**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**

# Vliv věku slepic na technologickou hodnotu vajec u slepic produkujících vejce s různou barvou skořápky

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Anna Herrová**

**Obor studia: Rozvoj venkovského prostoru**

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

**© 2019 ČZU v Praze**

**Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Vliv věku slepic na technologickou hodnotu vajec u slepic produkujících vejce s různou barvou skořápky“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. dubna 2019 _____

**Poděkování**

Děkuji doc. Ing. Lukáši Zitovi, Ph.D., za inspirativní diskuze během konzultací a za přístup a ochotu při psaní této práce.

# Vliv věku slepic na technologickou hodnotu vajec u slepic produkujících vejce s různou barvou skořápky

**Souhrn**

Produkce vajec, spotřebiteli velmi oblíbenou potravinu, se již po několik desetiletí zvyšuje. V hodnocení kvality vajec, která je důležitá jak pro producenty tak konzumenty, hraje podstatnou roli posouzení jejich technologické kvality. Cílem diplomové práce bylo posoudit technologickou hodnotu vajec s různou barvou skořápky od méně chovaných či nově šlechtěných genotypů slepic nosného typu v závislosti na jejich věku. Do sledování byly zařazeny slepice Dominant Amber a Dominant Greenshell. Bylo analyzováno vždy 120 ks od každého genotypu v rámci věku, celkem 1200 ks vajec. U genotypu Dominant Amber byla zjištěna, v porovnání s genotypem Dominant Greenshell, průkazně vyšší hmotnost vajec (o 6,55 g), index tvaru vejce (o 3,74 procentního bodu), index žloutku (o 0,79 procentního bodu) podíl bílku (o 2,89 procentního bodu), index bílku (o 1,05 procentního bodu) a Haughovy jednotky (o 2,95), ale nižší podíl skořápky (o 0,79 procentního bodu) a podíl žloutku (o 2,1 procentního bodu). Průkazně nejvyšší hmotnost vajec byla zjištěna na konci sledovaného období u slepic ve věku 40 týdnů (64,38 g). Statisticky významně nejvyšší index tvaru měla vejce od nosnic na začátku snášky (78,40 %). Nejvyšší procentuální podíl skořápky měla vejce od nosnic ve věku 28 týdnů (9,54 %), nejnižší pak u nosnic ve věku 40 týdnů (8,49 %). Z výsledků je patrné, že během sledovaného období barva skořápky kolísala. Patrný byl trend zvyšující se hmotnosti žloutku s věkem nosnic. Signifikantně nejnižší podíl žloutku byl u vajec od nosnic ve věku 24 týdnů (26,95 %) a nejvyšší od nosnic ve věku 40 týdnů (30,57 %), což naznačuje trend zvyšujícího se podílu žloutku s věkem nosnic. Lze pozorovat snižující se trend indexu žloutku s věkem nosnic. Nejsvětlejší byl pak žloutek u vajec od nosnic na konci sledování. S věkem nosnic se průkazně zvyšovala hmotnost bílku, ale snižoval se podílu bílku. Signifikantně nejvyšší hodnota Haughových jednotek byla zjištěna u nosnic ve věku 32 týdnů (89,47) a nejnižší ve věku 40 týdnů (73,21). Hypotéza, že technologická hodnota vajec není ovlivněna genotypem a věkem nosnic, se nepotvrdila.

