

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra speciální zootechniky



Kvalita vajec u bělovaječných slepic v závislosti na jejich věku

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Michaela Křížová

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 u bělovaječných slepic v závislosti na jejich věku“ 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 13. 4. 2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu práce doc. Ing. Lukáši Zitovi, Ph.D. za cenné odborné rady, připomínky a také za jeho čas, který mi během zpracování diplomové práce věnoval.

Kvalita vajec u bělovaječných slepic v závislosti na jejich věku

Souhrn

Cílem diplomové práce bylo zjistit, jak se mění kvalita vajec u bělovaječných slepic v závislosti na jejich věku. Do experimentu byla zařazena a následně hodnocena vejce bělovaječných nosnic Dominant D 229 ve věku 29, 35 a 59 týdnů. Hodnotila se především jejich technologická hodnota, tzn. vejce jako celek, kdy se posuzovala hmotnost a tvar, dále také jeho jednotlivé komponenty, tedy kvalita bílku, žloutku a skořápky. Posuzována byla hmotnost a procentuální podíly základních komponent, index bílku a žloutku, jeho barva, Haughovy jednotky, dále pevnost a tloušťka skořápky. Faktory, které ovlivňují kvalitu vajec, se dělí na vnitřní a vnější. Mezi vnitřní faktory patří např. genotyp, věk, plemeno, hmotnost slepice, intenzita snášky a ovipozice. K vnějším faktorům patří výživa, systém ustájení a mikroklimatické podmínky. Ze sledování je patrné, že průkazně vyšší hmotnost vejce (62,75 g) a hmotnost žloutku (19,53 g) byla zjištěna u nosnic ve věku 59 týdnů. Hmotnost skořápky byla průkazně vyšší u nosnic ve věku 35 týdnů (6,07 g). Průkazně vyšší procentuální podíl bílku byl naměřen u mladších nosnic ve věku 29 týdnů (64,32 %) stejně jako index tvaru žloutku (53,72 %) a pevnost skořápky (44,13 N.cm⁻²). Signifikantně vyšší hodnoty indexu bílku (7,64 %) a obsahu Haughových jednotek byly u nosnic ve věku 35 týdnů. Procentuální podíl žloutku byl zjištěn vyšší u starších nosnic ve věku 59 týdnů (31,18 %). U nosnic se s věkem statisticky významně snižovala pevnost skořápky. Mladší nosnice (29 týdnů) měly pevnější skořápku (44,13 N.cm⁻²) oproti nosnicím ve věku 35 týdnů (41,86 N.cm⁻²) a ve věku 59 týdnů (39,53 N.cm⁻²), což je možné dávat do souvislosti s tím, že se využitelnost vápníku nezbytného pro tvorbu skořápky, mění v závislosti na věku. Celkově lze konstatovat, že kvalita vajec, daná především kvalitou bílku a skořápky, se s věkem nosnic zhoršuje, i když hmotnost vajec se zvyšuje. Hypotéza, že kvalita vajec je průkazně ovlivněna věkem nosnic, byla potvrzena téměř u všech parametrů, kdy se daný parametr s věkem průkazně měnil. Průkazně nebyl ovlivněn index tvaru celého vejce, hmotnost bílku, barva žloutku a tloušťka skořápky.

Klíčová slova: slepice; Dominant; věk; kvalita; vejce; žloutek; bílek; skořápka

The egg quality of white-egg layers in relation to their age

Summary

The aim of this thesis was to search how the quality of white egg layers is changing in dependence on their age. The white eggs of Dominant D 229 hen at the age of 29, 35 and 59 weeks were included into this experiment and their technological value was mainly evaluated. It meant the egg as a whole like weight and shape of egg and its individual components – quality of albumen, yolk and shell. The weight and percentages of basic components, index of albumen and yolk, color of yolk, Haugh units, strength and thickness of shell was assessed. The factors influencing the quality of eggs were divided into internal and external ones. Genotyp, age of hens, breed, weight of hens, the intensity of the laying and oviposition were considered as the internal factors. Nourishment, housing system and microclimate conditions were considered as the external factors. From the obtained results it is obvious that significantly higher value of weight of egg (62,75 g) and of weight of yolk (19,53 g) was found in the hens at the age of 59 weeks. Weight of shell was significantly higher in hens at the age of 35 weeks (6,07 g). Significantly higher values of percentages of albumen, was measured in younger hens at the age 29 weeks (64,32 %) and shape index of yolk (53,72 %) and thickness of shell (44,13 N.cm⁻²) too. Significantly higher values of the shape index of albumen (7,64 %) and content of Haugh units were detected in hens at the age of 35 weeks. Significantly higher values of percentages proportion of yolk was detected in older hens at the age 59 weeks (31,18 %).

The strength of the shell is significantly reduced in dependence on hen's age. Younger hens (29 weeks) had stronger shell (44,13 N.cm⁻²) compared to hens aged 35 weeks (41,86 N.cm⁻²) and at the age of 59 weeks (39,53 N.cm⁻²). To summarize the obtained results, there has been proved relation between the hen's age and hen's ability to utilize the amount of calcium. In general, it can be claimed that the quality of an egg which is qualified by the quality of albumen and shell, is getting worse in dependence on hen's age, although the weight of an egg is increasing. The hypothesis that quality of egg was significantly affected by the age of hens has been confirmed for most of the parameters and this parameter is significantly affected by the hen's age. On the contrary, egg shape index, weight of albumen, color of yolk and thickness of the shell has not been significantly affected.

Keywords: hens; Dominant; age; quality; egg yolk; albumen; eggshell

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce a hypotéza	2
3 Literární přehled.....	3
3.1. Obecné charakteristiky vejce	3
3.2. Kvalita vajec a jejich hodnocení.....	6
3.3. Vliv genotypu na kvalitu vajec	9
3.4. Vliv věku na kvalitu vajec.....	11
4 Materiál a metodika.....	15
4.1 Design experimentu	15
4.2 Rozbory vajec a sledované parametry	17
4.3 Statistické zpracování	19
5 Výsledky	20
6 Diskuze	24
7 Závěr	26
8 Seznam použité literatury	27

1 Úvod

Chov drůbeže patří v České republice mezi důležité a poměrně rozvinuté odvětví v živočišné výrobě. Hlavním úkolem je produkce jatečné drůbeže a konzumních vajec. Drůbeží vejce má kromě úlohy v reprodukci a zachování druhu, významnou funkci jako jedna ze základních potravin ve výživě lidí.

Roční spotřeba vajec v České republice dosahuje hodnot kolem 2,5 mld. ks. Spotřeba konzumních vajec na obyvatele se za rok 2015 v porovnání s předešlým rokem (242 ks) mírně zvýšila a dosáhla hodnoty 247 kusů za rok. Tuzemská nabídka konzumních vajec vykazuje nižší hodnoty, což se promítlo nejen do zvýšení dovozů vajec, ale také došlo k utlumení vývozu. To se odrazilo na poklesu míry soběstačnosti, která se tak dostala na úroveň něco málo přes 80 %, zatímco v Evropské unii převyšuje 100 %.

Kvalita vajec je jedním z nejdůležitějších faktorů při produkci konzumních vajec a lze ji posuzovat dle mnoha hledisek. Pro producenty je kromě zdravotní nezávadnosti důležitá především technologická hodnota vajec, jako je např. hmotnost vejce, tvar vejce a pevnost skořápky. Pro spotřebitele bývá nejdůležitější barva žloutku, skořápky a čerstvost vejce. Z nutričních hledisek spotřebitelé vyžadují nízký obsah cholesterolu ve vejci, a naopak vyšší obsah nenasycených mastných kyselin a vitaminů.

Hlavní rozdíly v kvalitě vajec závisí především na genotypu a věku slepic, které patří mezi vnitřní faktory ovlivňující kvalitu vajec. Z vnějších faktorů lze zmínit např. systém ustájení či mikroklimatické podmínky. V obchodech lze koupit převážně vejce s hnědou barvou skořápky a to jak od tuzemských, tak zahraničních producentů. Tím pádem se u nás setkáme v chovech především s hnědovaječnými užitkovými hybridy slepic nosného typu a chov bělovaječných nosnic, případně nosnic produkujících jinou barvu skořápky, je pouze okrajový.

2 Cíl práce a hypotéza

Hlavním cílem diplomové práce bylo zjistit, jak se mění kvalita vajec v závislosti na věku bělovaječných slepic nosného typu Dominant leghorn D 229.

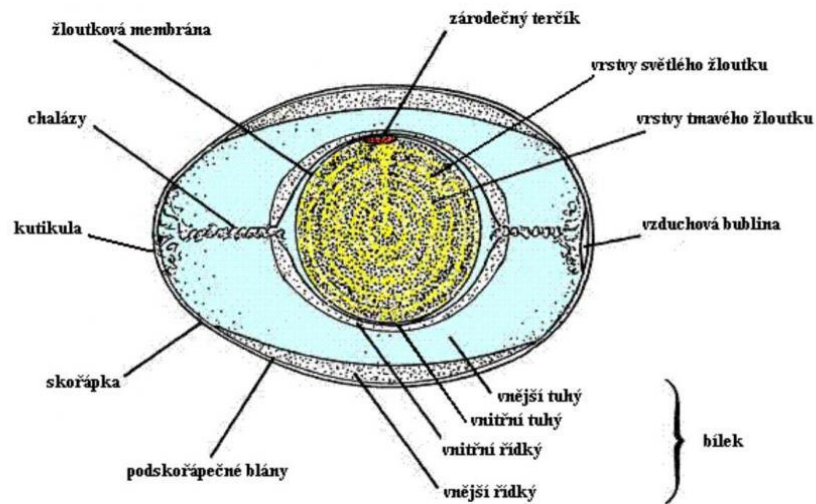
Hypotézou je, že kvalita vajec je průkazně ovlivněna věkem slepic.

3 Literární přehled

3.1. Obecné charakteristiky vejce

Vejce je tvořeno třemi základními komponenty. Bílkem, žloutkem a vaječnou skořápkou. Jeho jednotlivé části jsou znázorněny na následujícím obrázku.

Obrázek 1: Složení vejce



(dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/172/14190.jpg)

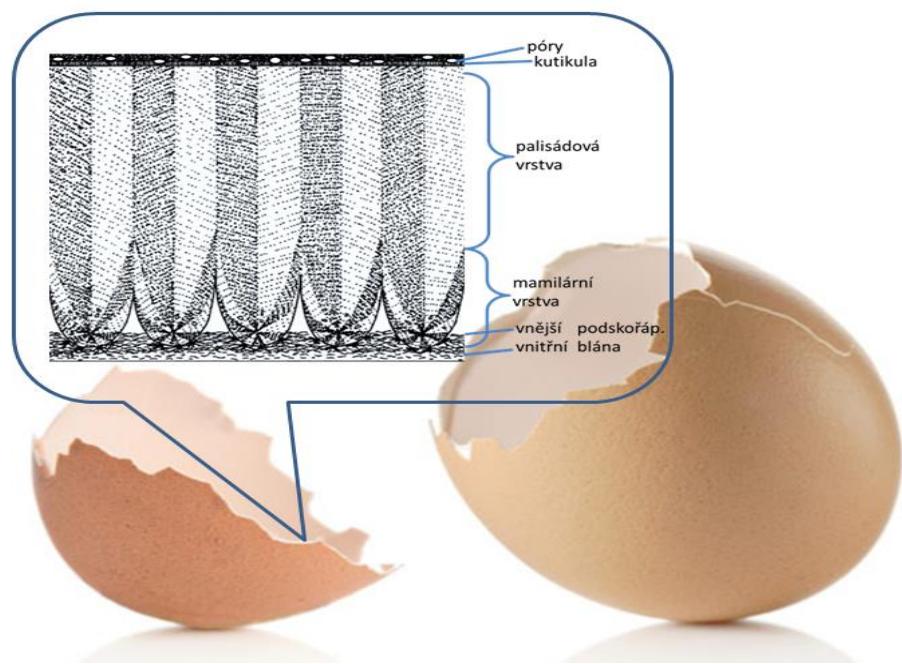
Základní strukturu bílku tvoří bílkovinné chalázy – poutka, chalázová oblast, řídký a tuhý bílek (Šatava et al., 1984). Bílek se kolem žloutkové koule ukládá ve čtyřech vrstvách. Vnitřní tuhý bílek (chalázový) obsahuje 84 % vody, obaluje žloutek a tvoří chalázy. Chalázy vznikají v chalázové oblasti z vnitřního tuhého bílku a přiléhají dvěma vazy ve vnější vrstvě tuhého bílku na ostrém a tupém konci ke skořápce vejce. Jejich hlavní úkol je udržovat žloutek ve středu vejce. Vnitřní řídký bílek tvoří 16 – 18 % z celkového bílku. Vnější tuhý bílek tvoří 57 – 60 % z celkového bílku. Vnější řídký bílek obsahuje nejvíce vody a představuje až 23 % z celkového bílku (Šatava et al., 1984).

