

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Posouzení kvality konzumních vajec v závislosti na genotypu
slepice ve druhé fázi snáškového cyklu**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Tomáš Klesal

Obor studia: Živočišná produkce

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

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Posouzení kvality konzumních vajec v závislosti na genotypu slepic ve druhé fázi snáškového cyklu" jsem vypracoval 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 autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 23. 4. 2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Lukáši Zitovi, Ph.D., za konzultace a velmi trpělivý přístup a ochotu při psaní této práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Adamu Krausovi za pomoc při rozborech a jeho pomoc při sepisování diplomové práce. Chtěl bych poděkovat i své rodině za její podporu během studia.

Posouzení kvality konzumních vajec v závislosti na genotypu slepic ve druhé fázi snáškového cyklu

Souhrn

Produkce vajec se neustále zvyšuje. Mezi spotřebiteli se jedná o oblíbenou potravinu. Jsou jednou ze základních potravin, mají dobré biologické a nutriční hodnoty. Jsou bohatým zdrojem kvalitních bílkovin, lipidů, esenciálních mastných kyselin, fosfolipidů, vitamínů, minerálních látek a obsahují málo tuku.

U kvality vajec, která je důležitá pro producenty i konzumenty, se hodnotí jejich technologická hodnota. Cílem diplomové práce bylo posouzení technologické hodnoty vajec s rozdílnou barvou skořápky od nově šlechtěných genotypů slepic nosného typu v závislosti na jejich věku. Kvalitu vajec ovlivňuje mnoho faktorů mezi, které patří např: genotyp, věk, výživa, systém ustájení aj. Jednalo se o slepice Dominant Amber a Dominant Greenshell. Celkem bylo hodnoceno 1200 vajec, vždy 120 ks od každého genotypu v rámci věku. Při porovnávání obou genotypů byla u genotypu Dominant Amber zjištěna průkazně vyšší hmotnost vajec (o 5,98 g), index tvaru vejce (o 4,01 procentního bodu), index žloutku (o 1,01 procentního bodu), podíl bílku (o 2,06 procentního bodu), index bílku (o 0,38 procentního bodu), Haughovy jednotky (o 1,12) a podíl skořápky (o 0,58 procentního bodu), ale nižší podíl žloutku (o 1,87 procentního bodu). Nejvyšší hmotnost vajec 65,81 g, byla průkazně zjištěna na začátku sledovaného období, ve věku 48 týdnů. Ve věku 52 týdnů byl zjištěn statisticky významně nejvyšší index tvaru vejce (76,09 %). Pokud se jedná o procentuální podíl skořápky, nejvyšší byl od nosnic ve věku 52 týdnů (9,03 %), nejnižší pak u nosnic ve věku 48 týdnů (8,57 %). Během sledování kolísala barva skořápky. Nejnižší podíl žloutku byl signifikantně u nosnic ve věku 48 týdnů (29,98 %) a nejvyšší ve věku 60 týdnů (30,57 %). Podíl žloutku se zvyšuje s věkem nosnic. Naopak index žloutku věkem nosnic se snižuje, nejsvětlejší žloutek byl na konci sledování. Hmotnost bílku se průkazně zvyšovala s věkem nosnic, naopak podíl bílku se snižoval. Hodnota Haughových jednotek byla signifikantně nejvyšší byla ve věku 48 týdnů (86,76) a nejnižší ve věku 44 týdnů (81,38). Při porovnávání výsledků kvality skořápky a jejich naměřených hodnot je možné konstatovat, že nosnice genotypu Dominant Amber snášely kvalitnější vejce než nosnice genotypu Dominant Greenshell. Pro chovatele podle výsledků je výhodnější hnědovaječný hybrid Dominant Amber, podle sledování je tloušťka a pevnost skořápky u zelenovaječných nosnic genotypu Dominant Greenshell vyšší, také barva skořápky může být pro konzumenty zajímavá. Hypotéza, že technologická hodnota vajec není ovlivněna genotypem a věkem nosnic, se ani v jednom případě hodnocení parametrů na kvalitu vajec nepotvrdila.

Klíčová slova: slepice; věk; vejce; kvalita

Evaluation of the egg quality in relation to the genotype of hens in the second phase of the laying cycle

Summary

Egg production is constantly increasing. It is a popular food among consumers. They are one of the basic foods, they have good biological and nutritional values. They are a rich source of quality proteins, lipids, essential fatty acids, phospholipids, vitamins, minerals and are low in fat. The quality of eggs, which is important for both producers and consumers, is evaluated for their technological value. The aim of the diploma thesis was to assess the technological value of eggs with a different color of the shell from the newly bred genotypes of laying hens depending on their age. The quality of eggs is influenced by many factors, including: genotype, age, nutrition, housing system, etc. These were Dominant Amber and Dominant Greenshell hens. A total of 1200 eggs were evaluated, always 120 pieces from each genotype within age. When comparing the two genotypes, the Dominant Amber genotype was found to have significantly higher egg weight (by 5.98 g), egg shape index (by 4.01 percentage points), yolk index (by 1.01 percentage points), protein content (by 2.06 percentage points), protein index (by 0.38 percentage points), Haugh units (by 1.12) and shell fraction (by 0.58 percentage points), but lower yolk content (by 1.87 percentage points). The highest weight of eggs, 65.81 g, was demonstrably found at the beginning of the observed period, at the age of 48 weeks. At the age of 52 weeks, the statistically significant highest egg shape index was found (76.09%). As for the percentage of the shell, the highest was from laying hens at the age of 52 weeks (9.03%), the lowest from laying hens at the age of 48 weeks (8.57%). The color of the shell fluctuated during monitoring. The lowest proportion of yolk was significantly in laying hens at the age of 48 weeks (29.98%) and the highest at the age of 60 weeks (30.57%). The proportion of yolk increases with the age of the laying hens. In contrast, the yolk index decreases with the age of the laying hens, the lightest yolk was at the end of the follow-up. The weight of the protein significantly increased with the age of the laying hens, on the contrary, the proportion of protein decreased. The value of Haugh units was significantly highest at 48 weeks (86.76) and lowest at 44 weeks (81.38). When comparing the results of shell quality and their measured values, it can be stated that laying hens of the Dominant Amber genotype laid better quality eggs than laying hens of the Dominant Greenshell genotype. According to the results, the brownish-egg hybrid Dominant Amber is more advantageous for breeders. The hypothesis that the technological value of eggs is not affected by the genotype and age of laying hens was not confirmed in any case of the evaluation of parameters for the quality of eggs.

Keywords: hen, age, egg, quality.

Obsah

1	Úvod	7
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	8
3	Literární rešerše.....	9
3.1	Technologická hodnota vajec	10
3.1.1	Vybrané faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec	11
3.1.1.1	Vnitřní faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec	12
3.1.1.1.1	Užitkový typ.....	11
3.1.1.1.2	Genotyp.....	12
3.1.1.1.3	Věk.....	14
3.1.1.1.4	Hmotnost nosnic	15
3.1.1.2	Vnější faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec.....	15
3.1.1.2.1	Systém ustájení.....	15
3.1.1.2.2	Složení krmné směsi a výživa	17
3.1.1.2.3	Teplota prostředí	18
3.1.1.2.4	Skladování	19
3.2	Abnormality a vady vajec.....	20
3.3	Mikrobiální kontaminace vajec.....	21
4	Metodika	22
4.1	Rozbory vajec	23
4.2	Statistické vyhodnocení.....	24
5	Výsledky	25
6	Diskuze	30
7	Závěr	33
8	Literatura.....	34

1 Úvod

V České republice, ale i ve světě, je jedním z hlavních odvětví živočišné výroby chov drůbeže pro produkci vajec a masa. Za několik desetiletí je stále vyšší spotřeba vajec i díky rozmanitému využití a pro jejich cenovou dostupnost. Vejce se uplatňují jak v potravinářství, tak i ve farmakologii nebo v chemickém průmyslu. Historicky na území Čech a Moravy je silně zakořeněna tradice domácího drobného chovu, to je nyní podpořeno i faktem, že je větší povědomí o způsobech chovu a welfare drůbeže. Podmínky chovu drůbeže byly v souvislosti s welfare stanoveny směrnicí Evropské komise č. 1999/74 ES, která specifikuje schválené způsoby ustájení slepic. Povoleno je chovat slepice buď v obohacených klecích nebo v alternativních systémech ustájení, kterými mohou být např. voliéry či podestýlkové chovy. Poslední dobou je větší tlak ze strany spotřebitelů na chov v rámci domácí produkce. Hlavně se to týká produkce slepičích vajec v domácích podmínkách pro svoji jednoduchost jak časovou, tak i materiální. Ale i na tyto chovy v domácích podmínkách jsou nově kladeny jiné nároky co se týká nových trendů, jak použitím nových vyšlechtěných hybridů, ale i nároky spotřebitele zaměřující se na kvalitu potravin i vizuální stránku (barva skořápky a žloutku, nižší obsah cholesterolu a obsah nenasycených mastných kyselin), pro chovatele je hlavním měřítkem hmotnost vejce a kvalita skořápky.

Produkce vajec se v roce 2019 zvýšila, od roku 2010 byla nejvyšší (2 362 mil. ks), tvořila 31,9 % z celkové produkce vajec tzv. samozásobením (domácí chovy).

Cena vajec od počátku roku 2020 (období leden – duben 2020) stagnovala na úrovni 1,86 – 1,88 Kč/ks, posléze se dostala pod hranici 1,80 Kč/ks, (1,71 – 1,78 Kč/ks). V měsíci listopadu 2020 překročila opět hranici 1,80 Kč/ks a v prosinci činila 1,88 Kč/ks, kdy společně i s měsícem březnem byla tato cena nejvyšší v roce 2020. V porovnání s měsícem listopadem 2020 se cena zemědělských výrobců v měsíci prosinci zvýšila o 2,67 %. V meziročním srovnání se průměrná cena v roce 2020 zvýšila o 1,1 % (+ 0,07 Kč/ks) v porovnání s průměrnou cenou v roce 2019.

Spotřebitelská cena vajec od počátku roku 2020 do měsíce dubna vykazovala postupný pokles, a to o 7,12 % (leden – duben 2020). V měsíci květnu se cena zvýšila a opět mírně klesla v měsíci červnu (o 1,33 %). V červenci stagnovala na úrovni 2,95 Kč/ks. V měsíci srpnu cena poklesla v porovnání s měsícem červencem o 2,37 % na 2,88 Kč/ks a klesající trend si udržela i v měsíci září (- 6,9 %). V měsíci říjnu 2020 byla spotřebitelská cena nejnižší od počátku roku 2020, ale následující měsíci (listopad 2020) již zaznamenala opětovný růst, a to o 8,30 %.

Ceny zemědělských výrobců balených vajec: cena vajec L byla v 1. týdnu roku 2021 185,78 Kč/100 ks, cena vajec M – 174,41 Kč/100 ks (Státní zemědělský intervenční fond).

Stav nosnic byl za rok 2019 v zemědělském sektoru 5 259 592 kusů a v domácích hospodářstvích 4 181 003 ks. V roce 2020 to bylo v zemědělském sektoru 5 191 962 ks a v domácím sektoru 4 012 509 ks.

V rámci soběstačnosti ČR se produkce vajec zvýšila z 82,3% za rok 2019 na 86,3% za rok 2020.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Hypotézou je, že kvalita vajec nebude ovlivněna genotypem slepic nosného typu a věkem nosnic.

Cílem diplomové práce je posoudit kvalitu vajec s odlišnou barvou skořápky u slepic nosného typu ve druhé fázi snáškového cyklu.

3 Literární rešerše

Mezi tři hlavní součásti, ze kterých se skládá vejce, je počítána skořápka, žloutek a bílek. Skořápka je vnější pevnou vrstvou, která obaluje bílek a žloutek. Uprostřed vejce je uložen žloutek a je obklopen bílkem. Skořápka jako pevný obal vejce představuje 9 – 12 % z celkové hmotnosti vejce, bílek představuje 60 % a žloutek 30 – 32 % z hmotnosti vejce (Zaheer 2015). Poměr mezi skořápkou, bílkem a žloutkem je 1 : 6 : 3 (Míková 2003).

Skořáčku tvoří až z 95% anorganické látky, organické látky jsou zastoupeny pouze ze 3 – 5 % (Mine 2008). Tvoří ji bílkovinná vlákna (3-5 %) propojená pomocí krystalů uhličitanu vápenatého (94 %) (Zaheer 2015). 1 % tvoří fosforečnan vápenatý a uhličitan hořečnatý (Mine 2008). Tloušťka skořápky je v rozmezí mezi 0,28 – 0,41 mm (Ketta & Tůmová 2016). Skořápka je důležitým ochranným obalem během celého vývoje ptačího embrya (Oliveira et al. 2013). Skořápka není kompaktní, jsou v ní póry, které umožňují průchod vzduchu a vody (Zaheer 2015). Póry umožňují přístup kyslíku pro vyvíjející se zárodek a uvolnění vody a oxidu uhličitého ven (FAO 2010).

Poslední vrstva je na skořápce, tzv. kutikula, která zabraňuje přístupu bakterií a prachu do vaječného obsahu (Zaheer 2015). Je silná cca 5-10 μm , skládá se z několika složek, patří mezi ně především glykoproteiny, polysacharidy, lipidy a fosfor (Walters 2007).

Pod skořápkou se nachází dvě podskořápečné blány, vnitřní a vnější, které oddělují skořáčku od bílku (Zaheer 2015). Skládají se z bílkovin a glykoproteinů. Z bílkovin se jedná hlavně o desmosin a isodesmosin, které tvoří až tři čtvrtiny struktury membrán (Oliveira et al. 2013). Tyto membrány ochraňují vaječný obsah před bakteriálním znečištěním a jsou základem pro tvorbu skořápky. Mezi vnější a vnitřní membránou na tupém konci vejce se tvoří vzduchová bublina, ta se se stářím vejce zvětšuje (Zaheer 2015).

Další částí vejce je bílek. Ten představuje cca 60 % z celkové hmotnosti vejce (Walters 2007). Guerrero & Legarreta (2010) udávají podíl bílku z hmotnosti vejce o něco nižší, 58,5 %. Bílek je složen z několika vrstev hustého a řídkého bílku. Hustý bílek je v gelové formě, řídký bílek má formu solu (Halaj & Golian 2011). Těsně pod skořápkou jde o vnější řídký bílek, dále je vnější tuhý bílek, vnitřní řídký bílek a vnitřní tuhý bílek, tzv. chalázový (Ledvinka et al. 2009). Na podskořápečnou membránu navazuje vnější řídká vrstva bílku a na povrchu žloutku se nachází vnitřní tuhá vrstva bílku. Nejvyšší podíl (více jak polovina hmotnosti bílku) představuje vnější tuhá vrstva. Vnější řídká vrstva představuje 23 % a vnější řídká vrstva 17 %. Nejméně, cca 3 % připadá na chalázový bílek. Co se týká nutričního obsahu, bílek je tvořen hlavně vodou (88,5 %) a bílkoviny (10,5 %). Tuk se v něm nachází pouze ve stopovém množství. V bílku se nachází také riboflavin a vitamíny skupiny B (FAO 2010). Co se týká obsahu bílkovin, nachází se zde ovalbumin, ovotransferin, ovomukoid, α -ovomucin a β -ovomucin, které patří mezi glykoproteiny. Jako ochranný faktor se zde nachází enzym lysozym. Působí proti průchodu mikroorganismů přes skořáčku ke žloutku, případně k zárodku (Ahmadi & Rahimi 2011). Dalšími složkami bílku, pouze ale jen v nepatrném množství, jsou sacharidy, lipidy a minerální látky (Walters 2007).

Výživově nejbohatší složkou je žloutek, který se na hmotnosti celého vejce podílí cca 30-32 % (Zaheer 2015). Nejdůležitější složkou je zárodečný terčík, který je zdrojem živin pro vyvíjející se zárodek (Walters 2007). Průměr žloutku je cca 40 mm (Ledvinka et al. 2009). Žloutek má kulovitý tvar, který mu zajišťuje vitelinní membrána. Tato membrána je elastická, tato pružnost se se stářím vejce snižuje. Starý žloutek je širší a nižší (Nagy et al. 2009). Žloutek se skládá z vrstev světlejšího a tmavšího žloutku, světlý žloutek se nachází pod vitelinní membránou a také ve středu žloutku. Světlý žloutek je z 90 % tvořen vodou, zbytek tvoří bílkoviny a tuky. Z celkové hmotnosti žloutku tvoří pouze cca 5 %. Tmavý žloutek má především zásobní funkci, obsahuje cca 35 % tuků, 16 % bílkovin a velké množství karotenoidních barviv lipofilního

charakteru. Rozdíly ve skladbě žloutkové hmoty jsou zapříčiněny nerovnoměrným uložením barviv během tvorby žloutku (Zaheer 2015). Vaječný žloutek tvoří především voda (50 %), tuky (33 %) a bílkovina (16,5 %). Žloutek je zdrojem vitamínů A, D, E, K, které jsou rozpustné v tucích, železa, lecitinu a barviv (FAO 2010). Dále zde jsou lipoproteinové globule, volně plovoucí granule a myelin. Struktura žloutku má dvě části, granule a plazmu. Hlavní složkou granulí jsou bílkoviny, plazma se skládá hlavně z lipidů, bílkoviny jsou zastoupeny pouze minimálně (Mine 2008).

Mezi nejdůležitější faktory, které ovlivňují složení vejce, patří genotypová příslušnost, věk a výživa (Tang et al. 2015). Poměrně značný vliv na kvalitu vajec má i způsob ustájení (Matt et al. 2009).