**Klíčová slova:** slepice, věk, vejce, kvalita

# The effect of hens age on the technological value of eggs in different eggshell colour producing hens

**Summary**

Production of eggs, a very popular food among the consumers, has been increasing for decades. In the evaluation of egg quality, which is important for both, producers and consumers, the assessment of their technological value plays an important role. The aim of the thesis was to assess the technological value of eggs with different eggshell colour from less bred or newly bred genotypes of the laying type hens depending on their age. Dominant Amber and Dominant Greenshell hens were included. 120 eggs from each genotype were analyzed at each age, a total of 1,200 eggs. Dominant Amber, compared to Dominant Greenshell genotype, had significantly higher egg weight (by 6.55 g), shape index (by 3.74 percentage point), yolk index (by 0.79 percentage point), albumen ratio (by 2.89 percentage point), albumen index (by 1.05 percentage point) and Haugh units (by 2.95), but lower eggshell ratio (by 0.79 percentage point) and yolk ratio (by 2.1 percentage points). The significantly highest weight of eggs was found at the end of the monitored period in eggs from 40-week-old hens (64.38 g). The significantly highest shape index had eggs from hens at the beginning of laying period (78.40%). The highest eggshell ratio was found in eggs from 28-week-old hens (9.54%), the lowest in eggs from 40-week-old hens (8.49%). The results show that the eggshell colour fluctuated during the monitored period. Increasing trend of the yolk weight with the age of hens was evident. The significantly lowest yolk ratio had eggs from 24-weeks old hens (26.95%) and the highest had eggs from 40-week-old hens (30.57%), which suggests increasing trend of yolk ratio with age of hens. There was found decreasing trend in the yolk index with the age of hens. The significantly lightest yolk had eggs from the hens at the end of the monitored period. The albumen weight significantly increased, but the albumen ratio decreased with the age of hens. The highest value of Haugh units was found in eggs from 32-week-old hens (89.47) and the lowest in eggs from 40-week-old hens (73.21). The hypothesis that the technological value of eggs is not affected by the genotype and the age of laying type hens was not confirmed.

**Keywords**: hens, age, egg, quality

# Obsah

1 Úvod ..... 8

2 Vědecká hypotéza a cíle práce ..... 9

3 Literární rešerše ..... 10
3.1 Obecná charakteristika vejce ..... 10
3.2 Mikrobiální kontaminace vajec ..... 11
3.3 Technologická hodnota vajec ..... 12
3.4 Vybrané faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec ..... 15

4 Materiál a metody ..... 23
4.1 Rozbory vajec ..... 23
4.2 Statistické vyhodnocení ..... 25

5 Výsledky ..... 26

6 Diskuze ..... 33

7 Závěr ..... 39

8 Seznam literatury ..... 41

# 1 Úvod

Chov drůbeže pro produkci masa a vajec je v České republice i ve světě důležitým rozvinutým odvětvím živočišné výroby. Spotřeba vajec se za poslední desetiletí stále zvyšuje, především pro svou dostupnost, cenu a také pro své vícestranné využití. Vejce lze použít nejen v potravinářství, ale i v dalších odvětvích jako je farmaceutický či chemický průmysl. Vejce je jednou ze základních potravin, má dobré biologické a nutriční hodnoty, je to bohatý zdroj kvalitních bílkovin, lipidů, esenciálních mastných kyselin, fosfolipidů, vitamínů, minerálních látek a obsahuje málo tuku.

V České republice, zejména na venkově, je již po staletí významná tradice domácího drobnochovu drůbeže k produkci vajec, tento trend se v posledních letech stále zvyšuje, jelikož se spotřebitelé začínají stále více zajímat o problematiku welfare. Podmínky chovu drůbeže byly v souvislosti s welfare stanoveny směrnicí Evropské komise č. 1999/74 ES, která specifikuje schválené způsoby ustájení slepic při chovu. Povoleno je chovat slepice buď v obohacených klecích, nebo v alternativních systémech ustájení, kterými mohou být např. voliéry či podestýlkové chovy. Spotřebitelé stále více preferují vejce z alternativních či přímo domácích chovů. Domácí chov drůbeže pro produkci zejména slepičích vajec je také oblíben pro svou relativní prostorovou a časovou nenáročnost. I domácí chovy podléhají aktuálním módním trendům a pro chovatele jsou méně známí či nově šlechtění hybridi stále více atraktivní.

Chovatelé, producenti a spotřebitelé také stále zvyšují své nároky na kvalitu potravin, v produkci vajec je důležitá technologická hodnota, kdy se vejce posuzuje jako celek, ale i jeho jednotlivé části. Spotřebitel hledí na čerstvost vejce, na barvu skořápky a žloutku, nízký obsah cholesterolu a vysoký obsah nenasycených mastných kyselin. Pro producenty je důležitá zejména hmotnost vejce a kvalita skořápky.