Žloutek je tvořen ze dvou vrstev. Světlý žloutek představuje pouze malou část z celkové hmotnosti žloutku (3 – 6 %) a tvoří poslední vrstvu pod žloutkovou membránou a latebru (střed žloutku) (Simeonovová et al., 2003). Druhou část tvoří tmavý žloutek, který plní významnou zásobní funkci. Je tvořen z 55 % sušinou, s největším zastoupením lipidů (35 %). Dále pak

obsahuje většinu lipofilních karotenoidních barviv. Strukturou je tento žloutek tvořen částecčky různého tvaru a velikosti (Elkin et al., 2003).

Vaječná skořápka slouží jako obal, který chrání vajíčko před mechanickým poškozením. Je převážně vápenatého charakteru a k její tvorbě dochází v děloze vejcovodu. Vaječná skořápka je tvořena 2 vrstvami, a to kutikulou a póry. První vrstva se nazývá mamilární a je nevnitřnější částí skořápky, je silná přibližně 0,11 mm (Kříž, 1997). Druhá vrstva pórovitá je silnější a její průměrná tloušťka činí až 0,23 mm (Špaček et al., 1980).

Obrázek 2: Struktura skořápky (Nedomová, 2012)



Podskořápečné blány se rozdělují na vnitřní, která je tenčí a těsně obklopuje bílek a vnější, která je silnější a je připojena ke skořápce. Jednou z nejdůležitějších vlastností podskořápečných blan je schopnost propouštět vlhkost a plyny a současně chránit vejce před nežádoucím vniknutím mikroorganismů (Bell et al., 2002). Mezi podskořápečnými blánami je vzduchová komůrka. Vzduchová komůrka se nachází na tupém konci vejce.

Poměry hlavních složek pro čerstvé vejce jsou 32 % žloutku, 58 % bílku a 10 % vaječné skořápky (Leeson, 2006).

Z chemického hlediska je žloutek nejsložitější částí vejce. Obsah sušiny ve žloutku kolísá mezi 50,5 – 54,5 %. Žloutek tvoří dvě struktury – granule a plazmu. V plazmě převažují zejména lipidy (asi 75 % sušiny), zbytek tvoří proteiny. V granulích pak naopak převažují proteiny (asi 64 % sušiny), lipidy tvoří asi 34 % sušiny. Obsah vody ve žloutku po snesení se pohybuje mezi 50,5 – 54,5 %. Bílkoviny vaječného žloutku tvoří různé proteiny, glykoproteiny, a glykofosfoproteiny. Nejvýznamnější z nich tvoří 3 skupiny a to ovolivetiny, ovovitely a fosfovity. Hlavní proteiny granulí jsou fosfovitiny a lipovitely. Plazma obsahuje hlavně lipoviteliny a livetiny. Karotenoidy jsou přírodní pigmenty obsažené ve vaječném žloutku slepic. Dodávají žlutou barvu, která může být v rozsahu od velmi světle žluté až po tmavě sytě oranžovou. Karotenoidy představují méně než 1 % lipidů žloutku (Shenstone, 1968). Ve žloutku je obsažena většina vaječného tuku. Jak již bylo zmíněno, lipidy tvoří asi 33 % žloutku, z toho asi dvě třetiny připadají na acylglyceroly a jedna třetina na fosfolipidy, steroly a cerebrosidy. Mezi acylglyceroly převládají triacylglyceroly. Hlavní složkou fosfolipidů je fosfatidylcholin. Slepíčí vejce jsou bohatým zdrojem esenciálních mastných kyselin, především tedy kyseliny linolové a při cíleném složení krmné směsi i kyseliny alfa-linolenové. Dále také obsahuje hodně kyseliny olejové, která má také, jak ukazuje nejnovější medicínský výzkum, významné postavení v prevenci lidského zdraví a zdravé výživy. Celkově je skladba vaječného tuku s vyšším podílem nenasycených mastných kyselin a fosfolipidů lepší než u většiny živočišných tuků (Skřivan, 2000). Ovšem jak uvádějí Vieira et Moran (1998) složení žloutku závisí ve velké míře na věku, hmotnosti vajec a genetickém založení slepice. Jeden žloutek obsahuje okolo 200 mg cholesterolu, což představuje přibližně 3 – 3,5 % v přepočtu na sušinu vaječného žloutku. S tím se pojí prohlášení Nagyho et al. (2009), že lidé s vysokým obsahem cholesterolu v krvi by neměli konzumovat více než jeden žloutek za týden. Oproti tomu Kritchewsky et al. (2000) udávají, že konzumace 1 – 2 vajec denně nemá významný vliv na zvýšení celkového a LDL cholesterolu v krvi konzumenta.

Bílek tvoří asi 55 až 65 % z celkového vaječného obsahu a sestává se přibližně z 88 % vody a obsahuje asi 12 % pevných látek (Shenstone, 1968). Bílek je relativně chudý zdroj živin, protože obsahuje přibližně 90 % vody, oproti žloutku (Vieira et Moran, 1998).

Mineralizovaná skořápka je tvořena uhličitanem vápenatým (96 %) a zbývající součástí zahrnují organickou matrix (2 %). Dále skořápka obsahuje hořčík, fosfor a řadu stopových prvků (Nys et al., 2004). Dle Smirnova (1983) jsou základními složkami ve skořápce uhličitan vápenatý a fosforečnan vápenatý. Čuboň et al. (2007) konstatují, že z minerálních látek převládá uhličitan vápenatý (93,7 %), uhličitan hořečnatý (1,39 %) a fosforečnan vápenatý

(0,76 %). Ve stopovém množství je zastoupeno železo, síra a mikroelementy. Barvu skořápky způsobují pigmenty ze skupiny ovoporfirinů, které se syntetizují v sliznici dělohy (Peter et al., 1986).

Baumgartner et Benková (2004a) uvádějí, že v konzumních slepičích vejcích se nachází celá řada zdraví prospěšných látek. Jsou to často zmiňované omega-3 mastné kyseliny (α -linolenová, EPA – eikosapentaenová kyselina, DHA – dokosahexaenová kyselina), které jsou důležité pro optimální vývoj a funkci živých organismů. Vejce jsou také významným zdrojem vitaminů rozpustných v tucích A, D, E, K a celého komplexu vitaminů skupiny B, především vitamínu B12 nepostradatelného pro správnou funkci nervového systému. Také obsahují kyselinu folovou, železo, fosfor, síru, draslík, hořčík a ze stopových prvků zinek, měď, mangan, brom a jód (Burrington, 2000; Nagy et al., 2009a). Bílkovina z vejce má ideální a komplexní složení všech nepostradatelných aminokyselin, a díky tomu vejce považujeme za tzv. referenční bílkovinu (Béderová, 2006).

3.2. Kvalita vajec a jejich hodnocení

Existuje mnoho definic, které vysvětlují pojem kvalita, ale většina se shodují na tom, že se jedná o soubor znaků, které slouží k uspokojování potřeb spotřebitelů. Kvalita slepičích vajec se hodnotí podle morfologických, chemických, fyzikálně – chemických, organoleptických a mikrobiálních vlastností (Hejlová, 2001), což potvrzuje i Kramer (1951) a dále rozvádí, že kvalita vajec je obecný termín, který odkazuje na několik parametrů, které definují vnitřní i vnější kvalitu. Vnější kvalita je zaměřena na čistotu skořápky, texturu a tvar, zatímco vnitřní kvalita se vztahuje k vaječnému bílku a jeho viskozitě, velikosti vzduchové komůrky, tvaru a tuhosti žloutku (Kramer, 1951).

K produkci vajec jsou určena tzv. nosná plemena a pro účely intenzivního chovu hybridní kombinace s vysokou užitkovostí, která snáší až 340 ks vajec/rok. Při vysoké produkci je nutné sledovat kvalitu vajec. Kvalitu vajec dělíme na vnitřní parametry jako je podíl žloutku, podíl bílku a Haughovy jednotky. Vnější parametry souvisejí zejména se skořápkou, tloušťkou skořápky, její pevností a podílem. Kvalita vajec je ovlivňována mnoha faktory a to vnitřními – převážně genotypem a věkem nosnic a vnějšími – výživou, ustájením, teplotou (Tůmová et Charvátová, 2009).

Při hodnocení kvality vajec se nejprve zjišťuje jejich hmotnost, která je jednou z nejdůležitějších vlastností ovlivňující ekonomiku produkce. Průměrná hmotnost vajec slepic nosného typu je 58 až 63 gramů (Tůmová et Charvátová, 2009). Dle Ingra et al. (1993) je hmotnost vajec proměnlivá a kolísá od 30 až 80 gramů. Simeonovová et al. (1999) uvádějí, že za standardní se pokládá vejce o hmotnosti 58 – 62 gramů. Dalším měřítkem technologické kvality je tvar vejce. Tvar vajec je dán poměrem příčné osy k ose podélné. Poměr os vejce určuje, zda má vejce tvar oválný, kulovitý, podlouhlý nebo vejčitý. Pro vejčitý tvar je charakteristický ovál s jedním ostrým a jedním tupým vrcholem. U běžných vajec kolísá index tvaru mezi 63 – 85 % (Simeonovová et al., 1999). Tvar vajec má význam z hlediska balení a průmyslového zpracování (Ingr et al., 1993). Dokonale kulaté vejce by mělo index tvaru 100, vejce podlouhlé by mělo index tvaru 50, standardní vejce klasického vejčitého tvaru má index 75 % (Ledvinka et Klesalová, 2002a). Toto potvrzuje i Nagy et al. (2009), kteří udávají, že index tvaru vejce nejčastěji dosahuje hodnot 70 – 75 %. Tvar vejce je ovlivňován hlavně rozdíly mezi druhy, plemeny, liniemi, ale mění se i v průběhu snáškového období. Vejce snesená na začátku snáškového období nemají ještě tvar typický pro nosnici, až s věkem se vejce začíná prodlužovat (Ledvinka et Klesalová, 2002a). Slepíci vejce bývají 56 – 59 mm dlouhá a 42 – 48 mm široká (Nagy et al., 2009a).

Vlastnosti bílku odrážejí čerstvost vejce. Čerstvé vejce se pozná i podle toho, že po rozklepnutí je bílek rozdělený do dvou vrstev. Na vyjádření kvality bílku se používá více ukazatelů: výška bílku, index bílku či Haughovy jednotky (Tůmová et Charvátová, 2009). Index tvaru bílku určuje množství a kvalitu hustého bílku. Je ukazatelem čerstvosti vejce (Cabadaj et Turek 1992). Čím více tuhého bílku vejce obsahuje, tím je vyšší jeho technologická hodnota. Čerstvý vaječný bílek má lehce nažloutlou barvu a rosolovitý vzhled, zatímco starší bílek je světlejší a má vodnatý vzhled (Lazar, 1986). Index bílku se vypočítá jako výška vrstvy hustého bílku dělená aritmetickým průměrem délky a šířky hustého bílku (Nagy et al., 2009a). Hodnoty pro index tuhého bílku se pohybují od 12 – 150, u čerstvých vajec 90 – 150, konzumních vajec 60 – 70 a u starších vajec podstatně méně v důsledku řidnutí tuhého bílku (Gemzická, 2004). Kvalita vajec se také vyjadřuje v Haughových jednotkách. Při jejich výpočtu se zohledňuje výška hustého bílku (H) i hmotnost vajec (W), tzn. $HU = 100 * \log (H + 7,57 - 1,7 * W^{0,37})$ (Engelmaierová et Tůmová 2008).