3.1 Technologická hodnota vajec

Při posuzování kvality vajec patří jejich určení technologické hodnoty mezi nejdůležitější. Vejce vnímáme jako celek (hmotnost a tvar) a potom i jeho jednotlivé části (skořápka, bílek a žloutek) (Englmaierová 2012). Kvalita vajec je obecný termín, na základě parametrů je definována kvalita vnější a vnitřní (Kramer 1951). U skořápky se jedná o vnější kvalitu, sleduje podíl z hmotnosti vejce, tloušťku a pevnost. Vnitřní kvalita sleduje vlastnosti žloutku a bílku (podíly, indexy, Haughovy jednotky). K lepší ekonomické ceně přispívá kvalita vajec (Stadelmann 1977). Jedním z nejdůležitějších parametrů, který ovlivňuje produkci a ekonomiku je hmotnost vejce. Průměrná hmotnost slepičích vajec je 58 – 63 g (Simeonovová et al. 1999; Tůmová & Charvátová 2009). Při balení, přesunu a skladování vajec je důležitou vlastností tvar vejce. Ten určuje poměr příčné a podélné osy. Z něj se dá odvodit, zda je vejce oválné, kulovité, podlouhlé nebo je vejčitého tvaru (jeden vrchol je ostrý a druhý tupý). V příčném řezu je vejce kulaté a v podélném elipsovité (Halaj & Golian 2011). Kulovité vejce má index tvaru 100 %, podlouhlé 50 %, vejčité 75 % (Ledvinka & Klesalová 2002; Nagy et al. 2009a). U běžných vajec kolísá index tvaru mezi 63 – 85 % (Simeonovová et al. 1999). V průběhu snáškového cyklu se mění tvar, s věkem se vejce začíná prodlužovat. Van der Brand et al. (2004) uvádějí vliv věku nosnice na index tvaru vejce. Šířka vajec je nejčastěji 42 – 48 mm a délka 56 – 59 mm (Nagy et al. 2009a). Vlivem nerovnoměrného tlaku svaloviny stěny vejcovodu mohou vznikat deformace vejce (Orel 1959), taková vejce jsou zařazena jako „nestandardní“ (Peter et al. 1986).

V děloze se jako pevný obal tvoří skořápka (Kříž 1997). Ta vejce chrání před mikroorganismy (Tůmová & Ebeid 2003). Kvalita skořápky je posuzována pomocí hmotnosti, podílu hmotnosti z vejce, pevnosti a tloušťky, ta bývá nejčastěji 0,3 – 0,42 mm, při hodnotě pod 0,3 mm je vyšší pravděpodobnost rozbití vejce a tím také finančních ztrát (Simeonovová et al. 1999). Tloušťku skořápky ovlivňuje mnoho faktorů. Jsou to např. druh, plemeno, výživa, obsah minerálních látek. Přidané látky do krmných směsí pozitivně ovlivňují kvalitu vaječné skořápky (Liem et al. 2008). To potvrzují i další studie, kdy do krmné směsi pro nosnice byl přidán vápenec jako zdroj vápníku. Tím se zvýšila odolnost skořápky (Koreleski & Swiatkiewicz 2004). U vajec s tenkou skořápkou je větší pravděpodobnost mechanického poškození. Také znečištění povrchu je vada (Puyalto & Mallo 2014).

Důležité parametry kvality a technologické hodnoty bílku jsou šířka, výška, index bílku, Haughovy jednotky a šlehatelnost (Tůmová & Charvátová 2009). Parametry bílku ovlivňuje věk (Silversides & Scott 2001; Suk & Park 2001; Robert & Ball 2004; Zita et al. 2009; Ledvinka et al. 2011). Ukazatelem čerstvosti vejce je bílek (Cabada & Turek 1992). Čím víc tuhého bílku vejce obsahuje, tím je jeho technologická hodnota vyšší. Index bílku je určen poměrem výšky vrstvy hustého bílku v milimetrech a aritmetickým průměrem délky a šířky hustého bílku (Nagy et al. 2009a). Při dlouhodobém skladování se snižuje index bílku (Hejlová 2001). Výška

hustého bílku a hmotnost vejce určuje výpočet Haughových jednotek ($HU = 100 \log (H - 1,7 W^{0,37} + 7,57)$), kde H je výška hustého bílku v milimetrech, W je hmotnost vejce v gramech) (Englmaierová & Tůmová 2008). Masové skvrny, které vznikají v době ovulace ve vaječniku, či uvolněním části tkáně vejcovodu jsou další vadou, která se může objevit na bílku (King'ori 2012). Mohou mít barvu hnědou, šedou či černou (Holoubek & Hubený 2002; Ledvinka & Klesalová 2003).

Při hodnocení technologické hodnoty jsou u žloutku důležité jeho hmotnost, index tvaru, podíl a barva. Index tvaru závisí na pevnosti a pružnosti vitelinní membrány a stanoví se výpočtem poměru výšky žloutku a průměrné hodnoty dvou na sebe kolmých měření šířky žloutku (Cabadan & Turek 1992).

Nejkvalitnější žloutek má co nejvyšší číslo indexu, jeho hodnota se pohybuje mezi 2 – 58 % (Nagy et al. 2009b).

Dalším parametrem, který hodnotí kvalitu žloutku, je barva. Její hodnota se stanovuje subjektivně podle stupnice Hoffman La Roche (Nagy et al. 2009b), přesnější je objektivní stanovení pomocí kolorimetrů či spektrofotometrů, kde se barva zjišťuje měřením a porovnáváním vlnové délky (Halaj & Golian 2011). Zbarvení žloutku způsobují organická barviva, která se vyskytují v tuku žloutku. Jedná se o lutein, ovoflavin a zeaxantin, které se nacházejí v krmivu, například v kukuřici, vojtěšce, mrkvi, červených paprikách aj. (Halaj et al. 2002). Barva žloutku závisí na krmivu, které slepice dostávají (Zaheer 2015). Za sytost zbarvení mohou karotenoidy. Spotřebitele ovlivňuje zbarvení žloutku, čím tmavší, tím lepší (Kljak et al. 2012). Barva žloutku ale nesouvisí s nutriční hodnotou vejce (Zaheer 2015).

3.1.1. Vybrané faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec

Kvalitu vajec ovlivňuje mnoho faktorů, dělí se na vnější a vnitřní. Mezi vnitřní faktory se počítá genotyp, věk a hmotnost nosnice, intenzitu a dobu snášky, mezi vnější výživu, systém ustájení a prostředí (Ledvinka & Klesalová 2002).

Vnějšími faktory, které mají vliv na technologickou hodnotu vajec, jsou prostředí a ustájení. Heflin et al. (2018) udávají hlavně vliv prostředí na kvalitu vajec. V poslední době se zvyšuje zájem o problematiku welfare chovu, někteří konzumenti se domnívají, že vejce od slepic z bezklecových a volných chovů jsou nutričně kvalitnější než vejce od slepic z klecových chovů (Bejaei et al. 2011), což potvrzují Sass et al. (2018).

3.1.1.1 Vnitřní faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec

3.1.1.1.1 Užtkový typ

Mnoho let jsou místo čistokrevných plemen komerčně využíváni užtkoví hybridní šlechtění na určitou produkci. U nosného typu jsou hybridy nejčastěji děleny podle barvy skořápky vajec na hnědovaječné a bělovaječné. Tyto nosnice schopné vyprodukovat několiknásobně víc snesených vajec než čistá plemena slepic. Vejce slepic masného typu mají vyšší hmotnost. Vejce masných hybridů obsahují více cholesterolu než vejce nosných hybridů (Terčič & Holcman 2010).

Podle Tůmové & Gouse (2012) je vyšší hmotnost bílku a skořápky u vajec nosných hybridů, ale hmotnost celého vejce a žloutku je vyšší u masných hybridů.

3.1.1.1.2 Genotyp

Genotyp patří mezi nejdůležitější vnitřní faktory, má vliv především na hmotnost vajec (Jones et al. 2010). Genotyp významně ovlivňuje ukazatele vnitřní kvality vajec (Ledvinka & Klesalová 2002). Pozitivní korelace jsou mezi hmotností celého vejce a hmotností jednotlivých částí (hlavně bílku a žloutku) (Zita et al. 2009).

Vits et al. (2005) zjistili vyšší hmotnost vajec u hnědovaječných slepic při porovnávání hnědovaječných a bělovaječných hybridů. Stejný výsledek uvedli Jones et al. (2010) i El-Sheikh et al. (2014). Vyšší hmotnost vajec od hnědovaječných nosnic je způsobena vyšší hmotností nosnic (El-Sheikh et al. 2014). Vyšší hmotnost vajec u bělovaječných hybridů, naopak zaznamenali Alsobayel & Albadry (2011).

Také u kvality skořápky, zejména její pevnosti, hraje roli genotyp. Skořápka vajec od hnědovaječných hybridů je kvalitnější a pevnější než skořápka od bělovaječných hybridů Kocevski et al. (2011). K tomuto výsledku dospěli i Ledvinka & Klesalová (2002). Při porovnání hybridů Hisex White a Hy-Line Brown Stojčič et al. (2012) zjistili vyšší kvalitu skořápky u bělovaječných nosnic. Genotyp u bílku ovlivňuje pouze Haughovy jednotky, to zjistili Tůmová et al. (2007). Zhang et al. (2005) ale uvádějí, že koeficient dědivosti je u Haughových jednotek nižší než u hmotnosti bílku. Genotyp také ovlivňuje kvalitu žloutku (Zita et al. 2009). Stejný výsledek zjistili i Tůmová et al. (2007).

I u skladování vajec je důležitý i genotyp. Skladování vajec při teplotě 24°C negativně ovlivňuje vnitřní kvalitu vajec. Vyšší zhoršení kvality bylo sledováno u hnědovaječných hybridů v porovnání s bělovaječnými hybridy Bozkurt & Tekerli (2009).

Kvalita vajec je ovlivněna genotypem, hlavně je to hmotnost vajec a kvalita skořápky Zita et al. (2018). Kvalitativně jsou velké rozdíly mezi plemeny a liniemi, dále pak mezi plemeny a hybridy (Hocking et al. 2003; Bunea et al. 2017). V závislosti na genotypu slepic se liší jednotlivé parametry kvality vajec Silversides et al. (2006).

Průkazné rozdíly v hmotnosti vajec od různých genotypů zjistili Bunea et al. (2017) při zkoumání devíti genotypů. Hmotnost vajec od genotypu Gold Aracauna (49,14 g) a rodajlendky (47,68 g) byla signifikantně nižší než od genotypu Partridge Brahma (62,38 g). Na hmotnost vejce a vlastnosti skořápky má genotyp přímý vliv, hnědovaječné slepice mají vejce s vyšší hmotností než slepice bělovaječné Halaj & Grofík (1994). Arent et al. (1997) a Ledvinka et al. (2000) dospěli ke stejným výsledkům. Stejně porovnávání provedli i Wei et al. (1992). Vliv genotypu na hmotnost se nejvýrazněji projevuje na vejcích s bílou a hnědou skořápkou Ledvinka & Klesalová (2002). U vajec s hnědou skořápkou byla prokázána vyšší hmotnost (Ledvinka et al. 2000; Kocevski et al., 2001; Leyendecker et al. 2001). I další autoři se zabývali stejnou problematikou, např. Heil & Hartmann (1997), El-Sheikh et al. (2014), Jones (2010). Potvrzují vyšší hmotnost u vajec s hnědou skořápkou. Těžší vejce s bílou skořápkou naopak zjistili Alsobayel & Albadra (2011). Podle El-Sheikha et al. (2014) vyšší hmotnost souvisí s genotypem, nikoliv se zbarvením skořápky. Také Heil & Hartman (1997) a Tůmová et al. (2007) udávají statisticky průkazný vliv genotypu na hmotnost vajec.

Při porovnávání slepic Shaver Starcross 288 a Moravia SSL Halaj & Grofík (1994) zjistili vejce s vyšší hmotností u Shaver Starcross 288. Simeonovová & Kalová (1993) při porovnávání hmotnosti vajec u leghornky bílé a rodajlendky červené zjistily vyšší hmotnost vajec leghornky bílé, to Simeonovová et al. (1995) potvrdili ve své další studii. Hmotnost jednotlivých částí vejce souvisí s hmotností vejce (Zita et al. 2009).

Vliv genotypu na index tvaru vejce uvádějí Tůmová et al. (2007) a Ledvinka et al. (2011). Signifikantně vyšší index tvaru u vejce s hnědou barvou skořápky zjistili Alsobayel & Albadry (2011), stejný výsledek měli i El-Sheikh et al. (2014).

Genotyp má signifikantní vliv na kvalitu vaječné skořápky Kocevski et al. (2011). Kvalita skořápek je různá v rámci plemen a linií nosnic Buss & Guyer (1982). Campo et al. (2007) udávají vliv genotypu na kvalitu skořápky u španělských plemen slepic.

Ve vztahu tloušťky skořápky a vlivu genotypu na ni konstatují průkaznost Ledvinka et al. (2011). Vyšší tloušťka skořápky byla zjištěna u hnědovaječných nosnic (Tůmová et al. 1993). Stejných výsledků dosáhli i Jones et al. (2010). Vyšší tloušťka skořápky byla zjištěna u hybridů Hy-line Brown, u hybridů Hy-line White byla skořápka tenčí. Tloušťka nesouvisí s barvou skořápky, ale s genotypem nosnic El-Sheikh et al. (2014). Naopak Halaj & Grofik (1994) a Leyendecker et al. (2001) zjistili silnější skořápku u vajec s bílou skořápkou v porovnání s vejci s hnědou skořápkou. Srovnatelnou kvalitu skořápky u hnědovaječných hybridů D 102 s bělovaječnými leghornkami bílými zjistil Ledvinka (2003). Průkazně byl také potvrzen vliv genotypu na pevnost skořápky Ledvinka et al. (2011). Pevnější skořápku u hnědovaječných nosnic potvrdili Jones et al. (2010). Tůmová et al. (1993) zjistili, že pevnost skořápky byla nižší u bělovaječného D 29 oproti hybridu Hisex Brown.

Hmotnost skořápky je úměrná velikosti vejce a má na ni vliv genotyp, je také přímo úměrná tloušťce Harms et al. (1990). Tenčí skořápku u vajec hnědovaječných nosnic zjistili Halaj & Grofik (1994). Stejný výsledek uvádějí i Leyendecker et al. (2001). Vlivem genotypu na procentuální podíl skořápky se zabývali Ledvinka et al., (2011) a pozitivní vliv potvrdili. Rayan et al. (2013) zjistili vyšší procentuální podíl u hnědovaječných nosnic, stejné výsledky uvádějí i El-Sheikh et al. (2014), kteří uvádějí vyšší hmotnost skořápky u hybridu Hy-line Brown než u Hy-line White. Průkazně vyšší procentuální podíl skořápky u bělovaječného hybridu D 29 proti hybridovi Hisex Brown udávají Tůmová et al. (1993).

Genotyp má též vliv na kvalitu bílku. U hnědovaječných slepic byla zjištěna nižší hmotnost bílku než u slepic bělovaječných (Leyendecker et al. 2001; Rayan et al. 2018). Signifikantní rozdíl v podílu bílku a indexu bílku byl zjištěn při porovnávání bílků od slepic různých genotypů Halaj et al. (1998).

Vliv genotypu na Haughovy jednotky zjistili Jones et al. (2010) u vajec s různou barvou skořápky. Vyšší hodnoty Haughových jednotek prokázali u bělovaječných nosnic Leyendecker et al. (2001). Také Rayan et al. (2013) udávají průkazně vyšší hodnoty Haughových jednotek u bělovaječných nosnic. Stejně závěry měli i El-Sheikh et al. (2014), podle nich ale kvalita bílku souvisí s genotypem, ne přímo s barvou skořápky. Ze všech kvalitativních parametrů bílku je genotypem ovlivněna jen hodnota Haughových jednotek Tůmová et al. (2007).

Tůmová et al. (1993; 2007) udávají, že značný vliv na hmotnost žloutku, indexu tvaru a podílu žloutku má genotyp. Průkazně vyšší hmotnost žloutku byla zjištěna u hnědovaječných nosnic Tůmová et al. (1993). Naopak El-Sheikh (2014) udává opačné hodnoty u hnědovaječných Hy-line Brown a u bělovaječných Hy-line White. Stejně výsledky udávají i Leyendecker et al. (2001). Nosnice genotypu Partridge Brahma měly nejvyšší hmotnost žloutku (21,37 g), žloutek od nosnic genotypu Red Italian měl nejnižší hmotnost (17,03 g), to byly statisticky průkazné rozdíly, které zjistili Bunea et al. (2017). Významně vyšší podíl žloutku u vajec od bělovaječné nosnice D 29 než u Hisex Brown zjistili Tůmová et al. (1993). Ve studii El-Sheikha et al. (2014) byl vyšší podíl žloutku u bělovaječných nosnic Hy-line White. Stejní autoři udávají tmavší barvu žloutku u nosnic Hy-line Brown, to byly statisticky průkazné rozdíly, které zjistili Bunea et al. (2017). Významně vyšší podíl žloutku u vajec od bělovaječné nosnice D 29 než u Hisex Brown zjistili Tůmová et al. (1993). Ve studii El-Sheikha et al. (2014) byl zjištěn vyšší podíl žloutku u bělovaječných Hy-line White než u Hy-line Brown. Tito autoři také zjistili tmavší barvu žloutku u Hy-line Brown.

3.1.1.1.3 Věk

Dalším významným faktorem, který ovlivňuje kvalitu vajec nosnic, je věk Johnston & Gous (2007).