# 2 Vědecká hypotéza a cíle práce

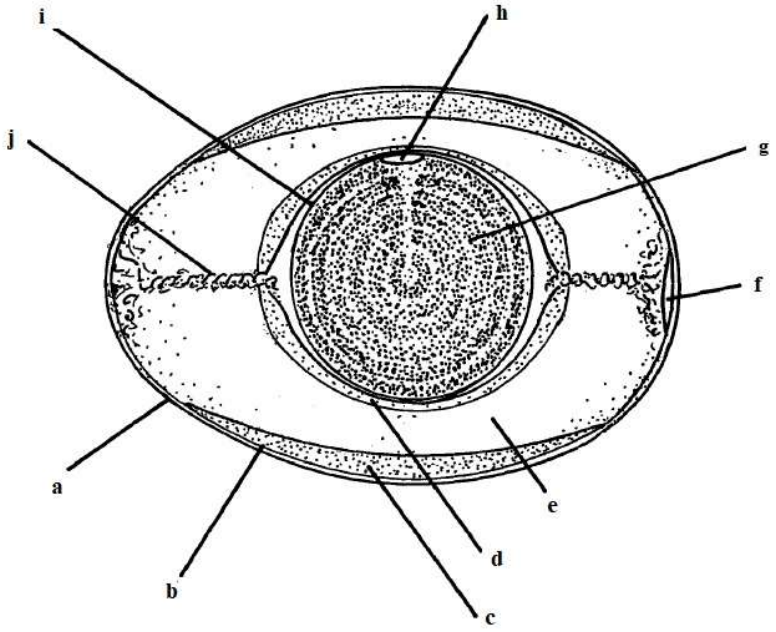
Hypotézou je, že technologická hodnota vajec nebude ovlivněna genotypem slepic nosného typu a věkem nosnic.

Cílem diplomové práce bylo posoudit technologickou hodnotu vajec s různou barvou skořápky od méně chovaných či nově šlechtěných genotypů slepic nosného typu v závislosti na jejich věku.

# 3 Literární rešerše

## 3.1 Obecná charakteristika vejce

Vejce se skládá ze třech hlavních částí – skořápky, bílku a žloutku. Poměry hlavních částí u čerstvého vejce jsou 10 – 11 % skořápky, 57 – 58 % bílku a 30 – 32 % žloutku (Leeson 2006). Dílčí části jsou zobrazeny na následujícím schématu (Obrázek 1).




Obrázek 1: Schéma průřezu vejce (Roberts 2004)

a – skořápka; b – podskořápečné blány; c – vnější řídký bílek; d – vnitřní tuhý bílek; e – vnější tuhý bílek; f – vzduchová bublina; g – žloutek; h – zárodečný terčík; i – žloutková membrána; j – chalázy

Skořápka slouží jako obal, jež chrání vejce před poškozením a mikrobiální kontaminací (Samiullah et al. 2015). Tvoří se v děloze vejcovodu. Vaječnou skořápku tvoří dvě vrstvy – mamilární, což je vnitřní část silná zhruba 0,11 mm (Kříž 1997), druhá vrstva, pórovitá, je přibližně dvakrát silnější, a to až 0,23 mm (Špaček et al. 1980). Skořápka obsahuje přes 93 % uhličitanu vápenatého (Orel 1959; Roberts 2004).

Podskořápečné blány chrání obsah vejce před nežádoucími mikroorganismy (Samiullah et al. 2015) a jejich nejdůležitější schopností je propouštění plynů a vlhkosti. Blány se dělí na vnější část, která je připojena ke skořápce, a vnitřní část, jíž je oblkopen bílek (Bell & Weaver 2002).

Bílek je tvořen albuminovou hmotou, kolem žloutku je uspořádán dle Šatavy et al. (1984) ve čtyřech vrstvách, a to vnějším řídkým bílkem, který tvoří podíl 23 % z celého bílku a obsahuje nejvíce vody, dále vnitřním tuhým bílkem, který je tvořen vodou z 84 %, tvoří chalázy (proto také označován jako chalázový) a obaluje žloutek. Chalázy se dvěma vazy napojují na vnější tuhý bílek. Další vrstva, vnitřní řídký bílek představuje 16 – 18 % z celého bílku. Komárek et al. (1982) uvádějí, že rozdělení na vnější a vnitřní řídký bílek mizí u skladovaných vajec. Dle Kříže (1997) je technologická hodnota bílku tím vyšší, čím více tuhého bílku vejce obsahuje.