U žloutku je důležitým parametrem index tvaru žloutku. Jeho tvar závisí na pevnosti a elasticitě žloutkové blány. Index žloutku se vypočítá jako výška žloutku dělená průměrnou hodnotou dvou na sebe kolmých měření šířky žloutku (Cabadaj et Turek, 1992). Věkem vajec

se výška žloutku v důsledku ztráty pružnosti žloutkové blány a přechodu vody z bílku do žloutku snižuje a při indexu 25 % se blána přetrhne. Proto čím vyšší je index, tím je žloutek kvalitnější. Hodnota indexu žloutku se pohybuje v rozmezí 2 – 58 % (Nagy et al., 2009b). Žloutek čerstvého vejce je po rozbití a umístění na vodorovnou plochu vysoký a vypouklý, obalený malou vrstvou tuhého bílku (Nagy et al., 2009a). Mezi další hodnocenou vlastnost žloutku patří barva. Ve žloutkovém tuku jsou obsažena rozpuštěná organická barviva, které udávají více či méně intenzivní zbarvení. Patří sem lutein, zeaxantin a ovoflavin. Pokud nosnice tyto látky nedostanou v požadovaném množství v krmivu, snášejí vejce s bledými žloutky (Okál, 1976). Z přirozených zdrojů lze zmínit kukuřici, vojtěšku, zelené rostliny, mrkev, červenou papriku, mořské řasy. Bavlníkové výlisky způsobují nahnědlé zbarvení žloutku (Halaj et al., 2002). Barva žloutku se většinou určuje subjektivně pomocí barevné stupnice Hoffman La Roche (Nagy et al., 2009).

Skořápka se tvoří v děloze jakožto poslední obal, který chrání vajíčko (Kříž, 1997). Skořápka u standardního vejce je hladká a po snesení se postupně stane díky vysychávání matnou (Simeonovová et al., 1999). Poškození skořápky má hlavní podíl na ztrátách produkce vajec, a kromě toho je i faktorem při nákupu vajec u spotřebitelů. Navíc se zvyšuje zájem o nezávadnost vajec a skořápka by měla být bez defektů, neboť je první bariérou proti pronikání mikroorganismů (Tůmová et Ebeid, 2003a). U skořápky se posuzuje hmotnost (včetně podskořápečných membrán), procentuální podíl hmotnosti z celého vejce, tloušťka skořápky (bez nebo s podskořápečnými membránami, nejsilnější je na špičce vejce a nejtenčí na tupém konci), pevnost a neporušenost skořápky (Simeonovová et al., 2003). Vaječná skořápka obsahuje 1 % vody, průměrně 4 % organických látek a 95 % minerálních látek. Nejvyšší podíl z minerálních látek zabírá uhličitan vápenatý (93,7 %), uhličitan hořečnatý (1,4 %) a fosforečnan vápenatý (0,8 %) (Ingr et al., 1993). Důležitým parametrem kvality skořápky je její tloušťka. Tloušťka skořápky kolísá mezi 0,30 – 0,42 mm. Při tloušťce nižší než 0,33 mm se zvyšuje pravděpodobnost rozbití (Simeonovová et al., 1999). Tloušťka skořápky také závisí na druhové a plemenné příslušnosti drůbeže, na výživě, na úrovni zásobování minerálními látkami jako je vápník, fosfor a jejich vzájemný poměr, ale i na dostatku vitamínu D3 (Ingr et al., 1993). Pevnější skořápky a nepřítomnost vad na skořápce jsou nezbytné pro ochranu vejce proti pronikání patogenních bakterií rodu *Salmonella* sp. do vajec. Proto je důležité získávat vejce se silnou skořápkou, aby odolala všem vlivům působícím na vejce v průběhu celého výrobního řetězce (Bain, 1990). Odhaduje se, že vejce s poškozenými skořápkami tvoří 6 – 10 % všech vyprodukovaných vajec, což vede k velkým ekonomickým ztrátám (Washburn, 1982; Roland,

1988). Koreleski et Swiatkiewicz (2004) prokázali, že použití vápence jako zdroje vápníku pro nosnice zvyšuje odolnost skořápky. Dále bylo prokázáno, že krmná aditiva zvyšují propustnost vápníku a dalších minerálních látek, což může zlepšit kvalitu vaječné skořápky (Lutz et Scharrer, 1991; Radclife et al., 1998; Boling et al., 2000; Mroz et al., 2000; Omogbenigun et al., 2003; Liem et al., 2008). Ovšem i stopové prvky, jako je zinek, měď a mangan, ukázaly, že mají podstatný vliv na kvalitu vaječných skořápek. Ovlivňují růst krystalů během kalcitace při tvorbě skořápky a ovlivňují mechanickou odolnost skořápky (Mabe et al., 2003).

S kvalitou vajec souvisí jejich čerstvost, což bylo uvedeno již dříve u kvality bílku. U pojmu čerstvost je nutno rozlišovat biologickou čerstvost a obchodní čerstvost. Biologická čerstvost je charakterizována schopností vývoje zárodka ve vejci a za příznivých podmínek skladování může být uchována i několik dní. Obchodní čerstvost vyjadřuje vhodnost vejce pro využití k potravinářským účelům. Je obtížně stanovitelná, protože od okamžiku snesení probíhají ve vejci nezvratné změny, které snižují jeho biologickou hodnotu (Simeonová et al., 1999). Dle Weise et al. (1999) se stáří vejce hodnotí podle výšky vzduchové bubliny na tupém konci vejce prosvícením. Vzniká vysycháním vnitřního obsahu. U čerstvých vajec (1 – 2 dny) je 1 – 1,6 mm, u starších vajec 5 – 15 mm. Během stárnutí vajec se zvětšuje vzduchová bublina na tupém konci vejce následkem úbytku vody. Zpočátku se průměr i výška vzduchové bubliny zvětšují rychleji, později se rychlost zpomaluje v závislosti na teplotě (Rossi et al., 1995). Také Nagy et al. (2009b) uvádějí, že u starších vajec se odpařováním vody zvětšuje velikost vzduchové komůrky. V souvislosti s úbytkem hmotnosti a zvětšováním vzduchové bubliny se snižuje měrná hmotnost vejce. U čerstvých vajec se pohybuje od 1,045 – 1,096 g.cm⁻³ (Weis et al., 1999). Měrnou hmotnost zjišťujeme ponořením vejce do roztoku NaCl o různé koncentraci. Častěji se využívá metoda vycházející z podílu hmotnosti vejce na vzduchu (g) a ponořeného do vody (cm⁻³).

3.3. Vliv genotypu na kvalitu vajec

Pro moderní výrobu vajec či drůbežího masa se v chovech nebo farmách používají pouze hybridní speciálních linií. Tyto linie jsou šlechtěny ve šlechtitelských chovech, je zkoušena jejich vzájemná kombinovatelnost a pro rozmnožování se používají pouze ty linie, které dávají nejlepší výsledky. Při šlechtění linií je třeba předem stanovit, k jakému účelu je linie šlechtěna, jaké jsou parametry užitkovosti při založení linie a jakých cílů má být šlechtěním dosaženo (Výmola et al., 1995).

Odchylky kvalitativních ukazatelů vajec v různých studiích mohou být spojeny s použitým genotypem slepic, protože kvalita vejce má genetický základ a parametry kvality vajec se tak liší mezi různými kmeny slepic (Pandey et al., 1986; Silverides et al., 2006). Několik studií prokázalo, že těžší vejce snáší hnědovaječné slepice oproti slepicím bělovaječným (Halaj et Grofik 1994; Arent et al., 1997; Heil et Hartmann, 1997; Ledvinka et al., 2000; Leyendecker et al., 2001a; Vits et al., 2005). Oproti tomu Alsobayel et Albadry (2011) uvádějí vyšší hmotnost vajec u bělovaječných nosnic než u hnědovaječných. Bylo zjištěno, že velmi důležitou roli hraje systém ustájení v interakci právě s genotypem. Leyendecker et al. (2001b), Wall et Tauson (2002), Campo et al. (2007), Tůmová et al. (2009) a Singh et al. (2009) zjistili interakci mezi genotypem a ustájením působící na hmotnost vajec. Index tvaru vejce může být také ovlivněn genotypem (Tůmová et al., 2007). Bylo zjištěno, že index tvaru vejce u bělovaječných nosnic typu Shaver Starcross 288 byl vyšší než u hnědovaječných nosnic typu Moravia SSL (Halaj et Grofik, 1994).

Genotyp významně ovlivňuje index tvaru žloutku (Tůmová et al., 2007). Tůmová et al. (1993) také udávají, že podstatně vyšší hmotnost a procentuální podíl žloutku se vyskytuje u hnědovaječných nosnic oproti bělovaječným. Toto tvrzení ovšem vyvrací Leyendecker et al. (2001b), kteří naměřili významně vyšší hodnoty hmotnosti žloutku u bělovaječných nosnic (Lohmann LSL) ve srovnání s hnědovaječnými nosnicemi (Lohman tradition).

Z pohledu kvality bílku, Leyendecker et al. (2001b) prokázali signifikantně vyšší hodnoty pro Haughovy jednotky u bělovaječných slepic oproti hnědovaječným.

Ledvinka et al. (2000) uvádějí, že hnědovaječné slepice mají vyšší hmotnost skořápky ve srovnání s liniemi White Leghorn, což je v rozporu se zjištěním Halaje et Grofika (1994) a Leyendeckera et al. (2001b), kteří zjistili tenčí skořápku u vajec s hnědou barvou skořápky. Vyšší pevnost skořápky byla naměřena u bělovaječných slepic (Halaj et Grofik 1994; Ledvinka et al., 2000). Kocevski et al. (2011) došli k závěru, že genotyp má značný vliv na kvalitu vaječných skořápek. Nicméně Basmacioglu et Ergul (2005) neprokázali významný vliv genotypu na procentuální podíl skořápky ani tloušťku skořápky.

3.4. Vliv věku na kvalitu vajec

U drůbeže, se hmotnost vajec a kvalita vaječné skořápky liší v závislosti na věku, genotypu, době snášky, ustájení, výživě. Mnozí autoři se přiklánějí k tomu, že hmotnost vejce závisí především na faktorech genetické a environmentální povahy (Romanov, 1995; Islam et al., 2001) a výživě (Melluzi et al., 2000). Oproti tomu Krawczyk (2009) společně s autory Trajcevem et al. (2002), Van den Brandem et al. (2004), Czajou et Gornowiczem (2006) naznačují, že bez ohledu na genotyp slepice se hmotnost vajec a především hmotnost žloutku zvyšuje s věkem slepic. Sokołowicz et Połtowicz (2002) dodávají, že hmotnost vajec v komerčních chovech je také určena intenzitou produkce – čím větší produkce je, tím je hmotnost vajec menší. Hmotnost vejce se obecně zvyšuje s věkem slepic (Silversides et Scott, 2001; Ledvinka et Klesalová, 2002; Van Den Brand et al., 2004; Rizzi et Chiericato, 2005), což je v souladu s tvrzením Baumgartnera et al. (2007), kteří zaznamenali významný vliv věku na hmotnost vajec u slepic leghorn. Také Johnston et Gous (2007) a Ojedapo (2013) prokázali zvýšení hmotnosti vajec s věkem nosnic. Věk slepice v pozitivní korelaci s hmotností vejce tvrdí i Reinhart et Moran (1979), stejně jako Shanawany (1987). V rozporu s výše uvedeným, je tvrzení Zemkové et al. (2007), kteří uvádějí, že hmotnost vejce není významně ovlivněna věkem. Hmotnost vejce ovlivňuje i hmotnost jednotlivých komponentů. Korelace mezi hmotností vejce a hmotností bílku, žloutku a skořápky jsou vysoké a jsou v rozmezí od 0,67 do 0,97 (Zhang et al., 2005).

Hmotnost vejce je též ovlivněno okamžikem, kdy je sneseno. To potvrzuje i Patterson (1997), který ve svém experimentu vyzoroval, že hmotnost vejce byla vyšší ráno a poté klesala o 2 - 9 g/vejce/den. Podobné výsledky zaznamenal i Pavlovski et al. (2000); Aksoy et al. (2001); Zakaria et al. (2005); Tůmová et al. (2007a). Řada studií ukázala, že vejce mají lepší charakteristiky kvality při snesení v odpoledních hodinách (Yannakopoulos et al., 1994; Pavlovski et al., 2000; Tůmová et Ebeid, 2005; Tůmová et al., 2007a).

Index tvaru vejce je také ovlivněn věkem drůbeže (Van den Brand et al., 2004), kdy jde o snížení indexu tvaru vajec s věkem nosnice. Nedeljka et Dragoslav (2005) uvádějí pozitivní korelaci mezi indexem tvaru vejce a věkem slepice.