Věk nosnice má prokazatelně vliv na hmotnost vajec. Podle mnoha autorů hmotnost vajec ovlivňuje věk. To prokázali Johnston & Gous (2007), je to v souladu i s výsledky Silversidese & Scotta (2001), Suka & Parka (2001), Oloyoa (2003), Van den Branda et al. (2004), Rizziho & Chiericateho (2005), Johnstona & Gouse (2007), Krawczyka (2009), Zity et al. (2009), Nangsuaye et al. (2011), Ledvinky et al. (2011) Tůmové & Gouse (2012). Stejný výsledek udávají i Kocevski et al. (2011). Že věk ovlivňuje hmotnost vajec potvrzují i Baumgartner et al. (2007), Biesadia-Drzazga (2017), Sirri et al. (2018) a Sokolowicz et al. (2018). Naopak Zemková et al. (2007) nezjistili signifikantní ovlivnění hmotnosti vejce věkem. Vejce menší, s nižší hmotností, jsou na začátku snášky Ledvinka & Klesalová (2002). Podle Guoqianga et al. (2014) se přírůstek hmotnosti vejce zvyšoval výrazně před 30. týdnem věku nosnice, po této době se zvyšování hmotnosti zpomalilo.

K pozitivní korelaci dochází mezi věkem slepice a hmotností vejce i jeho částí (skořápky, bílku a žloutku). Při pozorování vlivu věku u slepic ISA Brown Bozkurt & Tekerli (2009) zjistili, že vejce s vyšší hmotností se vyskytují u starších slepic. K tomuto závěru dospěli i Zita et al. (2009) i další autoři. Také tvar vejce je ovlivněn věkem slepice, vejce snesená začátkem snáškového období nemívají typický tvar. K prodlužování vajec dochází ve vyšším věku, přibývá i nadměrně velkých a tvarově netypických vajec Ledvinka & Klesalová (2002). Věk nosnice má vliv i na index tvaru vejce, kdy se s věkem index snižuje Rakib et al. (2016). Vliv na kvalitu skořápky má také věk nosnice. U starších nosnic se postupně ztenčuje skořápka, tím se také snižuje její procentuální zastoupení z hmotnosti celého vejce (Ledvinka & Klesalová 2002). Ke stejným závěrům došli i Bozkurt & Tekerli (2009). K opačnému závěru došli Zita et al. (2009), ale zjistili, že se snižuje intenzita zbarvení skořápky.

Věk nosnice má vliv i na index tvaru vejce, kdy se s věkem index snižuje Rakib et al. (2016).

Vliv na kvalitu skořápky má také věk nosnice. Věk nosnic ovlivňuje vnitřní kvalitu vajec, která jsou snesena na počátku snáškového cyklu, mají zpravidla vyšší hodnoty Haughových jednotek, indexu bílku i žloutku a výšky bílku Bozkurt & Tekerli (2009). Krawczyk (2009) a Tůmová & Ledvinka (2009) potvrzují, že se zvyšujícím věkem nosnic je vyšší hmotnost žloutku než hmotnost bílku. Krawczyk (2009) poukazuje, že čím starší je vejce, má nižší obsah cholesterolu ve žloutku.

V poslední fázi snáškového cyklu sledovali změny v kvalitě vajec Molnár et al. (2016) a zjišťovali možnost delšího snáškového cyklu. Po 60. týdnu věku byla zjištěna vyšší hmotnost vejce o 0,07 g, index tvaru vejce se snížil o 0,04 procentního bodu. Snižovaly se též Haughovy jednotky o 0,38. Každý týden se zvyšoval procentuální podíl bílku o 0,02 %, naopak podíl žloutku se nezměnil. O 0,02 % došlo ke snížení podílu skořápky z vejce. Pro prodloužení snáškového cyklu hovoří to, že kvalita vajec na konci snášky byla přijatelná, přestože vliv věku nosnic na většinu vlastností byl významný.

I když měl věk důležitý vliv na velkou část vlastností kvality vajec, tak kvalita vajec v poslední fázi snášky byla dobrá, to znamená, že je tu možnost prodloužení snáškového cyklu. Na index tvaru vejce má též vliv věk nosnice, s věkem se snižuje (Van den Brand et al. 2004; Biesadia-Drzazga 2017).

Věk nosnic se projevuje i na vlastnostech skořápky a vaječného obsahu (Sokolowicz et al., 2018). Snížení procentuálního podílu skořápky a počtu snáškových cyklů zjistili Arpášová et al. (2010). Biesadia-Drzazga (2017) naopak nezjistil statisticky významné rozdíly v podílu skořápky s věkem. Nižší podíl skořápky v závislosti s věkem uvádějí Holoubek & Hubený (2002) a Zita et al. (2009). Se zvyšující se hmotností vejce se snižuje podíl skořápky (Samiullah

et al. 2017; Sirri et al. 2018). Holoubek & Hubený (2002) uvádějí, že na konci snáškového cyklu je až 15% vajec s poškozenou skořápkou. Kvalita skořáčky se s věkem slepic snižuje Roberts & Ball (2004). Ke stejným výsledkům dospěli i Sokolowicz et al. (2018), podle jejich výsledků starší nosnice snášejí vejce sice s vyšší hmotností, ale slabší skořápkou. To potvrzují i další autoři, např. Silversides & Scott (2001), Suk & Park (2001), Roberts & Ball (2004), Ramos et al. (2010), Maciel et al. (2011). Tyto výsledky měli i Campo et al. (2007), dále zjistili značný výskyt vajec s porušenou skořápkou.

S vyšším věkem se snižuje tloušťka skořáčky. To by mohlo znamenat, že nosnice nashromáždila během každého cyklu méně vápníku, nebo na větší vejce bylo spotřebováno stejné množství vápníku Samiullah et al. (2017).

Naopak Yannakopoulos & Tserveni-Gousi (1987) dospěli k opačným výsledkům. Jiní autoři naopak neuvádějí významný vliv věku nosnic na tloušťku skořáčky (Yannakopoulos et al. 1994; Van den Brand et al. 2004). Se zvyšujícím se věkem nosnice se statisticky významně snižuje pevnost skořáčky Samiullah et al. (2017) a Sirri et al. (2018).

Intenzita barvy skořáčky se s věkem nosnice snižuje (Zhang et al. 2005; Tůmová & Ledvinka 2009; Zita et al. 2009). Ke stejným výsledkům dospěli i Odabasi et al. (2007) a Ledvinka et al. (2014).

K signifikantním rozdílům v podílech jednotlivých částí vajec s věkem nosnice nedospěl Biesadi-Drzazga (2017). K opačným výsledkům naopak dospěli Johnston & Gous (2007), kteří uvádějí, že podíl jednotlivých vaječných částí se vlivem věku mění, což potvrzují Suk & Park (2001).

Hmotnost žloutku se naopak s věkem zvyšuje Tůmová & Ledvinka (2009). Ke stejným výsledkům dospěli i Silversides a Scott (2001) a také Holoubek et al. (2007), Johnston & Gous (2007), Jones et al. (2018).

3.1.1.1.4 Hmotnost nosnic

Technologickou hodnotu vajec ovlivňuje hmotnost nosnice. Hmotnost nosnice je jedním z hlavních faktorů, které ovlivňují hmotnost vejce Ledvinka & Klesalová (2002). Stejně výsledky uvedli i El-Sheikh et al. (2014). Hmotnost nosnic má vliv na některé parametry vajec Peter et al. (1986). Průkazný vliv hmotnosti nosnice na hmotnost vejce uvádějí i Lacin et al. (2008). Hmotností slepice nebyla průkazně ovlivněna tloušťka a pevnost vaječné skořáčky Lacin et al. (2008). Naopak Grunder et al. (1991) udávají souvislost mezi hmotností nosnice a hmotností skořáčky. Hmotnost nosnic průkazně ovlivňuje barvu žloutku, ale ne index tvaru žloutku. Hmotnost nosnic ovlivňuje index tvaru vejce a index bílku Lacin et al. (2008). Průkazný vliv hmotnosti nosnice na index tvaru bílku nezjistili Leeson et al. (1997). Významný vliv hmotnosti nosnice na Haughovy jednotky udávají Lacin et al. (2008), s tím ale nesouhlasí Altan et al. (1998).

3.1.1.2 Vnější faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec

3.1.1.2.1 Systém ustájení

Systém ustájení nosnic patří mezi nejdůležitější vnější faktory ovlivňující kvalitu vajec. Má také vliv na hmotnost vajec. Vyšší hmotnost vajec snesených v klecích uvádějí Jenderal et al. (2004) v porovnání s ustájením na podestýlce. Naproti tomu Pištěková et al. (2006) nebo Zemková et al. (2007) zjistili vyšší hmotnost vajec od slepic chovaných na podestýlce než od

slepice ustájených v klecích. Vyšší hmotnost vajec pravděpodobně souvisela s nižší snáškou slepic ustájených na podestýlce.

Mostert et al. (1995) zjistili významně vyšší úhyn u slepic ustájených na podestýlce a ve výběhových systémech než u slepic v klecích. Anderson (2010) uvádí vyšší úhyn nosnic Hy-Line ve výběhovém systému (28,4 %) ve srovnání s konvenčními systémy (8,9 %). Blokhuis et al. (2007) zkoumali systémy chovu nosnic a zjistili, že 1/3 úhynu byla způsobena vyklováváním peří a kanibalismem, zatímco Weitzenburger et al. (2005) uvádějí, že kanibalismus tvoří až 65,5 % úhynu nosnic chovaných v různých klecových systémech. Fossum et al. (2009) uvádějí významně vyšší výskyt bakteriálních a parazitárních onemocnění a kanibalismu u nosnic chovaných na podestýlce a ve výběhových systémech ve srovnání se slepicemi chovanými v klecích. Yakubu et al. (2007) uvádějí nižší úmrtnost u nosnic Bovans hnědý a Lohmann hnědý chovaných v klecích (0,68 %) než u nosnic chovaných na hluboké podestýlce (1,1 %). Studie Sokolowicze et al. (2018) a Hidalgo et al. (2007) udávají také vliv alternativního ustájení na vlastnosti skořápky a vaječného obsahu. Englmaierová & Tůmová (2008) uvádějí vyšší hmotnost u vajec z podestýlkového systému než vejce od nosnic chovaných v klecích. To ale nepotvrzuje Englmaierová (2012). Ve vztahu k hmotnosti vajec jsou lepší klecové chovy, vejce z podestýlkových chovů mají nižší hmotnost (Anderson & Adams, 1994). Stejných výsledků dosáhli i Leyendecker et al. (2001). Naopak Samiullah et al. (2017) zjistili, že vejce s průkazně vyšší hmotností pocházela z volných chovů.

Vyšší podíl skořápky u vajec z alternativních chovů než u vajec, která byla z konvenčních systémů ustájení udávají Zita et al. (2012). Zjistili také silnější skořápku u vajec z podestýlkových chovů. Englmaierová (2012) uvádí opačné údaje. Ledvinka et al. (2005) zjistili vyšší hmotnost skořápky u vajec z podestýlkového chovu. Stejně výsledky měli i Klecker et al. (2002).

Klecový systém chovu slepic v klecích je v současné době ekonomicky nejvýhodnější systém ustájení. Předností je vysoká výroba vajec na m² podlahové plochy, vysoká produktivita práce, lepší zdravotní stav slepic, vyšší hmotnost vajec. Určitým nedostatkem je vyšší výskyt vajec s porušenou skořápkou. V klecových systémech je produkováno nízké procento znečištěných vajec s malou bakteriální kontaminací skořápky a nemožností příjmu trusu s rezidui metabolismu výměny látkové a zajištění čerstvosti všech sebraných vajec – slepice nemohou nikam zanášet. Udržují jejich kvalitu na standardní úrovni. V důsledku vysokého stupně automatizace a hustoty osazení haly, dobrého využití krmiva bez výkyvů ve snášce a nízkého úhynu jsou výrobní náklady na 1 vejce ve srovnání s ostatními systémy chovu nejnižší (Kosař et al. 2004).

Příkryl et al. (2012) uvádějí, že v případě obohaceného klecového systému se jedná o skupinové ustájení v obohacených klecích sestavených do klecových baterií. Počet podlaží klecových baterií není limitován. Jejich vybavení však musí umožňovat kontrolu klecí ve všech jejich podlažích, včetně naskladňování a vyskladňování nosnic. Klece musí být zabezpečeny tak, aby nedocházelo k úniku nosnic, tvar a rozměry dvířek klece musí být takové, aby bylo možno vyjmout dospělou nosnici bez zbytečného utrpení nebo zranění. V obohacených klecových systémech je požadavek podlahové plochy min. 750 cm² /1 nosnici, 2 napáječky v kleci a délka krmítka min. 12 cm/1 nosnici. Vybavení klece tvoří hřady, popeliště, snášková hnízda a zařízení na obušování drápů. Systém umožňuje nosnicím částečné projevy biologických potřeb. Oproti neobohaceným klecím je zde nepatrně nižší intenzita snášky, vyšší spotřeba krmné směsi a vyšší úhyn (Matoušek et al. 2013). Hegelunt et al. (2006) srovnávali 18 ekologických farem v Dánsku využívajících pět různých genotypů – ISA brown (6 hejna), ISA Babcock (4 hejna), Hy-Line brown (5 hejna), Lohmann brown (2 hejna) a Hellevald white (1 hejno). Zjistili průměrnou intenzitu snášky 70,4 %, která se v některých hospodářstvích výrazně lišila (maximální 90,7 %, minimální 53,4 %). Produkce vajec může být v ekologických chovech zlepšena použitím syntetického metioninu v organickém krmivu. Jeho zařazení do seznamu

povolených potravinových doplňků pro ekologicky chovanou drůbež je projednáváno nejenom USA, ale i v Evropě (Koreleski & Światkiewicz 2004).

Podle Basmaciogla & Ergula (2005) vejce nosnic z podestýlkových chovů dosahují vyšší hmotnosti bílku než vejce nosnic z klecových chovů. K opačnému výsledku došli Tůmová & Ebeid (2005). Rozdíly však byly minimální. Yilmaz Dikmen et al. (2017) zkoumali míru vlivu ustájení na kvalitu vajec. Zejména pozorovali, jak jí ovlivňují konveční klece. U vajec z výběhového chovu byla zjištěna nevyšší hmotnost jak u vajec, tak i u všech vaječných částí.

U chovů s výběhem byly naměřeny nejvyšší hodnoty indexu žloutku a bílku a Haughových jednotek. Co se týká pevnosti a tloušťky skořápky, barvy žloutku a podílu skořápky, žloutku a bílku z vejce, ve všech systémech chovu byly zaznamenány podobné výsledky. Konečným výsledkem bylo, že vejce s lepší kvalitou jsou z výběhového chovu než z konvenčních a obohacených klecí.

Vyšší hodnoty Haughových jednotek byly u slepic z klecového chovu dle Zity et al. (2012). Opačné výsledky udávají Samiullah et al. (2017), podle nich jsou Haughovy jednotky vyšší u vajec z volného chovu.

Celkový počet mikroorganismů na povrchu vajec a mikrobiální kontaminaci bakteriemi *Enterococcus* a *Escherichia coli* významně ovlivňuje systém ustájení. Nejnižší mikrobiální kontaminace byla zjištěna u vajec nosnic chovaných v klecích. Následována vejci z voliérových chovů a nejvyšší hodnoty mikrobiální kontaminace byly zjištěny u vajec z podestýlkových chovů. Z uvedených výsledků vychází, že u mikrobiálního znečištění vajec jsou nejlepší volbou systémy obohacených klecí (Englmaierová et al. 2014).

3.1.1.2.2 Složení krmné směsi a výživa

Dalším významným faktorem je celková výživa a krmení nosnic, která má důležitý vliv na celkovou kvalitu vajec. Z krmiva přijaté živiny, ale i další látky jsou do vajec transportovány pomocí metabolických změn. Výživa má větší vliv na kvalitu bílku než na kvalitu žloutku (Halaj & Golian 2011). Nejvíce ovlivněna výživou je kvalita skořápky (Lichovníková & Zeman 2008). Nižší ztráty vajec se docílí pomocí dodání minerálních látek organického původu do krmné směsi nosnic. Přidáním těchto látek se zvýší především pevnost skořápky, což zajistí vyšší kvalitu vajec (Puyalto & Mallo 2014).

Na tloušťku a pevnost skořápky má rozhodující vliv množství přijatých minerálních látek nosnic z krmiva. Pravděpodobně nejvýznamějším minerálním prvkem pro tvorbu vejce je vápník (Zelenka et al. 2007). Hlavní roli vápník hraje jak při tvorbě skořápky, tak i při růstu a tvorbě kostí (Ahmadi & Rahimi 2011). Proto je nutné, aby podávaná krmná směs obsahovala dostatečné množství vápníku. Zároveň by vápník měl být v krmivu v takové formě, aby mohl být nosnicemi efektivně využit. Důležité je zajistit adekvátní množství vápníku v krmné dávce před začátkem snáškového období, kdy je potřeba vápníku vyšší (Nys 1999). Kvalita vaječné skořápky se snižuje v probíhajícím snáškovém cyklu vlivem snižování přijatého vápníku v potravě. Obvykle se vápník nosnicím přidává do krmné směsi ve formě krmného vápence (Zelenka et al. 2007).

Další významnou minerální látkou, která má vliv na kvalitu skořápky je fosfor. Důležitý je především poměr fosforu a vápníku. Jeho hodnoty by ideálně měly být 1:7 (Liu et al. 2007). Pro produkci kvalitních vajec je v krmné směsi optimální obsah vápníku 3 – 3,5 % a obsah fosforu 0,45 %. Nároky na obsah fosforu v krmné směsi klesají s vyšším věkem (Ledvinka & Klesalová 2002). Negativní vliv na kvalitu skořápky má vyšší množství fosforu (Kříž 1997). U starších slepic a slepic s vyšší produkcí vajec se nároky na obsah fosforu snižují (Ledvinka & Klesalová 2002).