Žloutek je obalen vitelinní membránou, je složen z vrstev světlého a tmavého žloutku. Světlý je bohatý na vodu a bílkoviny a tmavý žloutek je bohatý na žloutková zrna (Komárek et al. 1982) a minerální látky a tvoří tak zásobní funkci (Elkin et al. 2003).

## 3.2 Mikrobiální kontaminace vajec

Jeden z důležitých indikátorů kvality vajec je mikrobiální znečištění skořápky. Ke kontaminaci obsahu vejce dochází poté, co je kontaminován povrch skořápky. Před mikrobiálním znečištěním chrání vejce vrstva kutikuly na povrchu a další bariérou je skořápka vejce s vnější a vnitřní podskořápečnou blánou. Pravděpodobnost znečištění skořápky a kontaminace obsahu vejce ovlivňuje několik faktorů (Tůmová et al. 2008).

Hlavní vliv na mikrobiální znečištění vaječných skořápek má systém ustájení a s tím související vlhkost a teplota. Systémem ustájení lze předvídat prostředí, do něhož jsou vejce snášena. Důležitá je nejen úroveň znečištění prostředí (povrchy vybavení hal, peří slepic), ale také výskyt a koncentrace mikroorganismů a nečistot ve vzduchu (Englmaierová 2012). Bakterie jsou sice zastoupeny ve vzduchu v malé míře, nicméně mohou mít velmi negativní vliv na výchozí bakteriální znečištění skořápky (De Reu et al. 2005). De Reu et al. (2005) porovnávali, jaký mají vliv systémy ustájení na bakteriální znečištění vaječné skořápky. Nejméně znečištěná vejce zjistili z klecových chovů, kde nosnice nepřijdou do kontaktu s výkaly, a kde je díky konstrukcím klecí poskytnutá slepicím dostatečná hygiena, což potvrzují Mallet et al. (2006), kteří také

srovnávali míru znečištění v klecích a zjistili průkazný vliv provedení klecí na znečištění povrchu skořápek. Dunn (1997) se zabýval vejcemi z podestýlkových chovů a voliér a uvádí, že vejce jsou zde v přímém styku se znečišťujícím materiálem a skořápka vajec je tedy více vystavena riziku mikrobiálního znečištění, což potvrzují De Reu et al. (2005) a Englmaierová (2012).

El-Sheikh et al. (2014) porovnávali mikrobiální kontaminaci mezi dvěma genotypy, Hy-line Brown a Hy-line White, u nichž nezjistili statisticky významný rozdíl.

Vliv věku na mikrobiální kontaminaci vajec zjišťovali také El-Sheikh et al. (2014). Výsledky ukazují na to, že kontaminace *Escherichia coli* byla průkazně nejvyšší na skořápce nosnic ve věku 63 týdnů. Naopak Protais et al. (2003) nezjistili signifikantní vliv věku nosnic na mikrobiální znečištění vaječných skořápek.

Době skladování a jejich vlivu na kvalitu vajec se věnovali El-Sheikh et al. (2014) a zjistili, že doba skladování významně ovlivnila vlastnosti kvality vajece a mikrobiální znečištění, které se s delší dobou uskladnění zvyšovalo. Englmaierová (2012) oproti tomu zjistila, že v průběhu skladování se množství mikroorganismů na skořápkách snižovalo. Dodává ale, že nevhodné zacházení s vejci v průběhu skladování zvyšuje riziko znečištění a kontaminace vajec.

## 3.3 Technologická hodnota vajec

Určení technologické hodnoty vajec patří mezi nejdůležitější posouzení jejich kvality. Posouzuje se vejce jako celek (především hmotnost a tvar) a jeho jednotlivé části, tedy škořápka, bílek a žloutek (Englmaierová 2012).