Vejce starších slepic jsou obvykle větší a mají tenčí vaječné skořápky (Bozkurt et Tekerli, 2009; Ramos et al., 2010; Maciel et al., 2011; Akyurek et Okur, 2009; Sung et Woo,

2014). Stejně tak řada studií prokázala, že kvalita skořápky se snižuje s věkem slepic (Roland et al., 1975; Roland, 1979; Nys, 1986; Roberts et Ball, 2004). Ke zhoršení kvality skořápky s věkem se přiklání i Campo et al. (2007). Že kvalita vaječné skořápky souvisí s věkem slepic a zhoršuje se s věkem, potvrzuje i Silversides et Scott (2001). Jedním z hlavních problémů zhoršení kvality skořápky u starších slepic je zvýšení hmotnosti vajec, ale bez zvýšení množství uhličitánu vápenatého uloženého ve skořápkách. Z tohoto důvodu je výskyt prasklých vajec na konci snášky dokonce vyšší než 20 % (Nys, 2001). Campo et al. (2007) zjistili, že výskyt prasklých vajec se výrazně zvyšuje s věkem slepic. Také Roland et Bryant (2000) uvádějí, že změny v mechanických vlastnostech skořápky, které probíhají s věkem slepice, jsou často spojovány s pomalejší mineralizací skořápky, což zvyšuje výskyt trhlin skořápky. Stejní autoři také prokázali, že se skořápka ztenčuje se zvyšující se hmotností vajec. Oproti tomu Krawczyk (2009) nenašla přímý vztah mezi kvalitativními a mechanickými parametry skořápky. Na druhou stranu Yannakopoulos et Tserveni-Gousi (1987) vypožorovali, že skořápka byla silnější s věkem slepic, zatímco Yannakopoulos et al., (1994) nezjistili, žádný významný vliv věku slepic na vlastnosti vaječné skořápky.

Nicméně vliv věku na hmotnost a tloušťku vaječných skořápek se liší dle různých studií. Dle Doyona et al. (1985) klesá tloušťka skořápky s narůstajícím počtem snášek, což je v souladu s tvrzením Hamiltona (1982). Charakteristiky skořápky mohou být ovlivňovány interakcemi věku a plemene (Campo et al., 2007), věkem a systémem ustájení (Van den Brand et al., 2004). Tůmová et Ledvinka (2009) zjistili významné interakce mezi věkem slepice a dobou sběru vajec pro tloušťku skořápky. Nicméně, Van den Brand et al. (2004) oproti tomu nezjistili výrazný vliv věku na tloušťku skořápky, zatímco Suk et Park (2001) zjistili velmi významný vztah. Mladé slepice produkují vejce se silnější skořápkou a většími póry než starší slepice (Britton, 1977). Také deformace skořápky se zvyšuje s věkem slepice (Wahlstrom et al., 1999). U hnědovaječných nosnic s věkem klesá i pigmentace skořápky, s čímž souhlasí i Odabasi et al. (2007). Existují také pozorování publikované podle Szczerbinske (1997) a Zhanga et al. (2005), kteří zjistili, že barva skořápky klesá s věkem slepice, což koresponduje s výsledky Ledvinky et al. (2014).

Co se jednotlivých vaječných komponentů týče Johnston et Gous (2007) uvedli, že podíl vaječných komponent se mění s věkem. V souladu s tím, je i tvrzení Suka et Parka (2001), kteří uvádějí, že se hmotnost bílku zvyšuje s věkem, zatímco Rizzi et Chiericato (2005) zjistili, že procentuální podíl bílku se snížil. Stejně tak Silversides et Scott (2001) uvádějí, že hmotnost žloutku se zvyšuje s věkem více než hmotnost bílku, což je v souladu s výsledky Johnstona et

Gouse (2007b). Holoubek et al. (2007) uvádějí, že podíl žloutku ve vejci je ve vztahu ke genotypu a věku nosnice. Poměr žloutku a bílku se velmi liší podle velikosti vajec (Marion et al., 1964). Podíl žloutku bývá nižší u malých vajec než u větších (Kaminska et Skraba, 1991). Proto se velikost žloutku zvyšuje úměrně s velikostí vejce. S těmito tvrzeními souhlasí i Rossi et Pompeie (1995). Některé studie (Yilmaz a Bozkurt, 2009) uvádějí, že index tvaru žloutku je v negativní korelaci s věkem. Intenzita barvy žloutku, která je ovlivněna především výživou, je důležitým faktorem pro spotřebitele. Nikolova et Kocevski (2006) udávají, že vejce starších slepic byly charakterizovány intenzivnější barvou, což je v souladu se zjištěními Kuchty et al. (1999) a Czaje et Gornowicze (2006).

Věk slepice je také jedním z nejdůležitějších faktorů, který ovlivňuje kvalitu bílku čerstvě sneseného vejce. Kvalita bílku rychle klesá s věkem hejna. Williams (1992) uvádí, že vynucené přepeřování je prospěšné pro obnovení kvality bílku starších slepic, s tím souhlasí i Tona et al. (2002). Také podle Bakera et Vadehra (1970), Silversidese et Scotta (2001), Robertse et Balla (2004) kvalita bílku klesá s věkem slepic. Kline et al. (1965) a Hill et al. (1980) prokázali, že variabilita Haughových jednotek se zvyšuje s věkem slepice a Baishya et al. (2008) dodávají, že na variabilitě hodnot Haughových jednotek má vliv i genotyp drůbeže. Abrahamsson et Tauson (1998) a Zita et al. (2009) zjistili, že Haughovy jednotky s věkem slepice klesají, což je v souladu s tvrzením Krawczykové (2009), která uvádí, že bez ohledu na genotyp byly u mladých slepic charakterizovány výrazně vyšší Haughovy jednotky a výška bílku, který je určující pro kvalitu vajec a tato skutečnost souhlasí i s výsledky Van den Branda et al. (2004) a Czajy et Gornowicze (2006).

Hall et McKay (1992) zjistili, značné rozdíly v obsahu cholesterolu na gram žloutku mezi různými plemeny slepic a uvádějí, že hladina cholesterolu má tendenci klesat s věkem slepic. S tímto tvrzením souhlasí i Pandey et al. (1989). Oproti tomu výzkum s vysoce produkčními komerčními hybridy ukázal, že na rozdíl od jiných komponentů vejce je obsah cholesterolu stabilní a mění se jen málo, a to převážně pod vlivem životního prostředí a krmení (Sparks, 2006). Washburn et Marks (1977) uvádějí, že existuje inverzní vztah mezi hladinou cholesterolu ve žloutku a úrovní produkce vajec v hejnu, toto tvrzení se shoduje i s výsledky Krawczykové (2009) a Jianga et Sima (1991), kteří zjistili zvyšující se hladinu cholesterolu s věkem slepic (mg/vejce), ale koncentrace cholesterolu ve žloutku (mg/g žloutku) se snižovala v prvních 6 měsících produkce. Také věk slepic v interakci se systémem ustájení může mít vliv na koncentraci cholesterolu ve vejcích. Basmacioglu a Ergul (2005) prokázali, že systém chovu

významně ovlivňuje koncentraci cholesterolu ve vejci. Naopak, Lin et Min Hsiung Lee (1996) dospěli k závěru, že koncentrace cholesterolu ve žloutku se s věkem slepic významně nelišily.

Další důležitý parametr v kvalitě vajec je množství vápníku a schopnost nosnice vápník využít, především na tvorbu vaječné skořápky. Dle Rolanda (1986) se požadavek na množství vápníku u slepic zvyšuje s věkem. Nedostatek vápníku výrazně snižuje produkci vajec, hmotnost vejce, příjem krmiva a hustotu a pevnost kostí (Roland et al., 1996). Na druhou stranu i přebytek vápníku významně snižuje hmotnost vajec, produkci, příjem krmiva a tím i zisky (Harms et Waldroup, 1971). Slepice nedokáže zachovat optimální kvalitu skořápky bez přídavku vápníku v krmivu (Roland, 1986), což je v souladu s tvrzením Lennardse et Rolanda (1981). Kromě věku slepice existuje mnoho dalších faktorů, včetně plemene, spolupůsobení dalších živin jako je fosfor a množství energie v krmivu a teplotní podmínky, které mohou mít vliv na využití vápníku. V experimentu s nosnicemi Shaver Starcross Arpášová et al. (2010) uvádějí, že se procentuální podíl skořápky snižuje s počtem snáškových cyklů. Také tloušťka skořápky se mírně snížila v závislosti na věku.

V zájmu mnoha autorů (Gilbert et al., 1981; Barbosa et al., 1999; Koch et al., 2005) je zkoumání vlivu vynuceného přepeřování na kvalitu skořápky. Přepeřování může pozitivně ovlivnit tloušťku skořápky. Tato skutečnost je výraznější, pokud jsou slepice při přepeřování starší (Koch et al., 2005). Kim et al. (2005) uvádějí, že starší přepelichané slepice vykazovaly těžší vejce než mladší nepřepelichané slepice, přičemž procentuální podíl skořápky a produkce vajec mladších slepic byly výrazně vyšší než u staršího ptactva.

4 Materiál a metodika

Práce byla zaměřena na technologickou hodnotu konzumních vajec v závislosti na věku slepic. V rámci experimentu byla využita vejce bělovaječných slepic nosného typu, která pocházela ze šlechtitelského chovu.

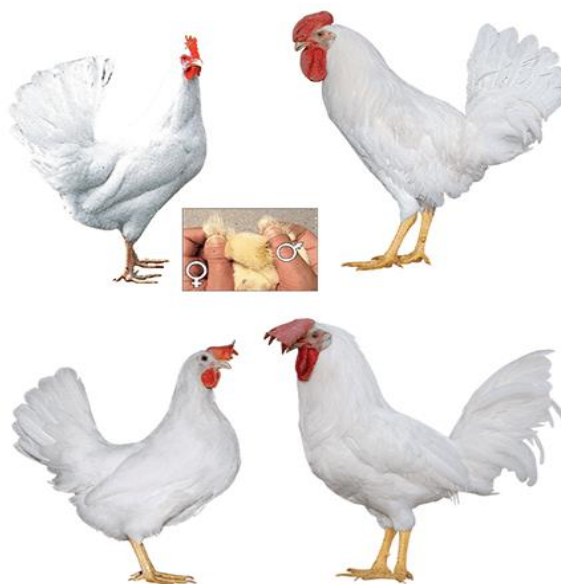
4.1 Design experimentu

Sledování bylo realizováno na genotypu Dominant Leghorn D 229, který produkuje vejce s bílou barvou skořápky.

Charakteristika Dominanta Leghorn D 229

Dominant leghorn D 229 je velmi oblíbený hlavně pro jeho vysokou snášku bílých vajec a nízkou konverzi krmiva. Líheň Studenec s.r.o. nabízí a dodává nejen finální hybridy, ale i rodiče a prarodiče do mnoha zemí světa. Tento program je vysoce přizpůsoben do různých výrobních, krmivářských a technologických podmínek.

Dominant leghorn D 229 je výsledkem křížení 4 původních linií leghorn bílých. Finální hybrid je sexován peříčkovou metodou. Jednodenní kohoutci jsou pomalu se opeřující na rozdíl od slepiček, které jsou rychle se opeřující (Tyller, 2014).



Obr. 1 Dominant Leghorn D 229 (Tyller, 2014)

Tabulka 1: Vybrané údaje o užitkovosti nosnic Dominant leghorn D 229 (období chovu do 74 týdnů věku) dle výsledků ve státním podniku, Mezinárodní testování drůbeže, Ústrašice, v klecovém systému, v letech 2011 – 2012.

Charakteristika	
Věk při 50% snášce	22. týden
Vrchol snášky	100 %
Snáška na počáteční stav	327 ks
Snáška na průměrný stav	333 ks
Průměrná hmotnost vajec	60,5 g
Celková vaječná hmota	20,1 kg
Spotřeba krmiva na slepici a den	124 g
Celková spotřeba na slepici	48 kg
Spotřeba krmiva na jedno vejce	146 g
Spotřeba krmiva na 1 kg vaječné hmoty	2,40 kg
Hmotnost těla v 78 týdnech věku	1,63 kg
Barva skořápky	bílá
Temperament	klidný

V našem sledování byly slepice ustájeny v klecích bateriového typu. Základem baterie klecí byl modul, jehož délka činila 120 cm a šířka činila 94 cm. V modulu bylo umístěno celkem 6 klecí. Každá klec měla podlahovou plochu o velikosti 1880 cm². V každé kleci byly umístěny 3 slepice. V modulu byly také umístěny 3 kapátkové napáječky.

Jednotlivé díly technologie byly antikorozně ochráněny. Krmný systém byl tvořen krmným vozíkem s dávkovačem, který dávkuje s přesností na 2 až 3 g. Systém odklizení trusu byl proveden pomocí nekonečných PP pásů s trojnásobnou očištěnou od trusu a zbytků peří s klopnými škrabkami a spirálovými válci. Napájecí systém byl tvořen uzavřenou napájecí

soustavou, dávkovačem léčiv a kontrolní deskou s vodoměrem, filtrem a uzavíratelnými ventily. Podmínky mikroklima a prostředí zcela odpovídaly požadavkům dle směrnice EK kladeným na tento systém ustájení.