Zelenka et al. (2007) uvádějí, že při tvorbě skořápky má jednu z nejdůležitějších úloh vitamin D, který napomáhá využití a vstřebávání vápníku a fosforu.

Důležitým faktorem, který ovlivňuje barvu žloutku je složení krmné směsi. V první řadě sem patří karotenoidy. Pigmenty z karotenoidních barviv nejsou nosnice schopné syntetizovat, ale jsou schopné je ukládat do žloutku. Významným zdrojem těchto barviv je kukuřice, do krmných směsí se také přidávají různá přírodní barviva pro lepší barvu žloutku. Jako příklad lze uvést např. barvivo annatto (Tang et al. 2015). Výživa je dalším faktorem ovlivňujícím technologickou hodnotu vajec. Nutriční kvalita vejce je ovlivněna výživou slepic, ale jsou tu i další faktory, které ji ovlivňují, jako je prostředí, genotyp a věk nosnic (Heflin et al. 2018).

Také se přidávají do krmiva různá přírodní barviva pro lepší barvu žloutku. Jako příklad lze uvést např. barvivo annatto (Tang et al. 2015). Výživa je dalším faktorem ovlivňujícím technologickou hodnotu vajec. Nutriční kvalita vejce je ovlivněna výživou slepic, ale jsou tu i další faktory, které ji ovlivňují, jako je prostředí, genotyp a věk nosnic (Heflin et al. 2018).

Obsah minerálních látek, zejména vápníku, fosforu, hořčíku a sodíku, má vliv na tvorbu a kvalitu skořápky (Peter et al. 1986; Kříž 1997; Keshavarz 1998). Obsah dusíkatých látek a kyseliny linolenové má vliv na hmotnost vajec (Peter et al. 1986). Produkci vajec mimo jiné ovlivňují aminokyseliny. Lysin, methionin a tryptofan ovlivňují hmotnost vajec. Je důležité sledovat jednotlivé aminokyseliny, jejich množství a poměry mezi nimi, protože při nedostatku některé z nich dochází k vyšší spotřebě krmiva a při špatné rovnováze v krmné směsi může dojít ke snížení spotřeby krmiva (Tůmová 2007).

Sleduje se také kvalita vody, musí být zdravotně nezávadná, vyšší teplota vody snižuje její příjem, někdy se může stát, že slepice přestanou pít úplně. To vše se musí sledovat (Ahmadi & Rahimi 2011).

3.1.1.2.3 Teplota prostředí

Patří mezi hlavní faktory vnějšího prostředí, které mají významný vliv na kvalitu vajec. Zejména ovlivňuje kvalitu skořápky, její hmotnost. Zvyšující se teplota prostředí je důležitým faktorem na spotřebu krmiva, což má za následek konečnou kvalitu snesených vajec. Drůbež je velmi náchylná na změnu a výkyvy teplot okolního prostředí. To je způsobeno především tím, že nejen drůbež, ale ptáci obecně, mají horší termoregulaci, např: se nemohou potit, tedy termoregulace se výrazně liší od termoregulace, kterou disponují savci (Nagy et al. 2009).

Optimální rozmezí pro chov je udáváno mezi 20 a 22⁰ C. Pro klecové chovy jsou z daného rozmezí vhodnější vyšší teploty, až 22⁰ C. U nosnic chovaných na podestýlce jsou optimální nižší teploty, maximálně 20⁰ C (Ledvinka & Klesalová 2002). Zvýšená teplota okolního prostředí nad 25 °C způsobuje nižší produkci vajec a jejich hmotnost i menší pevnost vaječné skořápky (Travel et al. 2010). Negativní vliv na kvalitu vajec mohou mít vysoké teploty, týká se to hlavně velikosti vajec a kvality skořápky (Ahmadi & Rahimi 2011). Také snížení teploty může mít negativní vliv na kvalitu vajec (Ledvinka & Klesalová 2002). Pokud dojde ke snížení teploty prostředí o 3⁰ C dojde k poklesu hmotnosti vejce o 1 gram. Musí být brán zřetel na vliv ročního období, který ovlivňuje produkci jak přímo, tak i nepřímo. Přímé vlivy (hlavně vyšší teploty v letních měsících) způsobují nižší kvalitu skořápky. Vysoké letní teploty způsobují nižší příjem krmiva, to potom vede ke zmenšení hmotnosti a počtu snesených vajec (Nikolova et al. 2012). Ke snížení produkce vajec a snížení hmotnosti žloutku dochází při vyšších teplotách od 27⁰ C (Yoshida et al. 2011). Dobu, po kterou zůstává vejce ve vejcovodu, ovlivňuje teplota. Při normální teplotě (22⁰ C) zůstává vejce ve vejcovodu průměrně 25,6 hodin. Pokud teplota přesahuje 30⁰ C, vejce ve vejcovodu zůstává déle až o 2 hodiny. Taková vejce jsou menší a mají i horší kvalitu skořápky.

Horší kvalitativní vlastnosti vajec způsobuje kromě teploty také vysoká relativní vlhkost prostředí. Jako optimální relativní vlhkost vzduchu se uvádí hodnota, která je v rozmezí 60 – 75%. Má-li relativní vlhkost vzduchu vysoké hodnoty nad uvedenou hranici, je vyšší riziko

výskytu průsvitných míst na skořápce. Tato místa se vyznačují tím, že je v nich skořápka tenčí, a tím pádem i křehčí (Ledvinka et al. 2007). Vliv na kvalitu vajec má i systém ventilace. Zejména při působení vysokých teplot okolního prostředí má odpovídající ventilace dobrý vliv na produkci a kvalitu snesených vajec. Při nižších teplotách je dostatečná ventilace, která má hodnoty okolo 0,5 m/s. Při vyšších teplotách se doporučuje, aby byla ventilace přibližně 3 m/s (Ruzal et al. 2011).

3.1.1.2.4 Skladování

Mezi faktory, které mají vliv na kvalitu vajec patří i podmínky a doba skladování. Hlavně teplota a vlhkost prostředí (Tůmová et al. 2009). Zpomalit procesy uvnitř i na povrchu vajec a prodloužit jejich životnost lze zajištěním vhodných skladovacích podmínek. Kvalita vajec a jejich komponentů (skořápka, bílek a žloutek) se výrazně zhoršuje při dlouhodobém skladování. Dochází ke snížení nutriční hodnoty, stravitelnosti vajec a aktivity lysozymu. Vyšší teploty při skladování způsobují snížení hodnot Haughových jednotek (Nedomová & Simeonovová 2010). Délka doby skladování má vliv i na hmotnost vajec, index bílku, žloutku a na Haughovy jednotky (Bozkurt & Tekerli 2009). Použitím nízkých teplot při skladování je možné docílit určité čerstvosti a kvality vajec (Akyurek & Okur 2009). Skladováním se snižuje hmotnost bílku, hmotnost žloutku se ale zvyšuje. Výška bílku se snižuje se zvyšující se skladovací teplotou. Vyšší teploty mají vliv i na pH, hlavně pH bílku se zvyšuje.

Vyšší teploty negativně ovlivňují pH při skladování, zejména je náchylný bílek. U žloutku rozdíly v hodnotách pH nejsou tak výrazné jako u bílku (Samli et al. 2005). Platí, že změny ve vejcích, které vznikají při skladování, více ovlivňují bílek než žloutek (Tůmová et al. 2009).

Vejsce, která byla skladována při různých teplotách (4⁰ C, 8⁰ C a 12⁰ C), vykazovala rozdíly v kvalitě. Byly zjištěny další kvalitativní znaky u vajec, která byla skladována až 4 týdny od snesení (Nedomová & Simeonovová 2010). Nejlepší výsledky měla vejce skladovaná při teplotě 4⁰ C, byly u nich dosaženy nejlepší hodnoty pro uchování kvalitativních znaků. To bylo docíleno tím, že při těchto skladovacích teplotách byly ideální skladovací podmínky, a tudíž prakticky nedocházelo ke změnám vaječného obsahu, ty by byly nežádoucí. Může ovšem vzniknout problém při skladování vajec v těchto podmínkách, a to při přesunu do teplejšího prostředí (při nákupu). Při přesunu vajec z prostředí s nízkou teplotou do prostředí s výrazně vyšší teplotou může dojít k nežádoucímu orosení vajec, kde hrozí vznik plísně na povrchu vejce. Tento problém by mohl nastat zejména při vyšších venkovních teplotách.

Výrazný vliv na kvalitu vajec má skladování. S prodlužováním doby skladování se zhoršuje kvalita vajec Englmaierová & Tůmová (2008), snižuje se hmotnost, kvalita bílku i žloutku, což potvrzuje Tůmová (2012). Podle zjištění El-Sheikha et al. (2014) se po 28 dnech skladování snížila hmotnost vajec v průměru z 64,45 g na 55,78 g. Po prvních deseti dnech skladování se hmotnost vajec nezměnila, hmotnost začala se snižovat až po této době Scott & Silversides (2000). Hmotnost vejce se vlivem skladování neměnila, tloušťka a podíl skořápky se zvýšily. Průkazný vliv doby skladování nebyl prokázán na index tvaru bílku El-Sheikh et al. (2014). S delší dobou skladování se snižuje hodnota Haughových jednotek Tebesi et al. (2012), ke stejným výsledkům dospěli i Nedomová & Simeonovová (2008). Výrazně nižší hodnota Haughových jednotek byla zjištěna po 28 dnech skladování, a to z původních 76,37 na 24,25 El-Sheikh et al. (2014). Snižuje se i index žloutku (Samli et al. 2005; Nedomová & Simeonovová 2008). Stejně je to i u zbarvení žloutku (Tebesi et al. 2012; El-Sheikh et al. 2014). Velký vliv na kvalitu skladovaných vajec má teplota. K signifikantnímu zhoršení kvality vajec (hmotnosti vejce, výšky bílku a Haughových jednotek) došlo při pokojové teplotě. Proto je doporučováno skladovat vejce při teplotě do 4 °C, za této teploty dochází ke snížení kvality nejpomaleji (Nedomová & Simeonovová 2008; 2010).

Stejně je to i u zbarvení žloutku (Tebesi et al. 2012; El-Sheikh et al. 2014). Velký vliv na kvalitu skladovaných vajec má teplota. K významnému zhoršení kvality vajec (hmotnosti vejce, výšky bílku a Haughových jednotek) došlo při pokojové teplotě. Proto je doporučováno skladovat vejce při teplotě do 4 °C, za této teploty dochází ke snížení kvality nejméně (Nedomová & Simeonovová 2008; 2010).

3.2 Abnormality a vady vajec

Výskyt různých abnormalit či vad vajec se v průběhu posledních desetiletí výrazně snížil. Důvodem je především hybridizace, díky které dochází k minimalizaci vaječných vad a nežádoucích změn. Vady vajec se dají rozdělit na vnitřní a vnější (Wolc et al. 2012).

U vajec se objevují různé abnormality a vady. Jsou to např. příliš velká nebo malá vejce. Za poslední dekády se ale jejich výskyt snížil vlivem křížení (Wolc et al. 2012). Poškození skořápky, tvarové abnormality a znečištění skořápky jsou uváděny jako vnější vady (King'ori 2012). Poškození bílku a žloutku jsou vnitřní vady. Ztráty světové produkce představovaly 5 – 7% vlivem mechanického poškození v letech 2012 – 2013 (King'ori 2012; Nedomová 2012). Také vejce se dvěma, případně se třemi žloutky patří mezi abnormality. K tomu dochází, pokud jsou mezi ovulacemi krátké intervaly (Bell & Weaver 2002). Podle King'oriho (2012) jsou dva způsoby vzniku dvoužloutkového vejce. Za prvé je to příliš rychlá ovulace a za druhé se žloutek zasekne ve vejcovodu a k němu se připojí druhý žloutek. Výskyt vajec se dvěma žloutky byl podle studie Máchala et al. (2004) mezi 2,2 a 3 %. Také výskyt krevních skvrn na žloutku patří mezi abnormality. Jedná se o krevní sraženiny, které vznikají krvácením cév vaječníku a vejcovodu v době ovulace (Alsobayel & Albadry 2011). Na jejich výskyt se podílí několik faktorů, např. výživa, věk a genotyp. Kontrola výskytu se provádí prosvěcováním (Ledvinka & Klesalová 2003).

Nejčastější je mechanické poškození skořápky, abnormality tvaru a znečištění povrchu vajec. Mechanické poškození je nejčastější u vajec s tenkou skořápkou. Zvýšení rizika poškození je také v nepravidelném sběru vajec a při nevhodné manipulaci (Puyalto & Mallo 2014). Při dosažení vrcholu snášky se zvyšuje počet snesených vajec s různými tvarovými deformacemi (Wolc et al. 2012). Mechanické poškození vajec způsobuje ztráty 5 – 7 % z celkové celosvětové produkce, z toho 2 – 3 % vajec jsou poškozena již v průběhu snášky, zbytek při manipulaci. Vejce s mechanickým poškozením tvoří asi 10 % z celosvětové produkce, vejce s vnitřním poškozením tvoří pouze 1 % King'ori (2012).

Mezi nejvýznamnější vnitřní vady vajec patří krevní a masové skvrny (Leeson & Summers 2001). Pokud mluvíme o krevních skvrnách, ty vznikají při krvácení malých cév ve vaječníku nebo vejcovodu během ovulace. Nejčastěji se nalézají ve žloutku, výjimečně je můžeme objevit i v bílku Alsobayel & Albadry (2011). Na výživovou hodnotu tyto skvrny nemají vliv, jedná se spíše o estetickou vadu pro spotřebitele. Dochází k ekonomickým ztrátám (Leeson & Summers 2001). Pokud dojde k většímu mechanickému poškození vejcovodu nosnice, celý vnitřní obsah vejce se znečistí krví. Vejce musí být vyřazena z konzumu (Ledvinka & Klesalová 2003).

Celá řada faktorů má vliv na výskyt krevních skvrn, patří sem především genotypová příslušnost nosnic, jejich věk a také výživa. Největší vliv má genotyp. Rozdíly lze pozorovat mezi vejci od hnědovaječných a bělovaječných nosnic. U bělovaječných nosnic se krevní skvrny vyskytují s 2 – 3krát nižší četností než u hnědovaječných nosnic. Prodlužující se snáškový cyklus má vliv na vyšší výskyt krevních skvrn ve vejcích. Přidáním vitamínu A do krmné směsi nosnic se snižuje výskyt krevních skvrn (Honkakukia et al. 2011).

Na rozdíl od krevních skvrn masové skvrny nalézáme především ve vaječném bílku. Vznikají uvolněním části tkáně vejcovodu (Kingori 2012). Nejčastěji jsou hnědé, mohou být i světle šedé až černé Ledvinka & Klesalová (2003).

Výskyt masových skvrn je častější než krevních skvrn, odehrává se ve vejcovodu nebo ve vaječniku nosnice během ovulačního procesu (Kingori 2012). Jak krevní, tak i masové skvrny ovlivňují negativně spotřebitele a způsobují mikrobiální kontaminaci vaječného obsahu (Honkatukia et al. 2011).

Důležitým faktorem pro výskyt skvrn je dědivost, a hlavně genotypová příslušnost nosnic (Ledvinka & Klesalová 2003). Výraznější změny prostředí (např. teplotní změny) mají také za následek zvýšený výskyt masových i krevních skvrn. V poslední době se snížil podíl jak masových, tak i krevních skvrn, zejména v komerčních chovech je nižší než 1 % (Honkatukia et al. 2011).

Toto vejce obsahuje dva žloutky. Jeho vznik mohou nastat dvěma způsoby. Za prvé, že ovulace nastane příliš rychle, za druhé, že dojde k zaseknutí žloutku ve vejcovodu a následně se k němu připojí další žloutek. Dvoužloutková vejce snáší spíše mladé nosnice. Nemají ještě zcela synchronizovaný snáškový cyklus (Kingori 2012). S věkem nosnic se snižuje produkce vajec se dvěma žloutky. Vyšší výskyt dvoužloutkových vajec je typičtější pro těžší plemena (Wolc et al. 2012).

3.3 Mikrobiální kontaminace vajec

Mikrobiální znečištění skořápky je jedním z důležitých indikátorů kvality vajec. Po kontaminaci povrchu skořápky dochází i ke kontaminaci obsahu vejce. První bariérou, která chrání vaječný obsah před mikrobiálním znečištěním je kutikula. Je to mucinózní blána na povrchu skořápky. Další ochranou je skořápka s vnější a vnitřní podskořápečnou blánou. Mikrobiální kontaminaci ovlivňuje několik faktorů (Tůmová et al. 2008). Systém ustájení má hlavní vliv na znečištění skořápky. Vliv má hlavně vlhkost a teplota. Úroveň znečištění prostředí, tzn. veškeré povrchy, ale i koncentrace mikroorganismů a nečistot ve vzduchu (Englmaierová 2012). Vliv systémů ustájení na bakteriální znečištění skořápky porovnávali De Reu et al. (2005). Vejce z klecových chovů byla nejméně znečištěna, protože nosnice nepřijdou do styku s výkaly. To potvrdili i Mallet et al. (2006), kteří také zjistili vliv provedení klecí na znečištění povrchu skořápek. Vejce z podestýlkových chovů a voliér jsou v přímém styku se znečišťujícím materiálem a skořápka je více vystavena riziku mikrobiálního znečištění (Dunn 1997; De Reu et al. 2005; Englmaierová 2012).

Při porovnávání dvou genotypů, Hy-line Brown a Hy-line White, na mikrobiální kontaminaci, se nezjistil statisticky významný rozdíl (El-Sheikh et al. 2014). Tito autoři zjišťovali též vliv věku. Kontaminace *Escherichia coli* na skořápce byla průkazně vyšší ve věku 63 týdnů. Vliv věku slepic na mikrobiální znečištění nebyl zjištěn (Protais et al. 2003). S delší dobou skladování se zvyšovalo mikrobiální znečištění a došlo k ovlivnění kvality vajec (El-Sheikh et al. 2014).