Kramer (1951) uvádí, že kvalita vajec je termínem obecným a na základě parametrů je definována kvalita vnější a vnitřní. Vnější kvalita se týká skořápky (podíl, tloušťka a pevnost), kdežto vnitřní kvalita se týká vlastností žloutku a bílku (podíly, indexy, Haughovy jednotky). Kvalita vajec je hlavním faktorem, který přispívá k lepší ekonomické ceně (Stadelmann 1977). Na vejcích se mohou objevit různé vady či abnormality, například abnormálně velké či malé vejce. Výskyt vad a abnormalit se však za poslední dekády snížil, a to vlivem křížení nosnic (Wolc et al. 2012). King'ori (2012) uvádí jako vnější vady poškození skořápky, tvarové abnormality a znečištění skořápky. Vnitřními vadami jsou poškození bílku a žloutku. V roce 2012

představovaly ztráty vlivem mechanického poškození vajec mezi 5 až 7 % světové produkce (King'ori 2012; Nedomová 2012).

Hmotnost vejce, která se při hodnocení kvality zjišťuje zpravidla jako první, je jedním z nejdůležitějších parametrů, která ovlivňuje produkci a její ekonomiku. Tůmová & Charvátová (2009) uvádějí průměrnou hmostnost slepičích vajec 58 – 63 g, což potvrzují i Simeonovová et al. (1999).

Na hmotnost vejce má vliv hmotnost nosnice (Peter et al. 1986; Ledvinka & Klesalová 2002), věk nosnice (Johnson & Gous 2007), intenzita produkce (Sokolowicz & Poltowitz 2002) a genotyp (Ledvinka et al. 2000; El-Sheikh et al. 2014).

Tvar vejce je důležitou vlastností při balení, přesunu a skladování vajec (Kříž 1997), je určen poměrem příčné a podélné osy, který určuje, zda je vejce oválné, kulovité, podlouhlé nebo zda má vejce vejčitý tvar (jeden vrchol ostrý, druhý tupý). V příčném řezu je vejce kulaté a v podélném elipsovité (Halaj & Golian 2011). Kulovité vejce má index 100 %, podlouhlé 50 %, vejčité 75 % (Ledvinka & Klesalová 2002; Nagy et al. 2009a). Simeonovová et al. (1999) uvádějí u běžných vajec kolísání indexu tvaru, a to mezi 63 – 85 %.

Tvar se mění v závislosti na průběhu snáškového období, kdy teprve s věkem se vejce začíná prudlužovat. Van der Brand et al. (2004) uvádějí vliv věku nosnice na index tvaru vejce. Nagy et al. (2009a) udávají šířku vejce slepic nejčastěji 42 – 48 milimetrů a délku 56 – 59 milimetrů.

Mohou vznikat různé deformace vejce, které vznikají ve vejcovodu vlivem vystaveného nerovnoměrného tlaku svaloviny stěny vejcovodu (Orel 1959), deformovaná vejce jsou označována jako „nestandardní" (Peter et al. 1986).

Skořápka je ochranný obal, který se v děloze tvoří jako poslední (Kříž 1997), po snesení je skořápka hladká, postupně však vysychává a matne (Simeonovová et al. 1999). Skořápka je bariérou proti mikroorganismům (Tůmová & Ebeid 2003).

Při hodnocení kvality skořápky se posuzuje hmotnost, podíl hmotnosti z celého vejce, pevnost a tloušťka skořápky, která je velmi důležitým měřítkem, standardně se pohybuje mezi 0,3 – 0,42 mm, pokud je tloušťka nižší než 0,3 mm, značně se zvyšuje pravděpodobnost rozbití (Simeonovová et al. 1999), což je příčinou velkých finančních ztrát. Samotná tloušťka skořápky je ovlivněna mnoha faktory, a to například druhem a plemenem, výživou, obsahem minerálních látek atd. Liem et al. (2008) prokázali, že přidané látky do krmných směsí pozitivně ovlivňují kvalitu vaječné skořápky. To potvrzuje i další studie Koreleskiho & Swiatkiewicze (2004),

kdy vápenec jako zdoj vápníku, který byl přidán do krmné směsi pro nosnice, zvýšil odolnost skořápky.