Od 20. týdne věku byly slepice krmeny krmnou směsí N1 pro nosnice, následně byly krmeny směsí N2 a to od 41. týdne do konce snášky. Slepice byly po celou dobu sledování krmeny a napájeny ad libitum.

Krmná směs N1 se skládá z: pšenice, kukuřice, extrahovaného toastovaného šrotu (geneticky modifikovaného), uhličitanu vápenatého hrubozrného, uhličitanu vápenatého, rybí moučky, rostlinného oleje, kvasnic, monokalciumfosfátu, chloridu sodného, síranu sodného. Dále obsahuje 15,6 % dusíkatých látek, 3,4 % tuku, 2,28 % vlákniny, 11,38 % popelovin, 0,77 % lysinu, 0,39 % methioninu, 3,32 % vápníku, 0,59 % fosforu a 0,15 % sodíku.

Krmná směs N2 se skládá z: pšenice, kukuřice, sójového extrahovaného šrotu loupavého, toastovaného, uhličitanu vápenatého hrubozrného, uhličitanu vápenatého, živočišného tuku, pšeničné krmné mouky, monokalciumfosfátu a chloridu sodného. Dále obsahuje 14,8 % dusíkatých látek, 3,3 % tuku, 2,3 % vlákniny, 11,7 % popelovin, 0,76 % lysinu, 0,23 % methioninu, 3,49 % vápníku, 0,47 % fosforu a 0,16 % sodíku.

Přesná složení krmných směsí nejsou běžně dostupná.

4.2 Rozbory vajec a sledované parametry

Vejce určená k rozběrům byla sbírána od nosnic z klecového chovu. Pro rozbory bylo použito 300 vajec od každého genotypu. Rozbory a měření jednotlivých ukazatelů technologické hodnoty vajec, byly realizovány v laboratoři Katedry speciální zootechniky na České zemědělské univerzitě v Praze. Při laboratorních rozborech byly sledovány následující ukazatele technologické kvality vajec.

Celé vejce

Hmotnost vajec (g)

- pomocí elektronických laboratorních vah typu OHAUS Portable

Index tvaru vejce (%)

- posuvným měřítkem změřena šířka a délka vejce, ze získaných hodnot následně vypočten index tvaru vejce:

$$I_v = (\check{s}/d) * 100, \text{ kde } \check{s} - \text{šířka vejce v mm, } d - \text{délka vejce v mm}$$

Bílek

Hmotnost bílku (g)

- pomocí elektronických laboratorních vah typu OHAUS Portable

Podíl bílku (%)

- výpočtem z hmotnosti vejce a hmotnosti bílku

Index tvaru bílku (%)

- změřeny kolmé rozměry vnějšího tuhého bílku (nejdelší a nejširší rozměr v mm), mikrometrem změřena výška bílku v mm

- ze získaných údajů vypočten index bílku:

$$I_b = (a/b) * 100, \text{ kde } a - \text{výška bílku v mm, } b - \text{průměr největší šířky a délky bílku v mm}$$

Haughovy jednotky

- zjištěny na základě hmotnosti vejce a výšky tuhého bílku, pomocí logaritmu:

$$HU = 100 * \log (\text{výška bílku} + 7,57 - 1,7 * \text{hmotnost vejce}^{0,37})$$

Žloutek

Hmotnost žloutku (g)

- pomocí elektronických laboratorních vah typu OHAUS Portable

Podíl žloutku (%)

- výpočtem z hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku

Index tvaru žloutku (%)

- posuvným měřítkem zjištěny kolmé rozměry žloutku (mm), mikrometrem změřena výška žloutku (mm)

- ze zjištěných hodnot vypočten index tvaru žloutku:

$I\check{z} = (a/b) * 100$, kde a – výška žloutku v mm, b – průměr dvou na sebe kolmých měření délky žloutku v mm

Barva žloutku

- subjektivně dle stupnice La Roche se stupnicí od 3 do 14 - nejvyšší hodnota = nejtmaší odstín barvy žloutku

Skořápka

Hmotnost skořápky (g)

- pomocí elektronických laboratorních vah typu OHAUS Portable

Podíl skořápky (%)

- výpočtem z hmotnosti celého vejce a hmotnosti vaječné skořápky

Pevnost skořápky (N.cm⁻²)

- pomocí destruktivní metody – měřen tlak potřebný k prasknutí skořápky, měření na přístroji INSTRON model 3342 od výrobce INSTRON USA

Tloušťka skořápky (mm)

- měřena bez podskořápečných blan, ze střední části vejce, pomocí digitálního mikrometru MICROMASTER EASY

4.3 Statistické zpracování

Pro statistické zpracování zjištěných hodnot byl použit počítačový program SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2015) a k následnému vyhodnocení výsledných hodnot metoda analýzy rozptylu ANOVA. Pro vyhodnocení statistické průkaznosti rozdílů hodnot byl použit Scheffeho test ($P \leq 0,05$). V tabulkách je vždy uvedena průměrná hodnota parametru a směrodatná odchylka.

5 Výsledky

V následujících tabulkách 2 – 5 jsou uvedeny výsledky vybraných parametrů kvality vajec (žloutku, bílku a skořápky) v závislosti na věku bělovaječných nosnic.

Tabulka 2: Vliv věku nosnic na vybrané ukazatele kvality vajec jako celku

Parametr	Věk nosnic (v týdnech)			Průkaznost	SEM
	29	35	59		
Hmotnost (g)	57,76 ^C ±6,28	59,60 ^B ±3,78	62,75 ^A ±4,99	***	0,382
Index tvaru (%)	75,47±2,56	75,27±3,67	75,04±2,68	NS	0,218

*** $P \leq 0,001$; NS – neprůkazný rozdíl; SEM – střední chyba průměru; ^{ABC} Průměry parametrů ve stejném řádku označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší ($P \leq 0,05$).

Tabulka 2 uvádí výsledné hodnoty vybraných parametrů kvality vejce jako celku. Hmotnost vajec byla průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivněna s věkem nosnic. Průkazně nejvyšší hmotnost vajec byla naměřena u nosnic ve věku 59 týdnů (62,75 g), což je o 4,99 g více než u nosnic ve věku 29 týdnů a o 3,15 g více než u nosnic ve věku 35 týdnů. Naproti tomu, index tvaru vejce nebyl průkazně ovlivněn věkem nosnic, kdy se hodnoty indexu tvaru vejce s věkem nosnic snižovaly.

V našem sledování bylo zjištěno, že hmotnost bílku nebyla průkazně ovlivněna věkem (Tabulka 3). Na začátku snášky ve 29 týdnech věku byla hmotnost bílku 37,10 g, následně došlo k poklesu hmotnosti na 36,88 g a poté se zvýšila na 37,25 g v 59 týdnech věku. Lepší vypovídací hodnotu má podíl bílku z vejce. Procentuální podíl bílku byl průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivněn věkem nosnic. Podíl bílku se s věkem nosnic zvyšoval, přičemž nejvyšší procentuální podíl bílku byl u vajec nosnic ve věku 29 týdnů (64,32 %) a nejnižší u nosnic ve věku 59 týdnů (59,29 %). Také index tvaru bílku byl významně ovlivněn ($P \leq 0,001$) věkem nosnic, kdy nejvyšší index byl naměřen u nosnic ve věku 35 týdnů (7,64 %) a nejnižší u nosnic ve věku 59

týdnů (5,24 %), což svědčí o zhoršující se kvalitě bílku. Obdobně bylo zjištěno, že věk nosnic je statisticky významný ($P \leq 0,001$) pro Haughovy jednotky. A stejně jako v případě indexu tvaru bílku byla zjištěna průkazně vyšší hodnota u nosnic ve věku 35 týdnů (78,74) a nejnižší ve věku 59 týdnů (64,59).

Tabulka 3: Vybrané parametry kvality bílku ve vztahu k věku nosnic

Parametr	Věk nosnic (v týdnech)			Průkaznost	SEM
	29	35	59		
Hmotnost (g)	37,10±3,56	36,88±2,87	37,25±3,81	NS	0,240
Podíl (%)	64,32 ^A ±2,56	61,85 ^B ±1,85	59,29 ^C ±2,27	***	0,210
Index (%)	6,06 ^B ±1,49	7,64 ^A ±1,77	5,24 ^C ±1,54	***	0,136
Haughovy jednotky	69,62 ^B ±9,09	78,74 ^A ±8,36	64,59 ^C ±11,43	***	0,804

*** $P \leq 0,001$; NS – neprůkazný rozdíl; SEM – střední chyba průměru; ^{ABC} Průměry parametrů ve stejném řádku označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší ($P \leq 0,05$).

Hmotnost žloutku byla průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivněna věkem nosnic (Tabulka 4), kdy se s věkem nosnic zvyšovala. U nosnic ve věku 59 týdnů byla zjištěna průkazně nejvyšší hmotnost žloutku (19,53 g) v porovnání s nosnicemi ve věku 29 týdnů (15,16 g) a 35 týdnů (16,65 g). Věk významně ovlivnil i procentuální podíl žloutku ($P \leq 0,001$), který kopíroval trend jako u hmotnosti žloutku. Vyšší podíl žloutku byl zjištěn u nosnic ve věku 59 týdnů (31,18 %) než u nosnic ve věku 29 týdnů (26,10 %) a 35 týdnů (27,96 %). Index tvaru žloutku byl také průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivněn věkem nosnic. U tohoto parametru byla zjištěna sestupná tendence s věkem nosnic, což svědčí o horší kvalitě vajec od starších nosnic, tj. u nosnic ve věku 29 týdnů (53,72 %), naopak nejnižší u vajec od nosnic ve věku 59 týdnů, kdy v porovnání se staršími nosnicemi (ve věku 59 týdnů) se jedná o rozdíl 16,64 procentního bodu. Dalším sledovaným parametrem byla barva žloutku, která nebyla průkazně ovlivněna věkem, a

neprůkazně vyšší hodnoty byly naměřeny u nosnic ve věku 59 týdnů, což může být způsobeno i složením krmiva.

Tabulka 4: Ukazatele kvality vaječného žloutku

Parametr	Věk nosnic (v týdnech)			Průkaznost	SEM
	29	35	59		
Hmotnost (g)	15,16 ^C ±3,12	16,65 ^B ±1,26	19,53 ^A ±1,62	***	0,193
Podíl (%)	26,10 ^C ±2,75	27,96 ^B ±1,78	31,18 ^A ±2,05	***	0,211
Index (%)	53,72 ^A ±2,90	41,22 ^B ±2,76	37,08 ^C ±1,94	***	0,519
Barva	7,23±0,65	7,36±0,74	7,75±0,73	NS	0,190

*** $P \leq 0,001$; NS – neprůkazný rozdíl; SEM – střední chyba průměru; ^{ABC} Průměry parametrů ve stejném řádku označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší ($P \leq 0,05$).

V tabulce 5 jsou uvedeny průměrné hodnoty vybraných parametrů kvality skořápky. Věk nosnic statisticky významně ($P \leq 0,001$) ovlivnil hmotnost skořápky. Nejvyšší hmotnost byla zjištěna u nosnic ve starším věku 35 týdnů (6,07 g) a v porovnání s hodnotou naměřenou ve věku 59 týdnů se jedná o rozdíl 0,1 g. Podíl skořápky byl též průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivněn věkem. Nejvyšší podíl skořápky byl zjištěn u vajec nosnic ve věku 35 týdnů. Průkazně nižší hodnota byla zjištěna u nosnic ve věku 29 a 59 týdnů, u nichž rozdíl procentního bodu činil 0,05. Věk také významně ovlivnil pevnost skořápky ($P \leq 0,01$). Vejce od nosnic ve věku 29 týdnů měla vyšší pevnost skořápky (44,13 N.cm⁻²) než nosnice ve věku 35 týdnů (41,86 N.cm⁻²) a 59 týdnů (39,53 N.cm⁻²). Tyto výsledky poukazují na zhoršenou kvalitu skořápky, nižší pevnost skořápky, s věkem nosnic. Tloušťka skořápky nebyla průkazně ovlivněna věkem, avšak byl shledán pokles tloušťky s věkem. Nepatrně vyšší hodnoty byly u vajec od nosnic ve věku 29 týdnů oproti nosnicím ve věku 35 týdnů (o 0,005 mm) a ve věku 59 týdnů (o 0,008 mm).