K opačným výsledkům dospěla Englmaierová (2012), množství mikroorganismů se s delším skladováním snižovalo. Riziko znečištění a kontaminace vajec se zvyšuje v průběhu skladování nevhodnou manipulací s vejci.

4 Metodika

Byla sledována kvalita vajec, jejich technologická hodnota u méně známých genotypů nosnic. Sledování bylo ve druhé fázi snáškového cyklu, od 44. do 60. týdne věku. Do sledování byly zařazeny slepice genotypu Dominant Amber (hnědovaječný hybrid) a genotypu Dominant Greenshell (zelenovaječný hybrid). Nosnice byly ustájeny v obohacených klecích, které splňují welfare zvířat a odpovídají platné legislativě. Stájové mikroklima odpovídalo podmínkám způsobu chovu o teplotě 18 – 20 °C a relativní vlhkosti 50 – 60 %. Světelný den trval 16 hodin o intenzitě světla 5 – 10 luxů, tma byla 8 hodin. Krmná směs byla pro druhou fázi snášky N2 (16,66 % NL, 11,4 MJ ME). K čisté a nezávadné vodě i ke krmivu byl přístup ad libitum. V pravidelných, 28denních intervalech byla odebírána vejce k rozborům od 44. do 60. týdne věku, vždy 2 dny po sobě. Celkem bylo odebráno 1200 ks vajec, od každého genotypu v rámci věku vždy 120 ks.

Analýza byla v den sběru v laboratoři katedry chovu hospodářských zvířat na České zemědělské univerzitě v Praze.

Obrázek č. 1: Dominant Greenshell (DOMINANT CZ, 2020)



Dominant Greenshell zahrnuje několik barevných programů s různou barvou opeření a různou barvou skořápky od světle modré přes tyrkysově zelenou až k tmavě olivově zelené. Takovéto zbarvení skořápky vajec finálních hybridů DOMINANT Greenshell je výsledkem křížení klasických rodičovských mateřských populací programů DOMINANT a jejich následným křížením s originální otcovskou linií DOMINANT Greenshell, vytvořenou na bázi linií drůbeže vyšlechtěných z jihoamerického plemene Araukána, které při domestikaci a následném šlechtění ustálilo geneticky podmíněnou zelenou až modrou barvu skořápky.

Parametry snášky finálních hybridů všech barevných subprogramů Greenshell jsou zhruba okolo 240 až 260 vajec a každou generací intenzivního šlechtění se bude zvyšovat. Hmotnost vajec je okolo 57 až 59 g. Zbarvení opeření je dáno podle použití mateřské populace. Právě mateřská populace ovlivňuje i barvu skořápky u finálního hybridu.

Obrázek č. 2: Dominant Amber (DOMINANT CZ, 2020)



Dominant Amber je velice atraktivně zbarveným programem s hnědou kresbou na křídlech a hřbetu nosnice, která zvláště vyniká na základním, bílém zbarvení celého těla. Program využívá možnosti sexování podle geneticky podmíněné odlišné rychlosti růstu letek u jednodenních kohoutů s pomalým a u slepiček s rychlým růstem letek. Je velice oblíben jako finální hybrid pro samozásobitelské a alternativní chovy. Kohouti bývají využíváni i k produkci tradičního, vysoce chutného drůbežího masa. Předností jsou vysoké parametry snášky okolo 300 vajec. Charakteristická je světle hnědá barva skořápky vajec.

Tento program je výsledkem křížení rychle opeřující otcovské populace Rodajlendky bílé = RIW s alelou recesivního genu „k“ pro rychlost opeřování „K/k“ a mateřská populace je pomalu opeřující červená populace RIR s dominantní alelou „K“. Při líhnutí jednodenních kuřat se uplatňuje feathersexing při využití alel „K/k“, kdy jednodenní kohoutek od matky získává dominantní alelu tohoto genu „K“ a je pomalu opeřující a jednodenní slepička získává od otce alelu recesivní „k“ a je rychle opeřující, což je patrné na letkách jednodenních kuřat.

4.1 Rozbory vajec

Sledované parametry technologické hodnoty vajec

Hmotnost vejce (g) – pomocí digitální laboratorní váhy (Ohaus Portable Advances, Model No. CT600V, Florham Park, N. J. 0732, US).

Index tvaru vejce (%) – byl použit vzorec $Iv = (\text{š}/d) \cdot 100$, k měření bylo použito elektronické posuvné měřidlo, značka JOBI® profi. Délka a šířka byla měřena v milimetrech. Hmotnost skořápky (g) – byly použity digitální laboratorní váhy, značka Ohaus Portable Advances, Model No. CZ600V, Florham Park, N. J. 0732, US.

Podíl skořápky (%) – byl vypočítán z celkové hmotnosti vejce a hmotnosti skořápky.

Tloušťka skořápky (mm) – byla měřena digitálním mikrometrem Digimatic Outsize Micrometer, Mitutoyo Corporation, Japan. Měření probíhá ve střední části skořápky (v místě rozklepnutí vejce) bez podskořápečných blan.

Pevnost skořápky ($N \cdot cm^{-2}$) – byla stanovena destruktivní metodou, měřila se síla potřebná k prasknutí skořápky. Bylo použito přístroje Instron Universal Testing Machine, 3342, Instron Ltd., US.

Barva skořápky (%) - barva skořápky byla stanovena pomocí reflektometru TSS QCR reflectometer, Chessingham Park Dunnington, YORK YO19 5SE, England. Reflektometr využívá ke stanovení barvy odraz světla. Čím je nižší hodnota, tím je tmavší barva skořápky.

Hmotnost bílku (g) - hmotnost bílku byla stanovena pomocí digitálních laboratorních vah značky Ohaus Portable Advanced, Model No. CT600V, Florham Park, N. J. 0732, US.

Podíl bílku (%) - podíl bílku byl stanoven pomocí výpočtu z hmotnosti celého vejce a hmotnosti bílku.

Index bílku (%) - index bílku byl stanoven pomocí vzorce $I_b = (a/b) \cdot 100$. Hodnoty pro výpočet byly získány měřením výšky bílku (a) a průměrem šířky a délky bílku (b) vejce. Hodnoty výšky bílku a průměru délky a šířky bílku byly stanoveny v milimetrech. K měření byly použity různé typy elektronických posuvných měřidel.

Haughovy jednotky (%) - Haughovy jednotky byly stanoveny pomocí vzorce $HU = 100 \log(H - 1,7 W^{0,37} + 7,6)$. Hodnoty pro výpočet byly získány měřením výšky bílku (H) a vážením celého vejce (W). Hodnoty výšky bílku byly stanoveny v milimetrech a hodnoty hmotnosti vejce byly stanoveny v gramech.

Hmotnost žloutku (g) - hmotnost žloutku byla stanovena pomocí digitálních laboratorních vah značky Ohaus Portable Advanced, Model No. CT600V, Florham Park, N. J. 0732, US.

Podíl žloutku (%) - podíl žloutku byl stanoven pomocí výpočtu z hmotnosti celého vejce a hmotnosti žloutku.

Index žloutku (%) - index žloutku byl stanoven pomocí vzorce $I_z = (a/b) \cdot 100$. Hodnoty pro výpočet byly získány měřením výšky žloutku (a) a průměrem dvou rozměrů žloutku (b) vejce. Hodnoty výšky žloutku a průměru dvou rozměrů žloutku byly stanoveny v milimetrech. K měření byly použity různé typy elektronických posuvných měřidel.

Barva žloutku – barva žloutku byla stanovena pomocí barevné stupnice DMS YolcFanTM, DSM, Netherlands. Čím je vyšší hodnota, tím je tmavší barva žloutku.

4.2 Statistické vyhodnocení

Získané hodnoty byly statisticky vyhodnoceny. Byl použit počítačový program SAS (SAS Institute Inc.). Posuzoval se vliv genotypu a věku nosnic na vybrané parametry technologické hodnoty vajec. Využil se model MIXED procedure, který používá následující smíšený SAS postup.

$y_{ijk} = \mu + G_i + V_j + (G \cdot V)_{ij} + e_{ijk}$, kde y_{ijk} = hodnota parametru, G_i = vliv genotypu (Dominant Amber, Greenshell), V_j = vliv věku (týdny 44, 48, 52, 56, 60), $(G \cdot V)_{ij}$ = vliv interakce mezi genotypem a věkem, e_{ijk} = náhodná chyba.

Duncanův test byl použit pro testování rozdílů mezi skupinami. Hodnota $P \leq 0,05$ považována za statisticky významnou. Hodnoty, které mají v horním indexu uvedena jiná písmena, jsou průkazně rozdílné. Nad rámec diplomové práce jsou vypočítány interakce, a proto nejsou zde uvedeny a diskutovány.

5 Výsledky

Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 1 - 4 a grafech 1 a 2. Vliv genotypu a věku nosnic na průměrnou hmotnost a index tvaru vejce udává Tabulka 1. Genotypem nosnic ($P=0,0001$) i jejich věkem ($P=0,0445$) byla signifikantně ovlivněna hmotnost vejce. U genotypu Dominant Amber byla hmotnost vejce průkazně vyšší o 5,98 g (67,26 g) než u genotypu Dominant Greenshell (61,28 g). Pokud se týká věku, prokazatelně nejvyšší hmotnost vajec byla u nosnic ve věku 48 týdnů (65,81 g), nejnižší pak uprostřed sledování ve věku 52 týdnů (63,25 g). Dalším sledovaným parametrem kvality vajec byl index tvaru vejce, také průkazně ovlivněn genotypem ($P=0,0001$), ale ne věkem ($P=0,1515$). Signifikantně vyšší index tvaru vejce měly nosnice Dominant Amber oproti nosnicím Dominant Greenshell, a to o 4,01 procentního bodu. Vyšší index tvaru měla vejce od nosnic uprostřed snášky, ve věku 52 týdnů (76,10 %), naopak nižší index tvaru měla vejce od nosnic na konci sledování, ve věku 60 týdnů (75,38 %).

Tabulka 1: Hmotnost a index tvaru vejce v závislosti na genotypu nosnic a jejich věku

		Parametr	
Genotyp (Dominant)	Věk (týdny)	Hmotnost vejce (g)	Index tvaru vejce (%)
Amber		67,26 ^A	77,69 ^A
Greenshell		61,28 ^B	73,68 ^B
	44	64,21 ^{AB}	75,85
	48	65,81 ^A	75,92
	52	63,25 ^B	76,10
	56	64,10 ^{AB}	75,79
	60	64,94 ^{AB}	75,38
Průkaznost	Genotyp	0,0001	0,0001
	Věk	0,0445	0,1515
SEM		0,305	0,183

^{ABCD} $P \leq 0,05$ – průměry parametrů ve stejném sloupci (v rámci daného ukazatele) označeny rozdílnými horními indexy se signifikantně liší; SEM – Standard Error of Mean (střední chyba průměru)

Parametry týkající se kvality skořápky v závislosti na genotypu nosnic a jejich věku uvádí tabulka 2. Podíl skořápky byl prvním parametrem, kdy byl zjištěn prokazatelný vliv genotypu ($P=0,0001$). Vyšší průměrný podíl skořápky byl u genotypu Dominant Amber (9,14 %), to je v o 0,58 procentního bodu více než u genotypu Dominant Greenshell (8,56 %). Podíl skořápky se s věkem nosnic nepravidelně ($P=0,0289$) zvyšoval až do věku 52 týdnů (9,03 %), pak ale bylo u 60 týdne věku zaznamenáno snížení podílu skořápky na (8,73 %). Ve věku 48 týdnů (8,57 %) byl zjištěn nejnižší podíl skořápky. Tloušťka skořápky byla dalším sledovaným parametrem. Statisticky významný ($P=0,0454$) byl vliv genotypu na tloušťku skořápky, stejně tak vliv věku ($P=0,0001$). Průměrná tloušťka skořápky genotypu Dominant Greenshell (0,309 mm) byla o 0,008 mm nižší než průměrná tloušťka skořápky u genotypu Dominant Amber (0,301 mm). Zda se s věkem snižuje nebo zvyšuje tloušťka skořápky není možné z naměřených

hodnot jednoznačně určit. Tloušťka skořápky (0,325 mm) byla nejvyšší u vajec nosnic ve věku 56 týdnů. Průkazně nejnižší byla ve věku 48 týdnů. Pevnost skořápky, jako další měřený parametr, byla neprůkazně ovlivněna genotypem ($P = 0,0920$), ale signifikantně věkem nosnic ($P = 0,0036$). U genotypu Dominant Amber byla vyšší průměrná pevnost skořápky o 1,30 $N.cm^{-2}$ (36,16 $N.cm^{-2}$) než průměrná pevnost skořápky nosnic genotypu Dominant Greenshell (34,86 $N.cm^{-2}$). V 52. týdnu věku nosnic (37,57 $N.cm^{-2}$) byla průkazně nejvyšší pevnost skořápky. Ve 48. týdnu byla zjištěna nejnižší hodnota pevnosti skořápky (32,81 $N.cm^{-2}$).

Posledním hodnoceným parametrem kvality skořápky je barva skořápky. Signifikantně ji ovlivnil genotyp ($P=0,0001$), nikoliv však věk slepic ($P=0,0493$). Světlejší skořápka byla u genotypu Dominant Greenshell (65,01 %). U genotypu Dominant Amber (39,59 %) byla barva skořápky tmavší o 25,42 procentního bodu. Jednalo se o genotypy s různou barvou skořápky, u Dominanta Greenshell se jednalo o vejce s nazelenalou barvou skořápky a u genotypu Dominant Amber to byla vejce s nahnědlou barvou skořápky. Během sledovaného období barva skořápky často kolísala. Na začátku sledování, ve věku 44 týdnů (53,42 %), měly nosnice nejsvětlejší barvu skořápky, naopak na konci sledování, ve věku 60 týdnů (48,94 %), byla barva skořápky tmavší. S věkem nosnic došlo ke nezesvětlení barvy skořápky.

Tabulka 2: Vybrané ukazatele kvality skořápky v závislosti na genotypu nosnic a jejich věku

		Parametr			
Genotyp (Dominant)	Věk (týdny)	Podíl skořápky (%)	Tloušťka skořápky (mm)	Pevnost skořápky ($N.cm^{-2}$)	Barva skořápky (%)
Amber		8,56 ^B	0,301 ^B	36,16	39,59 ^B
Greenshell		9,14 ^A	0,309 ^A	34,86	65,01 ^A
	44	8,96 ^A	0,301 ^C	35,48 ^A	53,42 ^A
	48	8,57 ^B	0,269 ^D	32,81 ^B	51,60 ^A
	52	9,03 ^A	0,319 ^{AB}	37,57 ^A	51,75 ^A
	56	8,86 ^{AB}	0,325 ^A	35,49 ^A	51,61 ^A
	60	8,73 ^{AB}	0,312 ^{BC}	36,40 ^A	48,94 ^B
Průkaznost	Genotyp	0,0001	0,0454	0,0920	0,0001
	Věk	0,0289	0,0001	0,0036	0,0493
SEM		0,048	0,002	0,413	0,792

^{ABCD} $P \leq 0,05$ – průměry parametrů ve stejném sloupci (v rámci daného ukazatele) označeny rozdílnými horními indexy se signifikantně liší; SEM – Standard Error of Mean (střední chyba průměru)

Tabulka 3 sleduje průměrné hodnoty parametrů kvality žloutku. Prvním sledovaným parametrem byl podíl žloutku. Byl prokázán statisticky významný vliv genotypu ($P=0,0001$),

kdežto neprůkazný vliv věku ($P=0,4028$). Vejce slepic genotypu Greenshell měla vyšší podíl skořápky (31, 28%) oproti slepicím genotypu Amber (29, 41%). Téměř na začátku sledování, ve věku 48 týdnů (29,98 %), byl prokázán nižší podíl žloutku, naopak ve věku 60 týdnů (30,57 %) byl podíl žloutku nejvyšší. Je proto možné potvrdit zvyšující se podíl žloutku s věkem nosnice. Dalším sledovaným parametrem u kvality žloutku byl jeho index. Vliv genotypu ($P=0,0002$) byl průkazný. Index žloutku u vajec nosnic Dominant Amber byl o 1, 01 procentního bodu vyšší než u nosnic Dominant Greenshell (43,36 % vs. 42,35 %). Index žloutku ($P = 0,0001$) byl ovlivněn věkem nosnic. Index žloutku se od začátku sledování pravidelně zvyšoval a snižoval. Nejvyšší byl u vajec nosnic ve věku 56 týdnů (43,59 %), nejnižší pak u nosnic ve věku 48 týdnů (41,62 %). Barva žloutku byla posledním sledovaným parametrem, který nebyl průkazně ovlivněn genotypem ($P=0,3009$), ale věkem ($P=0,0111$). U vajec nosnic Dominant Amber (11,39) byl tmavší žloutek než u nosnic Dominant Greenshell (11,21), s rozdílem 0,18. Nejtmavší byl uprostřed sledování ve věku 52 týdnů (11,63), po celou dobu sledování měla barva žloutku kolísavý průběh, ve věku 48 týdnů byl žloutek nejsvětější (10,76).

