral organs, serum biochemical proportions, immune performance and egg quality of laying hens. *Europ. Poultry Science.* 78. 1-9.

Youssef, A. W., Hassan, H. M. A., Ali, H. M., Mohamed, M. A. 2013. Effect of probiotics, prebiotics and organic acids on layer performance and egg quality. *Asian J. Poult. Sci.* 7(2). 1-10.

Zhang, L. C., Ning, Z. H., Xu, G. Y., Hou, Z. C., Yang, N. 2005. Heritabilities and genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in brown-egg dwarf layers. *Poultry Science.* 84. 1209-1213.

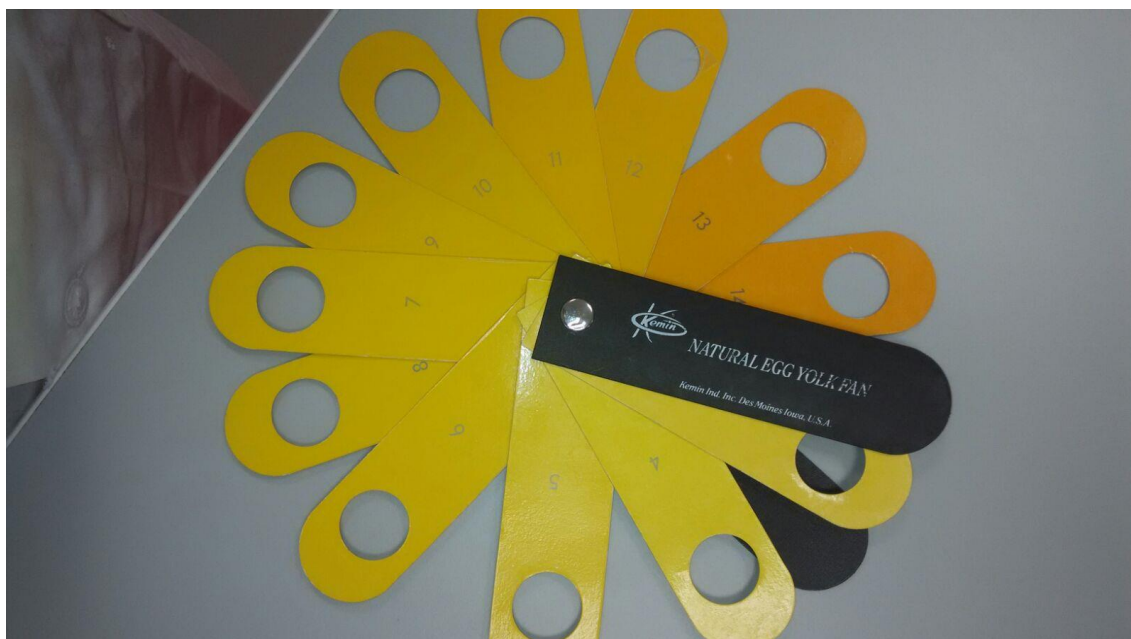
Zhao, Y., Shepherd, T. A., Li, H., Xin, H. 2015. Environmental assessment of three egg production systems- Part I: monitoring system and indoor air quality. *Poultry Science.* 94. 518-533.

9 Přílohy

Obr. 1. Přístroj Instron sloužící ke zjištění pevnosti skořápky (Autorka DP, 2017)



Obr. 2. Barevná stupnice La Roche (Autorka DP, 2017)



Obr. 3. Skořápky před vážením (Autorka DP, 2017)