Tabulka 5: Vliv věku nosnic na dané ukazatele kvality vaječné skořápky

Parametr	Věk nosnic (v týdnech)			Průkaznost	SEM
	29	35	59		
Hmotnost (g)	5,51 ^B ±0,53	6,07 ^A ±0,47	5,97 ^A ±0,50	***	0,039
Podíl (%)	9,57 ^B ±0,75	10,19 ^A ±0,53	9,52 ^B ±0,60	***	0,050
Pevnost (N.cm ⁻²)	44,13 ^A ±7,56	41,86 ^{AB} ±6,95	39,53 ^B ±8,05	**	0,545
Tloušťka (mm)	0,354±0,02	0,349±0,02	0,346±0,03	NS	0,002

*** $P \leq 0,001$; ** $P \leq 0,01$; NS – neprůkazný rozdíl; SEM – střední chyba průměru; ^{ABC} Průměry parametrů ve stejném řádku označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší ($P \leq 0,05$).

6 Diskuze

U bělovaječných nosnic Dominant Leghorn D 229 byla zjištěna prokazatelně vyšší hmotnost vajec u starších nosnic ve věku 59 týdnů (62,75 g), což je v souladu s výsledky autorů Silversidese et Scotta (2001), Van den Branda et al. (2004), Rizziho et Chiericata (2005), Baumgartnera et al. (2007), Johnstona et Gouse (2007), Ojedapa (2013), Reinharta et Morana (1979) a Shanawanyho (1987), kteří zjistili vyšší hmotnost vejce u starších nosnic v porovnání s mladšími nosnicemi. Ledvinka et Klesalová (2002) zaznamenali, že na hmotnost vajec má vliv i počet snáškových cyklů. Bylo prokázáno, že na začátku snášky produkují nosnice vejce, která mají nižší hmotnost než vejce nosnic v plném produkčním období, a že s věkem se hmotnost vajec zvyšuje. Index tvaru vejce nebyl průkazně ovlivněn věkem, což je v rozporu s tvrzením Van den Branda et al. (2004), kteří zjistili, že je index tvaru vejce ovlivněn věkem drůbeže a dále uvádějí, že s věkem nosnice dochází ke snížení indexu tvaru vejce. Nikolova et Kocevski (2006) udávají, že mají starší nosnice tendenci snášet vejce protáhlejší.

Při hodnocení vnitřních komponentů vejce se většina autorů shoduje na tom, že jej výrazně ovlivňuje věk nosnice (Fletcher et al., 1983; Suk et Park, 2001; Holoubek et al., 2007; Johnston et Gous, 2007). V našem sledování bylo zjištěno, že hmotnost bílku nebyla průkazně ovlivněna věkem. Oproti tomu podíl bílku byl věkem průkazně ovlivněn ($P \leq 0,001$). Průkazně vyšší podíl bílku byl zjištěn u nosnic ve věku 29 týdnů (64,32 %) oproti starším nosnicím ve věku 59 týdnů (59,29 %), což je v souladu s výsledky Rizziho et Chiericata (2005). Index bílku byl rovněž průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivněn věkem. Nejnižší hodnoty byly stejně jako v případě podílu bílku naměřeny u starších nosnic, což je v souladu s tvrzením, že kvalita bílku obecně klesá s věkem nosnic, na kterém se shoduje mnoho autorů (Baker et Vadehra, 1970; Silversides et Scott, 2001; Roberts et Ball, 2004). Dalším parametrem kvality bílku jsou Haughovy jednotky, u nichž byly naměřeny nejnižší hodnoty u starších nosnic ve věku 59 týdnů, což je v souladu s výsledky autorů Abrahamssona et Tausona (1998) a Zity et al. (2009).

U starších nosnic byla zjištěna výrazně vyšší hmotnost žloutku (19,53 g) oproti mladším nosnicím ve věku 25 týdnů (15,16 g). Podíl žloutku byl také průkazně ovlivněn věkem ($P \leq 0,001$), přičemž nejvyšší hodnota byla naměřena u starších nosnic (31,18 %), což je v souladu s tvrzením Rossiho et Pompeje (1995), kteří uvedli, že se hmotnost žloutku zvyšuje úměrně s velikostí vejce starších či indukovaně přepelichaných nosnic. Toto tvrzení podporuje i Kamínska et Skraba (1991), kteří uvedli, že podíl žloutku bývá nižší u malých vajec oproti vejcům s větší velikostí. Barva žloutku byla v našem experimentu věkem neprůkazně ovlivněna.

Přestože je intenzita barvy žloutku ovlivňována především výživou, studie Nikolova et Kocevskiho (2006) ukázala, že vejce starších slepic byly charakterizovány intenzivnější barvou, což je v souladu se zjištěním Kuchty et al. (1999) a Czaje et Gornowicze (2006).

Věk nosnic statisticky významně ($P \leq 0,001$) ovlivnil hmotnost skořápky. Nejvyšší hmotnost skořápky byla zjištěna u nosnic ve věku 35 týdnů (6,07 g), ve stejném věku byl naměřen i nejvyšší podíl skořápky (10,19 %). Nejvyšší pevnost skořápky byla u mladších nosnic ve věku 29 týdnů (44,13 N.cm⁻²) v porovnání se staršími nosnicemi. Měření kvality skořápky tak prokázalo, že se parametry skořápky zhoršují s věkem nosnice. S tímto tvrzením souhlasí i Roland et al. (1975), Roland (1979), Nys (1985), Roberts et Ball (2004), Campo et al. (2007). Nys et al. (2001) tuto skutečnost také potvrzuje a uvádějí, že jedním z hlavních problémů zhoršení kvality skořápky u starších nosnic je zvýšení hmotnosti vajec, ale bez zvýšení množství uhličitanu vápenatého uloženého ve skořápkách. Roland (1986) dodává, že si nosnice nedokáže zachovat optimální kvalitu skořápky bez přídavku vápníku v krmivu, což je v souladu s tvrzením Lennardse et Rolanda (1981). Z tohoto důvodu se výskyt poškozených vajec výrazně zvyšuje s věkem slepic. Toto tvrzení je v souladu s výsledky Campa et al. (2007). Tůmová et Ledvinka (2009), uvádějí významnou spojitost věku nosnic a dobou sběru vajec u tloušťky skořápky. S tím souhlasí i Suk et Park (2001). V rozporu s tímto tvrzením jsou výsledky Van den Branda et al. (2004), kteří nezjistili žádný výrazný vliv věku na tloušťku skořápky, což je v souladu s našimi výsledky experimentu, při kterém tloušťka skořápky také nebyla průkazně ovlivněna věkem.

7 Závěr

Kvalita konzumních slepičích vajec je ovlivněna mnoha faktory. Předmětem práce bylo zjistit, jaké jsou změny v kvalitě vajec v závislosti na věku bělovaječných slepic nosného typu Dominant leghorn D 229. Mladší nosnice ve věku 25 týdnů měly lepší hodnoty než starší nosnice u parametrů procentuální podíl bílku, index tvaru žloutku a pevnost skořápky. Oproti tomu u starších nosnic byly zjištěny vyšší hodnoty pro hmotnost vejce, hmotnost žloutku a podíl žloutku. Výrazné rozdíly mezi věkem nosnic byly zaznamenány u hmotnosti vejce, rozdíl téměř 5 g byl ve prospěch starších nosnic (62,75 g) oproti mladším nosnicím (57,76 g), poměrně výrazný rozdíl byl také u hmotnosti žloutku, kdy u starších nosnic byla hmotnost o 4,37 g vyšší než u nosnic mladších a u podílu žloutku, kdy u starších nosnic bylo naměřeno o 5,08 procentního bodu více než u mladších nosnic. O 16,64 procentního bodu měly vyšší hodnoty indexu žloutku mladší nosnice oproti starším. Pevnost skořápky byla o 4,6 N.cm⁻² silnější u nosnic ve věku 29 týdnů oproti nosnicím ve věku 59 týdnů.

Z výsledků vyplývá, že pro producenty vajec budou mít z hlediska kvality skořápky větší význam mladší nosnice, protože pevnost skořápky je nezbytná pro zamezení mechanického poškození během transportu vajec či pro ochranu vejce před pronikáním patogenních bakterií do vejce, kdy znatelně lepší hodnoty pevnosti skořápky vykazovala vejce právě od nosnic ve věku 25 týdnů oproti starším nosnicím. Avšak z pohledu hmotnosti vejce by tomu bylo naopak, kdy těžší vejce měly nosnice starší.

V našem experimentu bylo zjištěno, že věk nosnice ovlivňuje jednotlivé parametry vejce, ovšem nelze opomenout, že věk nosnice často spolupůsobí i s jinými faktory jako např. výživou, systémem a podmínkami ustájení nebo genotypem nosnice.

Závěrem je možné konstatovat, že hypotéza byla téměř zcela potvrzena. Vliv věku nosnice na jednotlivé parametry vajec byl průkazný u hmotnosti vejce, hmotnosti žloutku i skořápky, procentuálního podílu bílku, žloutku i skořápky, indexu tvaru bílku a žloutku a též u Haughových jednotek a pevnosti skořápky. Neprůkazné rozdíly byly shledány u indexu tvaru celého vejce, barvy žloutku a tloušťky skořápky.

8 Seznam použité literatury

Abrahamsson, P., Tauson, R. 1998. Performance and egg quality of laying hens in an aviary system. *Journal of Applied Poultry Research*, 7 (3). 225-232.

Ahn, D. U., Kim, S. M., Shu, H. 1997. Effect of egg size and strain and age of hens on the solids content of chicken eggs. *Poultry Science*. 76 (6). 914-919.

Aksoy, T., Yilmaz, M., Tuna, Y. T. 2001. The effect of oviposition time on egg quality and the possibility of estimating egg shell weight using a formula in commercial layers. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*. 25 (6). 811-816.

Akyurek, H., Okur, A. A. 2009. Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layer hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 8 (10). 1953-1958.

Alsobayel, A. A., Albadry, M. A. 2011. Effect of storage period strain of layer on internal and external quality characteristics of eggs marketed in Riyadh area. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 10 (1). 41-45.

Arent, E., Tůmová, E., Ledvinka, Z., Holoubek, J. 1997. The effect of the plane of nutrition on egg quality in laying hens of different genotypes. *Živočišná výroba*. 42 (9). 427-432.

Arpášová, H., Halaj, M., Halaj, P. 2010. Eggshell quality and calcium utilization in feed of hens in repeated laying cycles. *Czech Journal of Animal Science*. 55 (2). 66-74.

Bain, M. 1990. Eggshell strength: A mechanical/ultrastructural evaluation. *Disertační práce*. University of Glasgow. Scotland, UK.

Baker, R. C., Vadehra, D. V. 1970. The influence of quantity of thick albumen on internal egg quality measurements. *Poultry Science*. 49. 493-496.

Barbosa, B. A. C., Soares, P. R., Rostagno, H.S., Silva, M. A. E., Albino, L. F. T., das Gracas, A. S. 1999. Nutritional requirements for lysine in white – egg and brown – egg layers in second production cycle; 2: productive traits. *Revista Brasileira de Zootecnia – Brazilian Journal of Animal Science*. 28. 534-541.

Basmacioglu, H., Ergul, M. 2005. Research on the factors affecting cholesterol content and some other characteristics of eggs in laying hens - The effects of genotype and rearing system. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 29 (1). 157-164.

Baumgartner, J., Benková, J. 2004a. Vajce ako funkčná potravina. *Slovenský chov*. 6. 48 s.

Baumgartner, J., Benková, J., Peškovicová, D. 2007. Effect of line, age and individuality on yolk cholesterol content and some other egg quality traits in Leghorn type yolk cholesterol selected hens. In: XVIII European Symposium on the quality of poultry meat and XII European Symposium on the quality of eggs and egg products. Prague. p. 35-36.

Baishya, D., Dutta, K. K., Mahanta, J. D., Borpujari, R. N. 2008. Studies on certain qualities of different sources of chicken eggs. *Journal of Veterinary and Animal Science*. 4 (4). 139-141.

Béderová, A. 2006. Pravda o škrupinových vajciach. In: *Výživa a zdravie*. Nitra.č. 1. s. 19.

Bell, D. D., Weaver, D. W., North, O. M. 2002. Commercial chicken meat and egg Production. Springer Science and business Media. p. 1365. ISBN: 9780792372004.

Boling, S. D., Webel, D. M., Mavromichalis, I., Parsons, C. M., Baker, D. H. 2000. The effects of citric acid on phytate-phosphorus utilization in young chicks and pigs. *Journal of Animal Science*. 78 (3). 682–689.

Bozkurt, Z., Tekerli, M. 2009. The effects of age, genotype and temperature of storage on egg quality. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 15 (4). 517-524.