Tabulka 3: Vybrané ukazatele kvality žloutku v závislosti na genotypu nosnic a jejich věku

		Parametr		
Genotyp (Dominant)	Věk (týdny)	Podíl žloutku (%)	Index žloutku (%)	Barva žloutku
Amber		29,41 ^B	43,36 ^A	11,39
Greenshell		31,28 ^A	42,35 ^B	11,21
	44	30,31	42,96 ^A	11,35 ^{AB}
	48	29,98	41,62 ^B	10,76 ^B
	52	30,26	43,13 ^A	11,63 ^A
	56	30,34	43,59 ^A	11,18 ^{AB}
	60	30,57	43,24 ^A	11,61 ^A
Průkaznost	Genotyp	0,0001	0,0002	0,3009
	Věk	0,4028	0,0001	0,0111
SEM		0,121	0,142	0,091

^{ABC} $P \leq 0,05$ – průměry parametrů ve stejném sloupci (v rámci daného ukazatele) označeny rozdílnými horními indexy se signifikantně liší; SEM – Standard Error of Mean (střední chyba průměru)

V tabulce 4 se sledují vybrané parametry kvality bílku v závislosti na genotypu nosnic a jejich věku. Podíl bílku byl prvním parametrem sledovaným u kvality bílku, průkazně byl ovlivněn genotypem ($P=0,0001$) i věkem nosnic ($P=0,2178$).

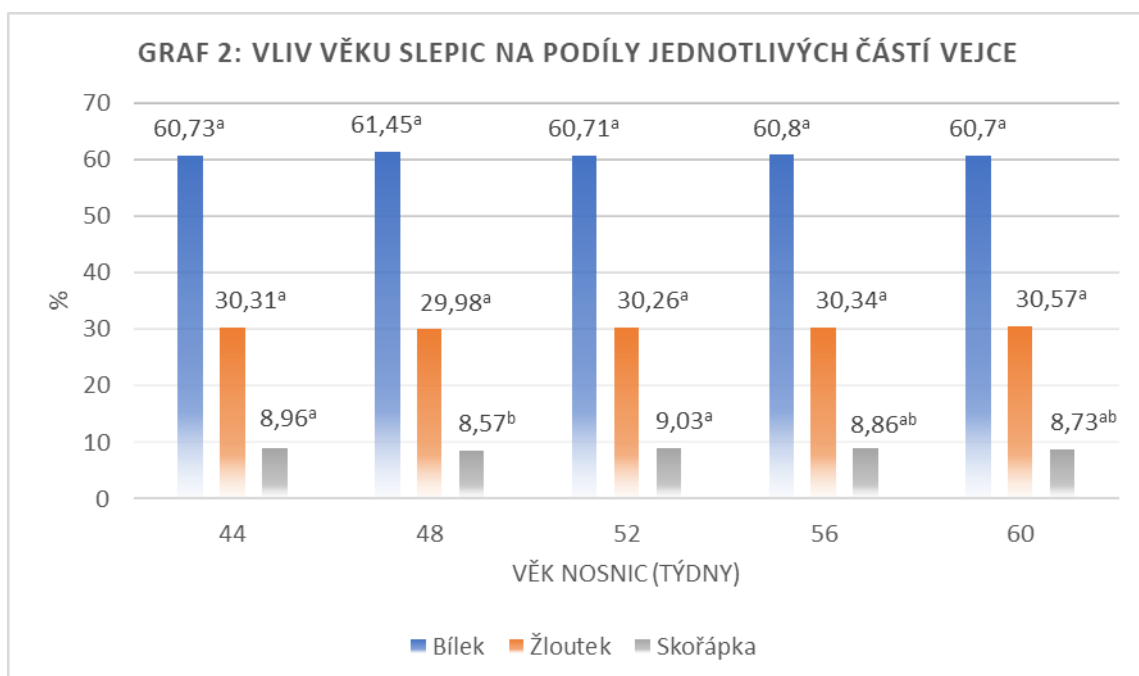
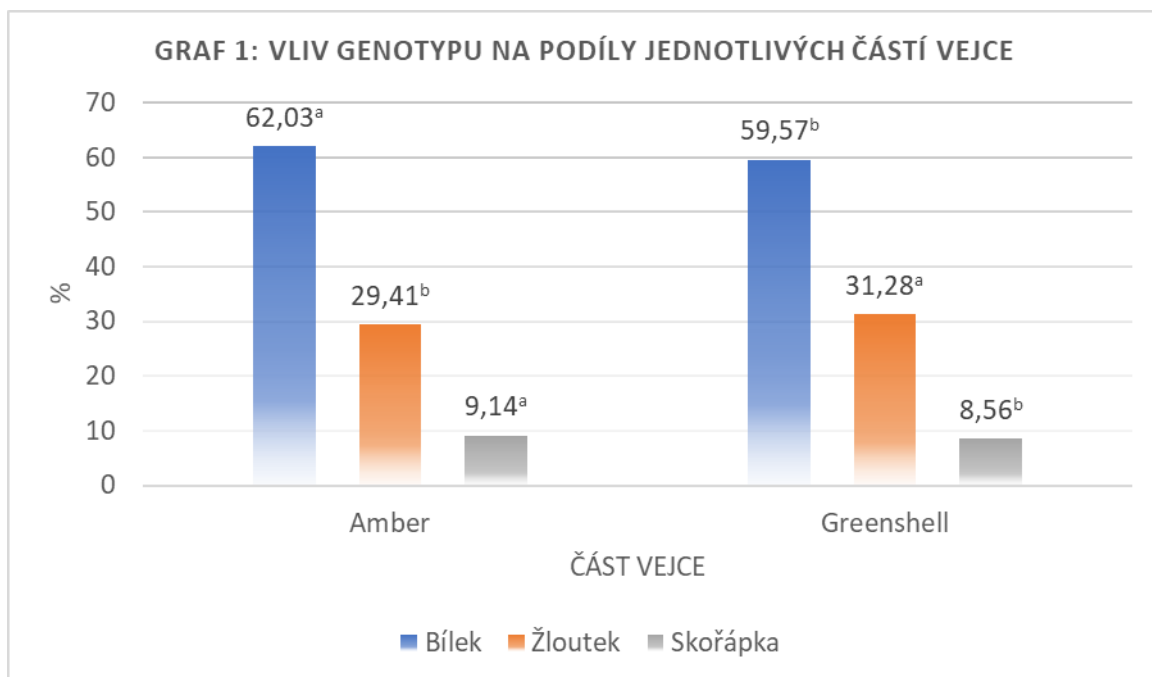
Tabulka 4: Vybrané ukazatele kvality bílku v závislosti na genotypu nosnic a jejich věku

		Parametr		
Genotyp (Dominant)	Věk (týdny)	Podíl bílku (%)	Index bílku (%)	Haughovy jednotky
Amber		62,03 ^A	9,03 ^A	84,95
Greenshell		59,57 ^B	8,65 ^B	83,83
	44	60,73	8,27 ^C	81,38 ^B
	48	61,45	9,58 ^A	86,76 ^A
	52	60,71	8,95 ^B	85,70 ^A
	56	60,80	8,95 ^B	85,52 ^A
	60	60,70	8,47 ^{BC}	82,69 ^B
Průkaznost	Genotyp	0,0001	0,0470	0,1883
	Věk	0,2178	0,0001	0,0001
SEM		0,133	0,092	0,397

^{ABC} $P \leq 0,05$ – průměry parametrů ve stejném sloupci (v rámci daného ukazatele) označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší; SEM – Standard Error of Mean (střední chyba průměru)

Statisticky průkazný vliv genotypu ($P=0,0470$) i věku nosnic ($P=0,0001$) byl zjištěn u indexu bílku. Průměrně vyšší index bílku byl zjištěn u nosnic Dominant Amber, naopak nižší od nosnic Dominant Greenshell (9,03 % vs. 8,65 %), a to s rozdílem 0,38 procentního bodu. Do 48. týdne věku se index bílku zvyšoval (9,58 %) a poté došlo k opačnému trendu. U vajec od nosnic ve věku 44 týdnů (8,27 %) byl zjištěn nejnižší index bílku. I u Haughových jednotek byl zjištěn signifikantní vliv genotypu ($P=0,1883$) a věku nosnic ($P=0,0001$). Průměrně vyšší hodnoty o 1,12 Haughových jednotek měly nosnice Dominant Amber (84,95) proti nosnicím Dominant Greenshell (83,83). Ve věku 48 týdnů (86,76) byla zjištěna nejvyšší hodnota Haughových jednotek a nejnižší hodnota ve věku 44 týdnů (81,83).

Graf 1 a graf 2 udávají vliv genotypu a věkem slepice na podíly jednotlivých částí vejce.



6 Diskuze

Nejvýznamějšími faktory, které ovlivňují kvalitu vajec u nosnic je jejich genotyp a věk. Zejména uvedené faktory byly zkoumány v této diplomové práci. Pozorování v této diplomové práci poukázala na velmi vlivný dopad na hmotnost vejce díky genotypu nosnic. S čímž se shodují závěry Weie et al. (1992), Simeonovové & Kalové (1993), Halaje & Grofika (1994), Simeonovové et al. (1999), Heila & Hartmana (1997), Ledvinky & Klesalové (2002), Tůmové et al. (2007), Zity et al. (2009; 2018). Výrazně vyšší hmotnost byla prokázána u genotypu Dominant Amber ve srovnání s Dominantem Greenshell, který je zelenovaječným genotypem, což je ve shodě s Halajem & Grofikem (1994), Arentem et al. (1997), Heilem & Hartmanem (1997), Ledvinkou et al. (2000), Leyendeckerem et al. (2001), Kocevskim et al. (2011) a Jonesem (2010), kteří potvrdili vyšší hmotnost u hnědovaječného hybridu. Naopak závěry tohoto zkoumání se neshodují se závěry Alsobayela & Albadryho (2011), kteří zjistili nižší hmotnost u hnědovaječných hybridů. Další faktor, který významně ovlivnil hmotnost vajec je věk. Stejně závěry mají zkoumání Silversidese & Scotta (2001), Suka & Parka (2001), Oloyoa (2003), Van den Branda et al. (2004), Rizziho & Chiericateho (2005), Baumgartnera et al. (2007), Johnstona & Gouse (2007), Krawczyka et al. (2009), Zity et al. (2009), Kocevského et al. (2011), Ledvinky et al. (2011), Nangsuaye et al. (2011), Tůmové & Gouse (2012), Biesadia-Drzazgy (2017), Sirriho et al. (2018) a Sokolowicze et al. (2018). Závěry potvrzují postupné zvyšování hmotnosti u starších nosnic. Uvedené výsledky nekorespondují se závěry Zemkové et al. (2007), kteří nepotvrdili statisticky významný vliv věku na hmotnost vejce.

Významně byl ovlivněn genotypem i index tvaru vejce. Stejně závěry zjistili Tůmová et al. (2007) a Ledvinka et al. (2011). Genotyp Dominant Amber měl u vajec významně vyšší index tvaru, než tomu bylo u genotypu Dominant Greenshell. Prokazatelně vyšší hodnoty indexu tvaru u hnědovaječných hybridů zjistili také Alsobayel & Albadry (2011) a El-Sheikh et al. (2014). Nejvyšší index tvaru měla vejce od nosnic ve věku 52 týdnů a nejnižší v 60. týdnech což je ve shodě se závěry Van den Branda et al. (2004) a Biesadia-Drzazgy (2017), kteří uvádějí, že čím vyšší věk, tím nižší index tvaru vejce.

Genotyp ovlivnil podíl skořápky. Vliv genotypu průkazně potvrdili Ledvinka et al. (2011). U zelenovaječného hybridu Dominant Greenshell byl podíl skořápky vyšší než u hnědovaječného hybridu Dominant Amber, což nesouhlasí se závěry uvedené Rayanem et al. (2013) a El-Sheikhem et al. (2014), ti uvádějí u hnědovaječných hybridů vyšší podíl skořápky. Tůmová et al. (1993) měli shodné výsledky, nižší podíl u hnědovaječných hybridů. Plemeno Aracauna, z kterého byl vyšlechtěn hybrid Dominant Greenshell, studoval Biesadia-Drzazga (2017) a 12,1 – 14,1%. Při porovnávání Dominanta Greenshell byl zjištěn podíl skořápky 9,14% oproti 8,56% u Dominanta Amber. Na podíl skořápky měl signifikantní vliv ($P = 0,0001$) věk nosnic ($P = 0,0289$) i genotyp. Nelze však jednoznačně určit, z námi naměřených hodnot, zda se s věkem zvyšoval nebo snižoval podíl skořápky. Během sledovaného období byly hodnoty relativně vyrovnané. Sledováním Ledvinky a Klesalové (2002) bylo zjištění, že s věkem dochází ke snižování podílu skořápky. Podíl skořápky 9 – 12% z celého vejce (Zaheer 2015) byl shodný s výsledky našich rozborů.

Genotyp signifikantně ovlivnil tloušťku skořápky, u hybridu Dominant Greenshell byla skořápka o 0,008 mm silnější než u hybridu Dominant Amber. To se shoduje s výsledky Halaje & Grofika (1994) a Leyendeckera et al. (2001), ti dospěli ve výsledcích ke zjištění, že hnědovaječné nosnice mají tenčí skořápku. Naopak silnější skořápku u hnědovaječných hybridů zjistili Tůmová et al. (1993), Jones et al. (2010) a El-Sheikh et al. (2014). Genotyp nosnic významně statisticky ovlivnil tloušťku skořápky. Získaná měření potvrdila silnější skořápku u starších nosnic, to však nesouhlasí s měřením Silversidese & Scotta (2001), Suka & Parka (2001), Robertse & Balla (2004), Campa et al. (2007), Sokolowicz et al. (2018), kteří naopak uvádějí, že s věkem nosnic je skořápka tenší. Naopak měření, která prováděli Yannakopoulos

& Tserveni-Gous (1987) potvrzují výsledky měření, které udávají silnější skořápku s rostoucím věkem. Významný vliv věku na tloušťku skořápky nezjistili Yannakopoulos et al. (1994) a Van den Brand et al. (2004).

Genotyp dále významně ovlivňuje pevnost skořápky. V porovnání genotypů Dominant Amber a Dominant Greenshell byla zjištěna vyšší pevnost skořápky u genotypu Dominant Amber, ke stejným výsledkům dospěli Jones et al. (2010), u kterých se prokázala vyšší pevnost skořápky u hnědovaječných hybridů. Tůmová et al. (1993) dospěli ke stejným výsledkům. Také věk měl vliv na pevnost skořápky. Zcela nejvyšší hodnoty u pevnosti skořápky byly naměřeny ve 52. týdnu věku nosnic s následným snížením pevnosti skořápky. Nejnižší hodnota pevnosti skořápky byla prakticky na začátku sledování ve 48. týdnu, což nekoresponduje se Sirrim et al. (2018), kteří s věkem nosnic uvádějí snížení pevnosti skořápky.

Genotyp dále ovlivnil i barvu skořápky. U hybrida Dominant Greenshell byla skořápka světlejší než u hybrida Dominant Amber. jednalo se ale o hybridy s různou barvou skořápky, Dominant Greenshell má skořápku nazelenalou, Dominant Amber nahnědlou. Také věk nosnic měl vliv na barvu skořápky. Ta během sledování měla výkyvy, nejtmaší byla od nosnic ve věku 60 týdnů, nejsvětlejší ve věku 44 týdnů. Tyto výsledky jsou v rozporu se závěry Zhanga et al. (2005), Obadasima et al. (2007), Tůmové & Ledvinky (2009), Zity et al. (2009) a Ledvinky et al. (2014), kteří konstatují, že s věkem nosnice se intenzita barvy skořápky snižuje. Lze konstatovat, že došlo k ztmavnutí skořápky s věkem nosnic, což je v rozporu se závěry Zhanga et al. (2005), Obadasima et al. (2007), Tůmové & Ledvinky (2009), Zity et al. (2009) a Ledvinky et al. (2014), kteří konstatují, že s věkem nosnice se intenzita barvy skořápky snižuje. U podílu žloutku byl statisticky významný vliv genotypu, to udávají Tůmová et al. (1993; 2007), u hybrida Dominant Greenshell byl průměrný podíl žloutku vyšší o 1,87 procentního bodu než u hybrida Dominant Amber (Tůmová et al. 1993; El-Sheikh 2014), byl zjištěn nižší podíl žloutku u hnědovaječných nosnic. Biesadia-Drzazga (2017) ve svých výsledcích dospěl k podílu žloutku u slepic Araucana 33,4 – 35,3 %, v rámci tohoto pozorování byl podíl žloutku u genotypu Greenshell 31,28 %. Také u věku byl prokázán vliv na podíl žloutku. Ten vykazoval kolísající hodnoty během pozorování, což nekoresponduje s výsledky Suka & Parka (2001) a Johnstona & Gouse (2007), kteří uvádějí vliv věku na podíl jednotlivých částí vejce. Výsledky nejsou ve shodě se Zitou et al. (2009), kteří zjistili snižování podílu žloutku s věkem nosnic. Tůmová et al. (1993; 2007) uvádějí významný vliv genotypu na index tvaru žloutku. V této práci v rámci pozorování byl zaznamenán průkazný vliv genotypu. Index žloutku u vajec od nosnic Dominant Amber byl vyšší než u nosnic Dominant Greenshell. Věk nosnic také významně ovlivnil index žloutku. Index žloutku vykazoval nepatrné výkyvy, kdy se nejprve snížil, poté se výrazněji zvýšil, aby se po 56ti týdnech věku zase nepatrně snížil. Nejvyšší index žloutku byl u vajec nosnic ve věku 56 týdnů, nejnižší index žloutku byl u nosnic prakticky na začátku pozorování ve věku 48 týdnů. To souhlasí s závěry Zity et al. (2009), kdy uvádějí zvyšující se index žloutku s věkem nosnic.