Britton, W. M. 1977. Shell membrane of eggs differing in shell quality from young and old hens. *Poultry Science*. 56 (2). 647-653.

Burrington, K. J. 2000. Nutritional and beneficial ingredients. *Food Product Desing*. 38. 47 s.

Cabadaj, R., Turek, P. 1992. Hygiena a technológia hydiny a vajec. Košice. 177–285 s. ISBN: 8085569086.

Campo, J. L., Gil, M. G., Davila, S. G. 2007. Differences among white-, tinted-, and brown-egg laying hens for incidence of eggs laid on the floor and for oviposition time. *Archiv für Geflügelkunde*. 71 (3). 105-109.

Czaja, L., Gornowicz, E. 2006. Wpływ genomu oraz wieku kur na jakość jaj spożywczych. *Roczniki Naukowe Zootechniki*. 33 (1). 5-70.

Čuboň, J., Haščík, P., Michalcová, A. 2007. Hodnotenie surovín a potravín živočíšného pôvodu. Nitra. 99-107 s. ISBN: 9788080698911.

Doyon, G., Bernier-Cardou, M., Hamilton, R. M. G., Castaigne, F., MacLean, H. 1985. Egg quality. 1. Shell strength of eggs from five commercial strains of White Leghorn hens during their first laying cycle. *Poultry Science*. 64 (9). 1685-1695.

Elkin, R. G., Furomoko, E. J., Thomas, C. R. 2003. Assessment of egg nutrient compositional changes and residue in eggs, tissues and excreta following oral administration of atorvastatin to laying hens. *Journal Agricultural and Food Chemistry*. 2 (61). 3473-3481.

Engelmaierová, M., Tůmová, E. 2008. Změny kvality vajec v závislosti na systému ustájení a skladování. In: *Náš chov*. 1 (68). 72–73 s. ISSN: 0027-8068.

Fletcher, D. L., Britton, W. M., Pesti, G. M., Rahn, A. P., Savage, S. I. 1983. The relationship of layer flock age and egg weight on egg component yields and solids content. *Poultry Science*. 62 (9). 1800-1805.

Gemzická, N. 2004. Vliv probiotika Lactiferm L-200 na užitkovost' slepěk a kvalitu bílka vajec znáškového hybridu ISA brown. Nitra. 42 s.

Gilbert, A. B., Peddte, J., Mitchell, G. G., Teagute, P.W. 1981. The egg laying response of the domestic hen to variation in dietary calcium. *British Poultry Science*. 22 (6). 537-548.

Halaj, M., Golian, J., Halaj, P. 2002. Čo ovplyvňuje nutričné vlastnosti slepačích vajec. *Magazín chovateľa*. 7. 3-14.

Halaj, M., Grofík, R. 1994. The relationship between egg shell strength and hens features. *Živočíšná výroba*. 39. 927-934.

Hall, L. M., McKay, J. C. 1992. Variation in egg yolk cholesterol concentration between and within breeds of the domestic fowl. *British Poultry Science*. 33. 941-946.

- Hamilton, R. M. G. 1982. Methods and factors that affect the measurement of eggshell quality. *Poultry Science*. 61 (10). 2022-2039.
- Harms, R. H., Waldroup, P.W. 1971. The effect of high dietary calcium on the performance of laying hens. *Poultry Science*. 50. p. 967-969.
- Heil, G., Hartmann, W. 1997. Combined summaries of European random sample egg production tests completed in 1995 and 1996. *Worlds Poultry Science*. 53 (3). 291-296.
- Hejlová, Š. 2001. *Hygiena a technologie vajec a vaječných výrobků*. Straka. Újezd u Brna. 71 s. ISBN: 8090277586.
- Hill, A. T., Eissinger, R. C., Hamilton, D. M., Patko, J. 1980. Sample sizes required for predicting albumen quality in stored eggs from eight commercial stocks. *Canadian Journal of Animal Science*. 60. 979-989.
- Holoubek, J., Ledvinka, Z., Skřivan, M., Tůmová, E. 2007. *Základy chovu drůbeže*. ČZU-AF. Praha. ISBN: 9788021306608.
- Ingr, I., Buryška, J., Simeonová, J. 1993. *Hodnocení živočišných výrobků*. Brno. 104-115 s.
- Islam, M. A., Bulbul, S. M., Seeland, G., Islam, A. B. M. M. 2001. Egg quality of different chicken genotypes in summer and winter. *Pakistan Journal of Biological Science*. 4 (11). 1411-1414.
- Jiang, Z. R., Sim, J. S. 1991. Egg cholesterol values in relation to the age of laying hens and to egg and yolk weights. *Poultry Science*. 78. 1838-1841.
- Johnston, S. A., Gous, R. M. 2007. Modelling the changes in the proportions of the egg components during a laying cycle. *British Poultry Science*. 48 (3). 347-353.
- Kaminska, B. Z., Skraba, B. 1991. Analysis of hen types considering albumen: yolk ratio and its changes during the laying cycle. In: *Proceedings of the 4th European Symposium on the Quality of Poultry Products; II. Eggs and Egg Products*. Doorwerth. The Netherlands. p. 43-49.
- Kline, L., Meehan, J. J., Sugihara, T. F. 1965. Relation between layer age and egg-product yields and quality. *Food Technology*. 19. 1296-1301.

Kocevski, D., Nikolova, N., Kuzelov, A. 2011. The influence of strain and age on some egg quality parameters of commercial laying hens. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 27 (4). 1649-1658.

Koch, J. M., Moritz, J. S., Smith, D. L., Lay, D. C., Wilson, M. E. 2005. Melengestrol acetate as an effective alternative to induce a decline in egg production and reversible regression of the reproductive tract in laying hens. II. Effects on postmolt egg quality. *Poultry Science*. 84. p. 1757-1762.

Koreleski, J., Swiatkiewicz, S. 2004. Calcium from limestone meal and grit in laying hen diets - effect on performance, eggshell and bone quality. *Journal of Animal and Feed Science*. 13. 635-645.

Kramer, A. 1951. What is quality and how it can be measured: from food technology point of view. In: market demand and product quality. *Mktg.Res. Workshop Rept.*, Michigan State College.

Krawczyk, J. 2009. Effect of layer age and egg production level on changes in quality traits of eggs from hens of conservation breeds and commercial hybrids. *Annals of Animal Science*. 9 (2). 185-193.

Kritchewsky, S. B., Kritchewsky, D. 2000. Egg consumption and coronary heart disease. In: *Epidemiologic overview*. *Journal of American College of Nutrition*. 19 (5). 549-555.

Kříž, L. 1997. *Zpracování a ošetření drůbežích produktů*. Praha. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. Praha. 29 s. ISBN: 8071051608.

Kuchta, M., Gornowicz, E., Koreleski, J. 1999. Wpływ kantaksantyny na barwę żółtek jaj kurzych w zależności od zawartości pigmentów żółtych w paszy. *Roczniki Naukowe Zootechniki*. 26 (1). 229-241.

Lazar, V. 1986. *Chov drůbeže*. Vysoká škola zemědělská. Brno. 190 s. ISBN: 5590386.

Ledvinka, Z., Klesalová, L. 2002. Hmotnost vajec a faktory, které ji ovlivňují. *Náš chov*. 62 (7). 54.

Ledvinka, Z., Tůmová, E., Arent, E., Holoubek, J., Klesalová, L. 2000. Egg shell quality in some white-egg and brown egg cross combinations of dominant hens. *Czech Journal of Animal Science*. 45 (6). 285-288.

Ledvinka, Z., Zita, L., Tyller, M., Dobrovolný, P., Klesalová, L., Tyllerová, H. 2014. Effect of genotype, feather growth-rate gene and the age of hens on the egg quality. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 20 (6). 1466-1471.

Leeson, S. 2006. Defining and predicting changes in nutrient requirements of poultry. *World Poultry Science Journal*. 62.

Lenards, R. M., Roland, D. A. 1981. The influence of time of dietary calcium intake on shell quality. *Poultry Science*. 60 (9). 2106-2113.

Leyendecker, M., Hamann, H., Hartung, J., Kamphues, J., Ring, C., Gluender, G., Ahlers, C., Sander, I., Neumann, U., Distl, O. 2001a. Analysis of genotype environment interactions between layer lines and housing systems for performance traits, egg quality and bone breaking strength. 1st communication: Performance traits. *Züchtungskunde*. 73 (4). 290-307.

Leyendecker, M., Hamann, H., Hartung, J., Kamphues, J., Ring, C., Glünder, G., Ahlers, C., Sander, I., Neumann, U., Distl, O. 2001b. Analysis of genotype environment interactions between layer lines and housing systems for performance trails, egg quality and bone strength. 2nd communication: Egg quality traits. *Züchtungskunde* 73 (4). 308-323.

Liem, A., Pesti, G. M., Edwards, Jr. H. M. 2008. The effect of several organic acids on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chicks. *Poultry Science*. 87 (4). 689-693.

Li Yun Lin, Min Hsiung Lee. 1996. Effect of hen's age on the composition of yolk lipid. *Food Science*. Taiwan. 23. 168-173.

Lutz, T., Scharrer, E. 1991. Effect of short-chain fatty acids on calcium absorption by the rat colon. *Experimental Physiology*. 76 (4). 615-618.

Mabe, I. C., Rapp, M., Bain, 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 (12). 1903-1913.

Maciel, W. C., Daza-Andrada, A., Callejo Ramos, A., Teixeira, R. S. de C., Carbo, C. B. 2011. Effect of hen age, egg weight and storage system on physical properties of egg from white-egg laying hens. *PUBVET*. 5 (32).

Marion, W. W., Nordskog, A. W., Tolman, H. S., Forsythe, R. H. 1964. Egg composition as influenced by breeding, egg size, age and season. *Poultry Science*. 43 (1). 255-264.

Meluzzi, A., Sirri, F., Manfreda, G., Tallarico, N., Franchini, A. 2000. Effects of dietary vitamin E on the quality of table eggs enriched with *n-3* long-chain fatty acids, *Poultry Science*. 79 (4). 539-545.

Mroz, Z., Jongbloed, A. W., Partanen, K. H., Vreman, K., Kemme, P. A., Kogut, J. 2000. The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. *Journal of Animal Science*. 78. 2622-2632.

Nagy, J., Danko, J., Jevinová, P., Kožárová, I., Marcinčák, S., Nagyová, A., Pipová, M., Popelka, P., Turek, P. 2009a. Hygiena a technológia hydiny a vajec. Edičné stredisko Univerzity veterinárskeho lekárstva. Košice. 268–333 s. ISBN: 9788080771324.

Nagy, J., Danko, J., Jevinová, P., Kožárová, I., Marcinčák, S., Nagyová, A., Pipová, M., Popelka, P., Turek, P. 2009 b. Hygiena mäsa hydiny, vajec a zveriny. Edičné stredisko Univerzity veterinárskeho lekárstva. Košice. 291–338 s. ISBN: 9788080771799.

Nedeljka, N., Dragoslav, K. 2005. Effect of season and hen's age on eggs shape index. *Contemporary Agriculture Savremena Poljoprivreda*. 54 (1-2). 45-149.

Nedomová, Š. 2012. Vaječná skořápka jako bariéra chránící drahocenný obsah. [online]. Chempoint. 26. dubna 2012. [cit. 2015-1-18]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/vajecna-skorapka-jako-bariera-chranici-drahocenny-obsah> >

Nikolova, N., Kocevski, D. 2004. Influence of season on physical and chemical characteristics of hen's eggshell. *Biotechnology in Animal Husbandry*, Belgrade-Zemun, R.Serbia. 20. 5-6. 165-174.

Nikolova, N., Kocevski, D. 2006. Forming egg shape index as influenced by ambient temperatures and age of hens. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 22. 119-125.

Nys, Y. 1986. Relationship between age, shell quality and individual rate and duration of shell formation in domestic hens. *British Poultry Science*. 27 (2). 253-259.

- Nys Y. 2001. Recent developments in layer nutrition for optimising shell quality. In: Proceedings of 13th European Symposium of Poultry Nutrition. Blankenberge, Belgium. 45-52.
- 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 (6). 549-562.
- Odabasi, A. Z., Miles, R. D., Balaban, M. O., Portier, K. M. 2007. Changes in brown eggshell color as the hen ages. *Poultry Science.* 86 (2). 356-363.
- Ojedapo, L. O. 2013. Effect of age and season on egg quality traits of brown layer strainreared in derived savanna zone of Nigeria. *Transnational Journal of Science and Technology.* 3 (7). 48-60.
- Okál', A. 1976. *Technológia hydinárskeho priemyslu.* Bratislava. 1976. 8-34 s.
- Omogbenigun, F. O., Nyachoti, C. M., Slominski, B. A. 2003. The effect of supplementing microbial phytase and organic acids to a corn-soybean based diet fed to early weaned pigs. *Journal of Animal Science.* 81 (7). 1806-1813.
- Pandey, N. K., Mahapatra, C. M., Verma, S. S., Johari, D. C. 1986. Effect of strain on physical egg quality characteristics in White Leghorn chickens. *International Journal of Poultry Science.* 21. 304-307.
- Pandey, N. K., Panda, B., Maitra, D. N., Mahapatra, C. M. 1989. The influence of strain, age and season on cholesterol, vitamin A and fatty acid contents of egg. *Journal of Food Science and Technology.* 26. 161-163.
- Park, K. W., Rhee, A. R., Um, J. S., Paik, I. K. 2009. Effect of dietary available phosphorus and organic acids on the performance and egg quality of laying hens. *Journal of Applied Poultry Research.* 18 (3). 598-604.
- Patterson, P. H. 1997. The relationship of oviposition time and egg characteristics to the daily light: dark cycle. *Journal of Applied Poultry Research.* 6 (4). 381-390.
- Pavlovski, Z., Vitorović, D., Skrbić, Z., Vracar, S. 2000. Influence of limestone particle size in diets for hens and oviposition time on eggshell quality. *Acta Veterinaria.* Beograd. 50 (1). 37-42.

- Peter, V. 1986. Chov hydiny. Bratislava. 1986. 11-43 s.
- Posati, L. P., Orr, M. L. 1976. Composition of foods: dairy and egg products raw-processed-prepared. Handbook 8-1. USDA. Agricultural Research Service. Washington, D.C.
- Radcliffe, J. S., Zhang, Z., Kornegay, E. T. 1998. The effects of microbial phytase, citric acid, and their interaction in a corn-soybean meal-based diet for weanling pigs. *Journal of Animal Science*. 76. 1880-1886.
- Ramos, A. C., Maciel, W. C., Andrada, A. D., Teixeira, R. S. de C., Carbo, C. B. 2010. Effect of bird age and storage system on physical properties of eggs from brown laying hens. *PUBVET*. 4 (37).
- Reinhart, B. S., Moran, E. T. Jr., 1979. Incubation characteristics of eggs from older small white turkeys with emphasis on the effects due to egg weight. *Poultry Science*. 58 (6). 1599-1605.
- Rizzi, C., Chiericato, G. M. 2005. Organic farming production. Effect of age on the productive yield and egg quality of hens of two commercial hybrid lines and two local breeds. *Italian Journal of Animal Science*. 4 (3). 160-162.
- Roberts, J. R., Ball, W. 2004. Egg quality guidelines for the Australian egg industry. Australian Egg Corporation Limited Publication 03/19. 32 pp.
- Rodriguez-Navarro, A. B., Kalin, O., Nys, Y., Garcia-Ruiz, J. M. 2002. Influence of the microstructure on the shell strength of eggs laid by hens of different ages. *British Poultry Science*. 4. 396-403.
- Roland, D. A. Sr. 1979. Factors influencing shell quality of aging hens. *Poultry Science*. 58. 774-777.
- Roland, D. A., Sr. 1986. Egg shell quality III: Calcium and phosphorus, requirements of commercial leghorns. *World's poultry Science*. 42 (2). 154-156.
- Roland, D. A. Sr. 1988. Research note: egg shell problems: estimates of incidence and economic impact. *Poultry Science*. 67. 1801-1803.
- Roland, D. A., Brake, J. 1982. Influence of premolt production on postmolt performance with explanation for improvement in egg production due to force molting. *Poultry Science*. 61. 2473-2481.

Roland, D. A., Bryant, M. 2000. Nutrition and feeding for optimum egg shell quality. XXI World's Poultry Congress. Montreal. Canada. p. 1-9.

Roland, D. A., Sloan, D. R., Harms, R. H. 1975. The ability of hens to maintain calcium deposition in the egg shell and egg yolk as the hen ages. Poultry Science. 54 (5). 1720-1723.

Romanov, M. N. 1995. Qualitative and quantitative egg characteristics in laying hens of different genotype. VI European Symposium on The Quality of Egg and Egg Products. Spain. p. 203-206.

Rose, D. N., Gridgeman, T., Fletcher, D. A. 1966. Solids content of eggs. Poultry Science. 45. 221-226.

Rossi, M., Hidalgo, A., Pompei, C. 1995. Classical methods and new proposals for rapid evaluation of shell egg freshness. In: Proc. 6th European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products. Spain: Graficas imprinter. Zaragoza. p. 23-31.

Rossi, M., Pompei, C. 1995. Changes in some egg components and analytical values due to hen age. Poultry Science. 74 (1). 152-160.

Szczerbinska, D. 1997. Skorupa jaja a wylegowosc i ich zwiazek z wiekiem kur. Zeszyty Naukowe AR w Szczecinie. 176. 119-125.

Shanawany, M. M. 1987. Hatching weight in relation to egg weight in domestic birds. World's Poultry Science. J. 43 (2). 107-115.

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

Silverides, F. G., Korver, D. R., Budgell, K. L. 2006. Effect of strain of layer and age at photostimulation on egg production, egg quality, and bone strength. Poultry Science. 85 (7). 1136-1144.

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 (8). 1240-1245.

Simeonovová, J., Gajdůšek, S., Ingr, I. 2003. Zpracování a zbožiznalství živočišných produktů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno. 122 s. ISBN: 8071577081.

Simeonovová, J., Míková, K., Kubišová, S. 1999. Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů. Brno. 6-83 s.

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 (2). 256-264.

Skřivan, M., Tůmová, E., Vondrka, K., Dousek, J., Lancová, B., Ouředník, J., Opllt, J. 2000. *Drubežnictví 2000*. Agrospoj. Praha. 38-46 s. ISBN: 8072344048.

Smirnov, V. 1983. *Technológia hydinárskeho priemyslu*. SVŠT. Bratislava. 301 s.

Sokołowicz, Z., Połtowicz, K. 2002. Effect of stocking density on layer welfare. *Annals of Animal Science Supplement*.1. 79-84.

Solomon, S. E. 1991. *Egg and eggshell quality*. Wolfe Publishing Ltd. p. 149.

Sparks, N. H. C. 2006. The hen's egg – is its role in human nutrition changing? *Worlds Poultry Science*. 62 (2). 308-315.

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 (7). 855-858.

Sung Heon, C., Kyong Woo, L. 2014. Effect of hen age, storage duration and temperature on egg quality in laying hens. *Journal of Poultry Science*. 13 (11). 634-636.

Šatava, M., Hudský, Z., Košař, K., Mikolášek, A., Peter, V., Sochor, O., Špaček, F. 1984. *Chov drůbeže*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 505 s. ISBN: 20877127.

Špaček, F., Grom, A., Rous, J., Kukla, F., Skřivan, M., Jirásek, J., Kálal, L., Krupauer, V., Sedlár, J. 1980. *Speciální chov hospodářských zvířat*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 600 s.

Tona, K., Bamelis, F., De Ketelaere, B., Bruggeman, V., Decuypere, E. 2002. Effect of induced molting on albumen quality, hatchability, and chick body weight from broiler breeders. *Poultry Science*. 81 (3). 327-332.

Trajcev, M. B. H., Madzirov, S., Georgievski, S., Geru, H., Tonevski, J. 2002. The influence of heat stress and layers age on egg production and quality. I. Production, measures and weight of eggs. *Macedonian Agriculture Review*. 49 (1/2). 55-62.

Tůmová, E., Ebeid, T. 2003. Effect of housing system on performance and egg quality characteristics in laying hens. *Scientia Agriculturae Bohemica*. 34 (2). 73-80.

Tůmová, E., Ebeid, T. 2005. Effect of time of oviposition on egg quality characteristics in cages and in a litter housing system. *Czech Journal of Animal Science*. 50 (3). 129-134.

Tůmová E., Charvátová, V. 2009. Doba snesení vejce a jeho kvalita. *Náš chov*. 69 (12). 44-45.

Tůmová, E., Ledvinka, Z. 2009. The effect of time of oviposition and on egg weight, egg components weight and eggshell quality. *Archiv für Geflügelkunde*. 73 (2). 110-115.

Tůmová, E., Skřivan, M., Englmaierová, M., Zita, L. 2009. The effect of genotype, housing system and egg collection time on egg quality in egg type hens. *Czech Journal of Animal Science*. 54 (1). 17-23.

Tůmová, E., Skřivan, M., Mandák, K. 1993. Technologická hodnota vajec Hisexe hnědého a D 29. In: *Sborník Vysoké školy zemědělské v Praze*. Praha. 15-17 s.

Tůmová, E., Zita, L., Hubený, M., Skřivan, M., Ledvinka, Z. 2007. The effect of oviposition time and genotype on egg quality characteristics in egg type hens. *Czech Journal of Animal Science*. 52 (1). 26-30.

Tyller, M. Dominant [online]. [cit. 2015-1-15]. Dostupné z <<http://www.dominant-cz.cz/>>.

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. *British Poultry Science*. 45 (6). 745-752.

Vieira, S. L., Moran, E. T. 1998. Broiler chicks hatched from egg weight extremes and diverse breeder strains. *Journal of Applied Poultry Research*. 7(4). 392-402.

Vits, A., Weitzenburger, D., Hamann, H., Distl, O. 2005. 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 (10). 1511-1519.

Výmola, J. 1995. *Drůbež na farmách a v drobném chovu*. Natural s.r.o. Praha. 192 s.

- Wahlstrom, A., Tauson, R., Elwinger, K. 1999. Production and egg quality as influenced by mash or crumbled diets fed to laying hens in an aviary system. *Poultry Science*. 78 (12). 1675-1680.
- Wall, H., Tauson, R. 2002. Egg quality in furnished cages for laying hens – Effects of crack reduction measures and hybrid. *Poultry Science*. 81 (3). 340-348.
- Washburn, K. W. 1979. Genetic variation in the chemical composition of the egg. *Poultry Science*. 58 (3). 529-535.
- Washburn, K. W. 1982. Incidence, cause, and prevention of eggshell breakage in commercial production. *Poultry Science*. 61. 205-212.
- Washburn, K. W., Marks, H. L. 1977. Changes in fitness traits associated with selection for divergence in yolk cholesterol concentration. *British Poultry Science*. 18 (2). 189-199.
- Weis, J., Halaj, M., Chmelničná, L., Kopecký, J. 1999. *Chov hydiny*. Nitra. 187 s. ISBN: 807137654.
- Williams, K. C. 1992. Some factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh unit score. *World's Poultry Science Journal*. 48 (1). 5-16.
- Wu, G., Bryant, M. M., Voitle, R. A, Roland, D. A. Srov. 2005. Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans White and Dekalb White hens during phase I. *Poultry Science*. 84 (10). 1610-5.
- Wu, G., Gunawardana, P., Bryant, M. M., Voitle, R. A., Roland, D. A. 2007. Effect of molting method and dietary energy on postmolt performance, egg components, egg solid and egg quality in bovans White and Dekalb White hens during second cycle phases two and three. *Poultry Science*. 86 (5). 869-876.
- Yannakopoulos, A. L., Tserveni-Gousi, A. S. 1987. Effect of egg weight and shell quality on day – old duckling weight. *Archiv für Geflügelkunde*. 51 (4). 157-159.
- Yannakopoulos, A. L., Tserveni-Gousi, A. S., Nikokyris, P. 1994. Egg composition as influenced by time of oviposition, egg weight, and age of hens. *Archiv für Geflügelkunde*. 58 (5). 206-213.

Yilmaz, A. A., Bozkurt, Z. 2009. Effects of hen age, storage period and stretch film packaging on internal and external quality traits of table eggs. *Lucrări științifice Zootehnie și Biotehnologii*. 42 (2). 46-51.

Zakaria, A. H., Plumstead, P.W., Romero-Sanchez, H., Leksrisompong, N., Osborne, J., Brake, J. 2005. Oviposition pattern, egg weight, fertility and hatchability of young and old broiler breeders. *Poultry Science*. 84 (9). 1505-1509.

Zemková, L., Simeonová, J., Lichovníková, M., Somerlíková, K. 2007. The effects of housing systems and age of hens on the weight and cholesterol concentration of the egg. *Czech Journal of Animal Science*. 52 (4). 110-115.

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 (8). 1209-1213.

Zita, L., Tůmová, E., Štolc, L. 2009. Effects of genotype, age and their interaction on egg quality in brown-egg laying hens. *Acta Veterinaria Brno*. 78 (1). 85-91.