Barva žloutku nebyla významně ovlivněna genotypem. Nepatrně tmavší žloutek byl u vajec od hnědovaječných nosnic Dominant Amber oproti nosnicím Dominant Greenshell, což je v souladu s El-Sheikhem et al. (2014), kteří zjistili tmavší barvu žloutku u hybrida Hy-line Brown. Barva žloutku byla také významně ovlivněna věkem. Nejprve došlo ke snížení barvy žloutku na začátku pozorování ve věku 48 týdnů, ovšem ve věku 52 týdnů byl žloutek nejtmaší, což je v téměř vsouladu se závěry Kuchty et al. (1997), Czaje & Gornowicze (2006) a Nikolové & Kocevského (2006), ti uvádějí tmavší barvu žloutku u vajec od starších nosnic.

Genotypem byl také ovlivněn podíl bílku. U hybrida Dominant Amber byl zjištěn vyšší podíl bílku než u hybrida Dominant Greenshell. Zcela výrazný vliv genotypu na podíl bílku nezjistili Tůmová et al. (2017). U plemene Araucana Biesadia-Drzazga (2017) zjistil podíl bílku 51,1 – 54,3 %, v našem sledování u hybrida Dominant Greenshell byl podíl bílku 62,03%. Vliv věku

na podíl bílku byl staticky významný ($P=0,2178$). Kromě jednoho zvýšení v 48 týdnech věku výsledky poukazují na stálost podílu bílku.

Ve věku 48 týdnů byla naměřena nejvyšší hodnota podílu žloutku, nejnižší hodnota byla u slepic ve věku 60 týdnů. Tyto výsledky se shodují se sledováním Suka & Parka (2001) a Johnstona & Gouse (2007). Ti uvádějí vliv věku na podíl jednotlivých částí vejce.

Tato práce udává vliv genotypu na index bílku, to ale nepotvrzují Tůmová et al. (2007). U nich se neprojevil průkazný vliv genotypu na index bílku. U nosnic Dominant Amber byl zjištěn průměrně vyšší index bílku než u nosnic Dominant Greenshell. Byl zjištěn statisticky významný vliv věku nosnic na index bílku. Nejvyšší hodnota indexu byla naměřena ve věku 48 týdnů (9,58 %), nejnižší hodnota byla na počátku sledování ve 44 týdnech věku (8,27 %). To se neshoduje se závěry Van den Branda et al. (2004) a Zity et al. (2009), kteří vykazují snížení indexu bílku s věkem slepic.

Genotyp významně ovlivnil i hodnoty Haugových jednotek. Nosnice genotypu Dominant Amber měly průměrně vyšší hodnoty Haugových jednotek než nosnice genotypu Dominant Greenshell, to nekoresponduje s výsledky Leyendeckera et al. 2001, ti uvádějí nižší Haughovy jednotky u hnědovaječných nosnic, s čímž souhlasí Rayan et al. (2013) a El-Sheikh et al. (2014). U Haugových jednotek byl významný vliv věku nosnic. Výsledky měření Haugových jednotek měly stejný průběh jako index bílku, nejvyšší hodnota Haugových jednotek byla zjištěna u nosnic ve věku 48 týdnů a nejnižší věku 44 týdnů. Bozkurt & Tekerli (2009).

7 Závěr

Kvalita vajec se posuzuje na základě nutriční a technologické hodnoty. Tady má vliv mnoho faktorů, zejména věk a genotyp. Je zřejmé, že všechny hodnocené parametry ovlivnil jak věk, tak i genotyp.

V porovnání genotypu Dominant Amber (67,26 g) je patrné, že hmotnost vajec byla průkazně vyšší (o 5,98 g) než u genotypu Dominant Greenshell (61,28 g). Nejvyšší hmotnost vajec byla zjištěna ve věku 48 týdnů (65,81 g), skoro začátku sledování, ve věku 52 týdnů, naopak nejnižší (63,25 g). Se zvyšujícím se věkem nosnic se nezvyšuje i hmotnost vajec.

Signifikantně vyšší index tvaru byl zjištěn u genotypu Dominant Amber. Index tvaru byl průkazně nejvyšší na uprostřed sledování v 52 týdnu věku, nejnižší byl ve věku 60 týdnů, tj. na konci sledování.

Co se týče podílu skořápky, ta byla signifikantně vyšší (9,14 g) u nosnic Dominant Greenshell, u nosnic Dominant Amber byla nižší (8,56 g). Zda se podíl skořápky s věkem snižoval nebo zvyšoval, nelze z výsledků určit. Průměrný podíl skořápky byl vyšší u nosnic Dominant Greenshell. Také u tloušťky skořápky nelze jednoznačně určit vliv věku na tento parametr. U genotypu Dominant Greenshell byla tloušťka skořápky 0,309 mm, u genotypu Dominant Amber 0,301 mm, tj. o 0,08 mm méně. Dominant Greenshell vykazoval nižší průměrnou pevnost skořápky ($34,86 \text{ N.cm}^{-2}$) než Dominant Amber ($36,16 \text{ N.cm}^{-2}$), tj. o $1,3 \text{ N.cm}^{-2}$ více. Průkazně nejnižší pevnost skořápky ($32,81 \text{ N.cm}^{-2}$) byla ve 48 týdnu věku. Světlejší barvu skořápky vykazovaly nosnice genotypu Dominant Greenshell, jednalo se však o genotypy s různou barvou skořápky. Barva skořápky často kolísala během sledování, což je patrné z výsledků.

Vyšší podíl žloutku se projevoval u genotypu Dominant Greenshell (31,28 %) než u genotypu Dominant Amber (29,41 %). Nejnižší podíl žloutku byl ve věku 48 týdnů (29,98 %) a nejvyšší ve věku 60 týdnů (30,57 %). Je možné proto potvrdit, že s věkem nosnic se zvyšuje podíl žloutku. Vyšší index žloutku vykazovaly nosnice Dominant Amber (43,36 %), naopak nosnice Dominant Greenshell měly index žloutku nižší (42,35 %). Index žloutku byl na začátku sledování nižší než na jeho konci. Opět se potvrzuje, že s věkem nosnic se zvyšuje i index žloutku. Tmavší žloutek, 11,39 se projevil u nosnic Dominant Amber, naopak nosnice Dominant Greenshell měly žloutek světlejší (11,21). ve věku 48 týdnů vykazovaly nosnice nejsvětlejší žloutek (10,76) a nejtmaší byl v 52 týdnech (11,63). U genotypu Dominant Amber byl zjištěn vyšší podíl bílku (62,03 %) vůči (59,57 %), nosnice tohoto genotypu měly též vejce s průměrně vyšším indexem bílku (9,03 %) oproti (8,65 %). Haughovy jednotky měly též u tohoto genotypu v průměru vyšší hodnoty (84,95) než u genotypu Dominant Greenshell (83,83). Není pravda, že s věkem se Haughovy jednotky snižují, nejnižší hodnota byla naměřena na začátku sledování ve 44 týdnech a nejvyšší ve 48 týdnu věku.

8 Literatura

- Ahmadi F, Rahimi F. 2011. Factors affecting quality and quantity of egg production in laying hens: a review. *World Applied Sciences Journal*. **12** (3): 372 – 384.
- Akyurek H, Okur AA. 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 AA, Albadry MA. 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**: 41 – 45.
- Altan O, Oguz I, Akbas Y. 1998. Effects of selection for high body weight and age of hen on egg characteristics in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* **22**: 467 – 474.
- Altuntaş E, Şekeroğlu A. 2008. Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs. *Journal of Food Engineering*. **4**: 606 – 612.
- Anderson KA. 2010. Range egg production, is it better than in cages? MPF Convention, March 16 – 18.
- Anderson KE, Adams AW. 1994. Effect of cages versus floor environments and cages floor mesh size on bone strength, fearfulness and production of single comb White Leghorn hens. *Poultry Science* **73**: 1233 – 1240.
- Arent E, Tůmová E, Ledvinka Z, Holoubek J. 1997. The effect of plane of nutrition on egg quality in laying hens of different genotypes. *Živočišná výroba* **42**: 427-732.
- 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**: 66 – 74.
- Basmacioglu H, Ergul M. 2005. Research on the factors affecting cholesterol content and some other characteristics of egg in laying hens – the effect of genotype and rearing system. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. **29**: 157 – 164.
- 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. **1**: 35 – 36.
- Bejaei M, Wiseman K, Cheng KM. 2011. Influences of emographic characteristics, attitudes, and preference of consumers on table egg consumption in British Columbia, Canada. *Poultry Science* **90**: 1088 – 1095.
- Bell DD, Weaver WD. 2002. Commercial chicken meat and egg production. Springer Science and Business Media. Springer US, New York City.
- Biesadia-Drzazga B. 2017. Quality of Araucana eggs. *European Poultry Science* **81**. DOI: 10.1399/eps: 208 s.
- Blokhuis HJ, Metz JHM. 2007. Aviary housing for laying hens. Spelderholt Publication No. 641. ID-DLO, Lelystad, The Netherlands.
- Bozkurt Z, Tekerli M. 2009. The Effects of Hen Age, Genotype, Period and Temperature of Storage on Egg Quality. *Kafkas Üniversitesi Veteriner fakültesi Dergisi*. **15** (4): 517 – 524.
- Bunea A, Copaciu FM., Pascalau S, Dulf F, Rugina D, Chira R, Pintea A. 2017. Chromatographic analysis of lipophilic compounds in eggs from organically fed hens. *Journal of Applied Poultry Research* **26**: 498 – 508.
- Buss EG, Guyer RB. 1982. Genetic differences in avian egg shell formation. *Poultry Science* **61**: 2048 – 2055.
- Cabadaj R, Turek P. 1992. Hygiena a technológia hydiny a vajec. Magnus, Košice.

- Campo JL, Gil M G, Davila SG. 2007. Differences among white-, tinted-, and brownegg laying hens for incidence of eggs laid on the floor and for oviposition time. *Archiv für Geflügelkunde* **71**: 105 – 109.
- Czaja L, Gornowicz E. 2006. Wpływ genomu oraz wieku kur na jakość jaj spożywczych. *Roczniki Naukowe Zootechniki* **33**: 5 – 70.
- De Reu K, Grijspeerdt K, Heyndrickx M, Zoons J, De Baere K, Uyttendaele M, Debevere J, Herman L. 2005. Bacterial egg shell contamination in conventional cages, furnished cages and aviary housing systems for laying hens. *British Poultry Science* **46**: 149 – 155.
- Dorji N. 2014. Assessment of storage and temperature on egg physical qualities for peak production on hyline chickens. *Iranian Journal of Applied Animal Science* **4**: 173 – 178.
- Dunn N. 1997. European cage critics find no better system, *World Poultry-Misset* **13**: 32 – 39.
- El-Sheikh TM, Abdel-Kareem AAA, Youns S. 2014. Egg quality traits and shell microbial contaminations in two commercial layers strains affected by flock age and storage period. *7th International Poultry Conference*. **1**: 208 – 224.
- Englmaierová M. 2012. Porovnání jednotlivých systémů ustájení slepic z hlediska welfare, užitkovosti a kvality vajec. In: *Uplatnění výsledků výzkumu z oblasti živočišné výroby v praxi. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Praha*.
- Englmaierová M, Tůmová E. 2008. Změny kvality vajec v závislosti na systému ustájení a skladování. *Náš chov* **1**: 72 – 73.
- Englmaierová M, Tůmová E, Charvátová V, Skřivan M. 2014. Effects of laying hens housing system on laying performance, egg quality characteristics, and egg microbial contamination. *Czech Journal of Animal Sciences*. **8**: 345 – 352.
- FAO Food and Agriculture Organization. 2010. *Agribusiness handbook. Poultry Meat & Eggs*. Investment Centre Division. Viale delle Terme di Caracalla. Rome. Italy. 75 p.
- Fossum O, Jansson DS, Etterlin PE, Vagsholm I. 2009. Causes of mortality in laying hens in different housing systems in 2001 to 2004. *Acta Veterinaria Scandinavica*. **51** (3).
- Grunder AA, Fairfull RW, Hamilton RMG, Thompson BK. 1991. Correlations between measures of eggshell quality or percentage of intact eggs and various economic traits. *Poultry Science* **70**: 1855 – 1860.
- Guerrero – Legarreta I. 2010. *Handbook of Poultry Science and Technology – Volume 1*. A. John Wiley & Sons, Inc., Publication. New Jersey. 788 p.
- Guoqiang Y, Wenbo L, Junying L, Jinagxia Z, Lujiang Q, Guiyun X, Ning Y. 2014. Genetic analysis for dynamic changes of egg weight in 2 chicken lines. *Poultry Science*. **93**: 2963 – 2969.
- Halaj M, Benkova J, Baumgartner J. 1998. Parameters of hen egg quality in various breeds and strains. *Czech Journal of Animal Science*. **43**: 375 – 378.
- Halaj M, Golian J. 2011. *Vajce - biologické, technické a potravinárske využitie*. Garmond. Nitra.
- 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. *Živočišná výroba* **39**: 927 – 934.
- Harms RH, Rossi AF, Sloan DR, Miles RD, Christmas RB. 1990. A method for estimating shell weight and correcting specific gravity for egg weight in egg shell quality studies. *Poultry Science* **69**: 48 – 52.
- Heflin LE, Malheiros R, Anderson KE, Johnson LK, Raatz SK. 2018. Mineral content of eggs differs with hen strain, age, and rearing environment. *Poultry Science* **97**:1605-1613. – 1613.
- Heil G, Hartmann W. 1997. Combined summaries of European random sample egg production tests completed in 1995 and 1996. *Worlds Poultry Science* **53**: 291 – 296.

- Hejlová Š. 2001. Hygiena a technologie vajec a vaječných výrobků. Straka. Újezd u Brna.
- Hidalgo A, Rossi M, Crici F, Ratti S. 2007. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing system. *Food Chemistry* **106**: 1031 – 1038.
- Hocking PM, Bain M, Channing C E, Fleming R, Wilson S. 2003. Genetic variation for egg production, egg quality and bone strength in selected and traditional breeds of laying fowl. *British Poultry Science* **44**: 365 – 373.
- Holoubek J, Hubený M. 2002. Chov drůbeže z pohledu ekonomiky produkce, legislativních opatření, dopadů na životní prostředí a optimalizace výroby [online]. Česká zemědělská univerzita v Praze. [cit. 2019-04-06 - 5]. Available from: http://www.agris.cz/Content/files/main_files/74/152427/holoubek.pdf.
- Holoubek J, Ledvinka Z, Skřivan M, Tůmová E. 2007. *Základy chovu drůbeže*. ČZU-AF. Praha.
- Honkatukia M, Tuiskula-Haavisto M, Ahola V, Uimari P, Schmutz M, Preisinger R, Caver D, Vennerström P, Arango J, O'Sullivan N, Fulton J, Vilkki J. 2011. Mapping of QTL affecting incidence of blood and meat inclusions in egg layers. *BMC genetics*. **1**: 55 s.
- Hy-Line. Hyline Product information, chickens, genetics, polutry, eggs, diseases, technology, breeds, farming, egg production [online]. 2020 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z <<http://www.hyline.com/aspx/products/productinformation.aspx>>.
- Jenderal MJ, Church JS, Feddes JJ. 2004. Assesing the welfare of Layers hens housed in conventional, modified and commercially-available furnishd battery cages. *Proceedings of 22nd World Poultry Congress, Istanbul, Turkey*, 4 s (CD).
- Johnston SA, Gous RM. 2007. Modelling the changes in the proportions of the eggcomponents during a laying cycle. *British Poultry Science* **48**: 347 – 353.
- Jones DR, Karcher DM, Regmi P, Robison CO, Gast RK 2018. Hen genetic strain and extended cold storage influence on physical egg quality from cage-free aviary housing system. *Poultry Science* **97**: 2347 – 2355.
- Jones DR, Musgrove MT, Anderson KE, Thesmar HS. 2010. Physical quality and composition of retail shell eggs. *Poultry Science* **89**: 582 – 587.
- Keshavarz K. 1998. Investigation on the possibility of reducing protein, phosphorus, and calcium requirements of laying hens by manipulation of time of access to these nutrients. *Poultry Science* **77**: 1320 – 1332.
- Ketta M, Tůmová E. 2016. Eggshell structure, measurements, and quality-affecting factors in laying hens: a review. *Czech Journal of Animal Science*. **61**: 299 – 309.
- King'ori AM. 2012. Egg Quality Deffects: Types, Causes and Occurrence. *Journal of Animal Production Advances* **2**: 350 – 357.
- Klecker D, Zeman L, Pokludová M, Slavíčková M. 2002. Porovnání jednotlivých technologických systémů v chovu slepic. In: *Sborník referátů – konference „Technologické systémy v chovu drůbeže“*. Brno. 9 – 12.
- Kljak K, Drdić M, Karolyi D, Grbeša D. 2012. Pigmentation Efficiency of Croatian Corn Hybrids in Egg Production. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*. **7**: 23 – 27.
- 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**: 1649 – 1658.
- 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.
- Košář K, Navarová H, Procházka D. 2004. *Zásady welfare a nové standardy EU v chovu drůbeže*. Praha: VÚŽV Praha – Uhřetěves.

- 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, East Lansing.
- Kraus A., Zita L. 2019. The Effect of Age and Genotype on Quality of Eggs in Brown Egg-Laying Hybrids. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **67**: 407 – 414.
- 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**: 185 – 193.
- Kříž L. 1997. Zpracování a ošetření drůbežích produktů. Praha. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. Praha.
- 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**: 229 – 241.
- Lacin E, Yildiz A, Esenbuga N, Macit M. 2008. Effects of differences in the initial body weight of groups on laying performance and egg quality parameters of Lohmann laying hens. *Czech Journal of Animal Science* **53**: 466 – 471.
- Ledvinka Z. 2003. The effect of internal and external factors on the quality of eggs. [Advanced PhD Thesis] Czech University of Life Sciences Prague, Prague.
- Ledvinka Z, Klesalová L. 2002. Hmotnost vajec a faktory, které ji ovlivňují. *Náš chov*. **7**: 54.
- Ledvinka Z, Klesalová L. 2003. Výskyt krevních a masových skvrn ve vejcích slepic. *Náš chov*. **1**: 52.
- 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**: 285 – 288.
- Ledvinka Z, Tůmová E, Klesalová L, Zita L. 2005. Kvalita vajec v různých systémech chovu nosnic. *Agromagazín* **16**: 40 – 42.
- Ledvinka Z, Tůmová E, Štolc L. 2008. Užitekčnost nosnic a kvalita vajec v různých systémech chovu: metodika pro praxi. *Česká zemědělská univerzita v Praze*. Praha **6**. 24 s.
- Ledvinka Z, Tůmová E, Zita L. 2009. Vybrané kapitoly z chovu drůbeže. Powerprint s.r.o. Praha. 86 s.
- Ledvinka Z, Zita L, Hubený M, Klesalová L. 2007. Faktory vnější povahy ovlivňující barvu vaječné skořápky. *Náš chov*. **9**: 47 – 48.
- Ledvinka Z, Zita L, Hubený M, Tůmová E, Tyller M, Dobrovolný P, Hruška M. 2011. Effect of genotype, age of hens and K/k allele on eggshell quality. *Czech Journal of Animal Science* **56**: 242 – 249.
- 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**: 1466 – 1471.
- Leeson S, Caston L, Summers JD. 1997. Layer performance of four strains of leghorn pullets subjected to various rearing programs. *Poultry Science* **76**: 1 – 5.
- Leeson S, Summers J. D. 2001. Scott's nutrition of the chicken. University books. Canada. 591 p.
- Leyendecker M, Hamann H, Hartung J, Kamphues J, Ring C, Gluender 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. *Züchtungskunde* **73**: 290 – 307.
- Liem A, Pesti GM, Edwards Jr. HM. 2008. The effect of several organic acids on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chicks. *Poultry Science* **87**: 689 – 693.

- Lichovnicková M, Zeman L. 2008. Effect of housing system on the calcium requirements of laying hens and eggshell quality. *Czech Journal of Animal Science*. **4**: 162 – 168.
- Liu N, Liu G. H, Li, F. D., Sands J. S, Zheng A. J. Ru, Y. J. 2007. Efficacy of phytases on egg production and nutrient digestibility in layers fed reduced phosphorus diets. *Poultry Science*. **11**: 2337 – 2342
- Maciel WC, Daza-Andrada A, Callejo Ramos A, Teixeira RS de C, Carbo CB. 2011. Effect of hen age, egg weight and storage system on physical properties of egg from white-egg laying hens. *PUBVET*. **5**.
- Mahmoud KZ, Beck MM, Scheideler SE, Forman MF, Anderson KP, Kachman SD. 1996. Acute high environmental temperature and calcium-estrogen relationships in the hen. *Poultry Science* **75**: 1555 – 1562.
- Máchal L, Jeřábek S, Zatloukal M, Straková E. 2004. Defective eggs and their relationship to egg yield, egg and body weight in hens of five original laying lines. *Czech Journal of Animal Science* **49**: 51 – 57.
- Mallet S, Guesdon V, Ahmed AMH, Nys Y. 2006. Comparison of eggshell hygiene in two housing systems: Standard and furnished cages. *British Poultry Science* **47**:30– 35.
- Matt D, Veromann E, Luik, A. 2009. Effect of housing systems on biochemical composition of chicken eggs. *Agronomy Research*. **2**: 662 – 667.
- Matoušek V. et al. 2013. Chov hospodářských zvířat II. České Budějovice: JU ZF.
- Míková K. 2003. Kvalita vajec z pohledu potravinářského průmyslu. In: Mezinárodní konference – Současnost a perspektivy chovu drůbeže. ČZU v Praze – FAPPZ. Praha. 155 s.
- Mine Y. 2008. Egg bioscience and biotechnology. New Jersey. John Wiley & Sons. p 366.
- Miranda J. M., Anton X., Redondo-Valbuena C., Roca-Saavedra P., Rodriguez J. A., Lamas A., Franco C. M., Cepeda A. 2015. Egg and Egg-Derived Foods: Effects on Human Health and Use as Functional Foods. *Nutrients*. **7**: 706 – 729.
- Molnár A., Maertens L., Ampe B., Buyse J., Kempen I., Zoons J.,Delezie E. 2016. Changes in egg quality traits during the last phase of production: is there potential for an extended laying cycle. *British Poultry Science*. **57**: 842 – 847.
- Mostert BE, Bowes E, Walt JC. 1995. Influence of different housing systems on the performance of hen sof four laying strains. *South African Journal of Animal Science*, **25**: 80 – 86.
- Nagy J, Baranová M, Bartáková K, Bystrický P, Cabadaj R, Danko J, Dousek J, Dračková M, Golian J, Janto R, Jevinová P, Kožárová I, Lazar P, Luptáková O, Maľa P, Marcinčák S, Máté D, Nagyová A, Paulsen P, Pipová M, Popelka P, Přidal A, Purkartová Z, Sojáková D, Steinhauser L, Steinhauserová I, Suchý P, Turek P, Vorlová L, Voslářová E. 2009. Hygiena mäsa hydiny, vajec a zveriny – 1. diel. Univerzita veterinárskeho lekárstva. Košice. 371 s.
- 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.
- Nagy J, Danko J, Jevinová P, Kožárová I, Marcinčák S, Nagyová A, Pipová M, Popelka P, Turek P. 2009b. Hygiena mäsa hydiny, vajec a zveriny. Edičné stredisko Univerzity veterinárskeho lekárstva. Košice.
- Nangsuay A, Ruangpanit Y, Meijerhof R, Attamangkune S. 2011. Yolk absorption and embryo development of small and larfe eggs originating form young and old breeder hens. *Poultry Science* **90**: 2648 – 2655.
- Nedomová Š. 2012. Vaječná skořápka jako bariéra chránící drahocenný obsah. [online]. Chempoint. 26. dubna 2012. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/vajecna-skorapka-jako-bariera-chranici-drahocenny-obsah>

- Nedomová Š, Simeonovová J. 2008. Jakostní parametry vajec. In: Poultry – Techagro. Možnosti zvyšování kvality vajec a drůbežního masa. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno.
- Nedomová Š, Simeonovová J. 2010. Vliv délky a teploty skladování na jakostní parametry vajec. *Food Science* **4**: 1196 – 2003.
- 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.
- Nikolova N, Kostadinov T, Gjorgovska N. 2012. Influence of season on chemical composition of albumen, yolk and eggshell from layer eggs. *Lucrări Științifice-Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară, Seria Zootehnie*. **58**: 281 – 284.
- Nys Y. 1999. Nutritional factors affecting eggshell quality. *Czech Journal of Animal Science*. **3**: 135 – 143.
- Odabasi AZ, Miles RD, Balaban MO, Portier, K. M. 2007. Changes in brown eggshell color as the hen ages. *Poultry Science* **86**: 356 – 363.
- Oliveira, D. A., Benelli, P., Amante, E. R. 2013. A literature review on adding value to solid residues: egg shells. *Journal of cleaner production*. **46**: 42 – 47.
- Oloyo RA. 2003. Effect of age on total lipid and cholesterol of hen eggs. *Indian Journal of Animal Science* **73**: 94 – 96.
- Orel V. 1959. Vejce, jejich zpracování a ošetřování. Státní nakladatelství technické literatury. Praha.
- Pandey NK, Mahapatra CM, Verma SS, Johari DC. 1986. Effect of strain on physical egg quality characteristics in White Leghorn chickens. *International Journal of Poultry Science* **21**: 304 – 307.
- Peter V. 1986. Chov hydiny. Příroda, Bratislava. 1986.
- Pišťeková V, Hovorka M, V. 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 Journal of Animal Science*. **51** (7): 318 – 325.
- Protais J, Queguiner S, Boscher E, Piquet JC, Nagard B, Salvat G. 2003. Effect of housing system on the bacterial flora in the air and on egg shells. In: Book of abstracts Xth European symposium on the quality of eggs and egg products, Saint Briec **1**: 142 – 149.
- Příkryl M. a kol. 2012. Technologické systémy uplatňující standardy pro ochranu nosnic. Praha: Technická fakulta
- Puyalto M, Mallo J. 2014. Nutrition of laying hens plays a major role in maintaining egg quality. *International Poultry Production* **22**: 15 – 17.
- Rakib, T. M., Akter, L., Barua, S. R., Azam, N. E., Erfan, R., Islam, M. S., Farut, A. A., Farut, M. O., Miazzi, O. F. 2016. Effects of age, rearing system and their interaction on phenotypic characteristics in hisex brown laying hens. *Scientific Journal of Veterinary Advances*. **5**: 87 – 96.
- Ramos AC, Maciel WC, Andrada AD, Teixeira RS de C, Carbo CB. 2010. Effect of bird age and storage system on physical properties of eggs from brown laying hens. *PUBVET*. **4**.
- Rayan GN, Mahrous MY, Galal A, El-Attar AH. 2013. Study of some productive performance and egg quality traits in two commercial layer strains. *Egyptian Poultry Science Journal* **33**: 357 – 369.
- Reinhart BS, Moran ET Jr. 1979. Incubation characteristics of eggs from older small white turkeys with emphasis on the effects due to egg weight. *Poultry Science* **58**: 1599-1605.
- Rizzi C, Chiericato GM. 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**: 160 – 162.
- Roberts JR, 2004. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *The Journal of Poultry Science* **41**: 161 – 177.

- Roberts JR, Ball W. 2004. Egg quality guidelines for the Australian egg industry. Australian Egg Corporation Limited Publication **3**: 32.
- Ruzal, M, Shinder, D, Malka, I., Yahav, S 2011. Ventilation plays an important role in hens' egg production at high ambient temperature. *Poultry Science*. **4**: 856 – 862.
- Samiullah S, Omar AS, Roberts JR, Chousalkar K. 2017. Effect of production system and flock age on eggshell and egg internal quality measurements. *Poultry Science* **96**:246 – 258.
- Samli HE, Agma A, Senkoylu N. 2005. Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. *The Journal of Applied Poultry Research* **14**: 548 – 553.
- Sass CAB, Kuriya S, da Silva GV, Silva HLA, da Cruz AG, Esmerino EA, Freitas MQ. 2018. Completion task to uncover consumer's perception: a case study using distinct types of hen's eggs. *Poultry Science* **97**: 2592 – 2599.
- Scott TA, Silversides FG. 2000. The effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poultry Science* **79**: 1725 – 1729.
- Silversides FG, Korver DR, Budgell KL. 2006. Effect of strain of layer and age at photostimulation on egg production, egg quality, and bone strength. *Poultry Science* **85**:1136 – 1144.
- Silversides FG, Scott TA 2001. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Science* **80**: 1240 – 1245.
- Simeonovová J, Kalová J. 1993. Mechanical-properties of eggshell in rhode-island red and white leghorn breeds. *Živocíšná výroba* **38**: 1027 – 1035.
- Simeonovová J, Míková K, Kubišová S. 1999. Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Agronomická fakulta, Brno.
- Sirri F, Zampiga M, Berardinelli A, Meluzzi A. 2018. Variability and interaction of some egg physical and eggshell quality attributes during the entire laying hen cycle. *Poultry Science* **97**: 1818 – 1823.
- Sokolowicz Z, Krawczyk J, Dykiel M. 2018. The effect of the type of alternative housing system, genotype and age of laying hens on egg quality. *Ann. Anim. Sci.* **2**: 541–555.
- Stadelman WJ. 1977. Quality identification of shell eggs in egg science and technology. 2nd ed. Westport. AVI Publishing Ccompany Inc., Connecticut.
- Stojcic MD, Peric L, Milošević N, Rodic V, Glamocic D, Skrbic Z, Lukic M. 2012. Effect of Genotype and Housing System on Egg Production, Egg Quality and Welfare of Laying Hens. *Journal of Food Agriculture & Enviroment*. **10** (2): 556 – 559.
- Suk YO, 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.
- Summers JD, Leeson S. 1983. Factors influencing egg size. *Poultry Science* **62**:1155–1159.
- Tang SGH, Sieo CC, Kalavathy R, Saad WZ, Yong ST, Wong HK, Ho YW. 2015. Chemical Compositions of Egg Yolks and Egg Quality of Laying Hens Fed Prebiotic, Probiotic, and Synbiotic Diets. *Journal of Food Science*. **8**: 1686 – 1695.
- Tebesi T, Madibela OR, Moreki JC. 2012. Effect of storage time on internal and external characteristics of guinea fowl (*numida meleagris*) eggs. *Journal of Animal Science Advances* **2**: 534 – 542.
- Terčič D, Holcman A. 2010. The effect of production type and age of hens on the major egg components. *Acta Agraria Kaposváriensis*. **2**: 75 – 81.
- Trave, A, Nys Y, Lopes E. 2010. Physiological and enviromental factors affecting egg quality. *Productions Animals*. **2**: 155 – 166.
- Tůmová E. 2007. Vliv systému ustájení a výživy na kvalitu masa a vajec drůbeže. Vědecký výbor výživy zvířat. Výzkumný ústav živočišné výroby. Praha.

- Tůmová E. 2012. Rozdíly v rytmu snášky slepic nosného a masného typu, jejich vliv na dobu snesení vejce a kvalitu vajec. In: Sborník z mezinárodní konference "Drůbežářské dny 2012". Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Tůmová E, Ebeid T. 2003. Effects of housing system on performance and egg quality characteristics in laying hens. *Scientia Agriculturae Bohemica* **34**: 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*. **3**:129 – 134.
- Tůmová E, Gous RM. 2012. Interaction of hen production type, age, and temperature on laying pattern and egg quality. *Poultry Science* **91**: 1269 – 1275.
- Tůmová E, Charvátová V. 2009. Doba snesení vejce a jeho kvalita. *Náš chov* **69**: 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**: 110 – 115.
- Tůmová E, Ledvinka Z, Skřivan M, Englmaierová M, Zita L. 2008. Effect of time of oviposition on egg quality in egg and meat type hens. *Scientia Agriculturae bohemica* **29**: 269 – 272.
- Tůmová E, Skřivan, M., Englmaierová, M., Zita, L. 2009. The effect of genotype, housing system and 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.
- 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**: 26 – 30.
- Van den Brand H, Parmentier HK, Kemp B. 2004. Effects of housing systém (outdoor vs. cages) and age of laying hens on egg characteristics. *British Poultry Science* **45**: 745 – 752.
- Vits A, Weitzenbürger 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*. **10**: 511 – 1519.
- Walters M. 2007. Ptačí vejce. Euromedia Group, k. s. – Knižní klub. Praha. 256 s.
- Wei R, Bitgood JJ, Dentine MR. 1992. Inheritance of Tinted Eggshell Colors in White-Shell Stocks. *Poultry Science*. **71**: 406 – 418.
- Weitzenburger D, Vits A, Hamann H, Distel O. 2005. Effect of furnished small group hosing system and furnished cages on mortality and causes of death in two layer strains. *British Poultry Science*. **46** (5): 553 – 559.
- Wolc A, Arango J, Settar P, O'Sullivan NP, Olori VE, White IMS., Dekkers JCM. 2012. Genetic parameters of egg defects and egg quality in layer chickens. *Poultry Science* **91**: 1292 – 1298.
- Yakubu A, Saleko AE, Ige AO. 2007. Effect of genotype and housing system on the laying performance of chickens in different season in semi-humid tropics. *International Journal of Poultry Science*. **6** (6): 434 – 439.
- Yannakopoulos AL, Tserveni-Gousi AS. 1987. Effect of egg weight and shell quality on day – old duckling weight. *Archiv für Geflügelkunde* **51**: 157 – 159.
- Yannakopoulos AL, Tserveni-Gousi AS, Nikokyris P. 1994. Egg composition asinfluenced by time of oviposition, egg weight, and age of hens. *Archiv für Geflügelkunde* **58**:206 – 213.
- Yilmaz Dikmen B, Ipek, A., Şahan, Ü. Sözcü, A., Baycan, S. C. 2017. Impact of different housing systems and age of layers on egg quality characteristics. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. **41**: 77 – 84.
- Yoshida N, Fujita M, Nakahara M, Kuwahara T, Kawakami S I, Bungo T. 2011. Effect of high environmental temperature on egg production, serum lipoproteins and follicle steroid hormones in laying hens. *The Journal of Poultry Science*. **3**: 207 – 211.

- Zaheer K. 2015. An Updated Review on Chicken Eggs: Production, Consumption, Management Aspects and Nutritional Benefits to Human Health. *Food and Nutrition Sciences* **6**: 1208 – 1220.
- Zelenka J, Heger J, Zeman L. 2007. Doporučený obsah živin v krmných směsích a výživná hodnota krmiv pro drůbež. *Česká akademie zemědělských věd. Komise výživy hospodářských zvířat. Brno.* 78 s.
- Zemková L, Simeonovová J, Lichovnicková 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**: 110 – 115.
- Zhang LC, Ning ZH, Xu GY, Hou ZC, Yang N. 2005. Heritabilities and genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in brown – egg dwarf layers. *Poultry Science* **84**: 1209 – 1213.
- Zita L, Jeníková M, Härtlová H. 2018. Effect of housing system on egg quality and the concentration of cholesterol in egg yolk and blood of hens of native resources of the Czech Republic and Slovakia. *Poultry Science* **27**: 380 – 388.
- Zita L, Ledvinka Z, Klesalová L. 2012. Kvalita vajec české slepice v různých systémech ustájení s ohledem na jejich dobu snesení. *Drůbežářské dny 2012 – Sborník z mezinárodní konference. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.*
- 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**: 85 – 9