Vejce s tenkou skořápkou jsou náchylnější k mechanickému poškození. Další vadou vejce je znečištění jeho povrchu (Puyalto & Mallo 2014).

Technologická hodnota bílku je posuzována na základě šířky, výšky, indexu bílku, Haughovy jednotky, šlehatelnosti. Jedná se o důležité parametry v hodnocení kvality bílku (Tůmová & Charvátová 2009). Jednotlivé parametry bílku jsou ovlivněny věkem (Silversides & Scott 2001; Suk & Park 2001; Robert & Ball 2004; Zita et al. 2009; Ledvinka et al. 2011). Bílek je ukazatelem čerstvosti vejce (Cabadaj & Turek 1992). Technologická hodnota bílku je tím vyšší, čím víc obsahuje vejce tuhého bílku.

Index bílku je určen poměrem výšky vrsty hustého bílku v milimetrech a aritmetickým průměrem délky a šířky hustého bílku (Nagy et al. 2009a). Index bílku se snižuje při dlouhodobém skladování (Hejlová 2001).

Při výpočtu Haughových jednotek je brána v potaz výška hustého bílku a hmotnost vejce. Vzorec pro výpočet (Englmaierová & Tůmová 2008):

$$HU = 100 \bullet \log (H - 1{,}7\, W^{0{,}37} + 5{,}57),$$

kde H je výška hustého bílku v milimetrech, W je hmotnost vejce v gramech.

Vada, která se na bílku může objevit, jsou dle King'oriho (2012) masové skvrny, které vznikají v době ovulace ve vaječníku, či uvolněním části tkáně vejcovodu. Masové skvrny mohou mít dle Holoubka & Hubeného (2002) a Ledvinky & Klesalové (2003) barvu hnědou, šedou či černou.

V rámci technologické hodnoty žloutku jsou důležitými měřítky jeho hmotnost, index tvaru, podíl a barva. Index tvaru žloutku je závislý na pevnosti a pružnosti žloutkové blány. Index tvaru žloutku se získá poměrem výšky žloutku a průměrnou hodnotou dvou na sebe kolmých měření šířky žloutku (Cabadan & Turek 1992). Čím je číslo indexu vyšší, pokládá se žloutek za kvalitnější, pohybuje se mezi 2 a 58 % (Nagy et al. 2009b). Na index tvaru žloutku má vliv genotyp (Tůmová et al. 1993; 2007), stejně tak na jeho podíl ( El-Sheikh et al. 2014).

Barva je dalším parametrem v hodnocení kvality žloutku, určuje se subjektivně na základě barevné stupnice Hoffman La Roche (Nagy et al. 2009b), či objektivně pomocí kolorimetrů či spektofotometrů, kde se barva zjišťuje měřením a porovnáváním vlnové délky (Halaj & Golian 2011). Žloutek zbarvují organická barviva, která se nachází ve žloutkovém tuku. Je to barviva lutein, ovoflavin a zeaxantin, která by se

měla vyskytovat v krmivu, například v kukuřici, vojtěšce, mrkvi, červených paprikách aj. (Halaj et al. 2002).

Abnormalitou bývají vejce se dvěma, případně se třemi žloutky. Taková vejce vznikají krátkými intervaly mezi ovulacemi dvou, eventuálně tří žloutků (Bell & Weaver 2002). King'ori (2012) uvádí dva způsoby, jak může vzniknout dvoužloutkové vejce. Prvním je příliš rychlá ovulace a druhý způsob je, že se žloutek zasekne ve vejcovodu a poté se k němu připojí druhý žloutek. Máchal et al. (2004) ve své studii uvádějí, že výskyt vajec se dvěma žloutky byl mezi 2,2 a 3 %. Na žloutku se také mohou vyskytnout krevní skvrny, což jsou krevní sraženiny, které vznikají krvácením cév vaječníku a vejcovodu v době ovulace (Alsobayel & Albadry 2011). Na výskyt krevních skvrn má vliv několik faktorů, a to například výživa, věk a genotyp. Kontrola masových skvrn je pomocí prosvěcování (Ledvinka & Klesalová 2003).

## 3.4 Vybrané faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec

Kvalita vajec je ovlivněna mnoha faktory, které lze dělit na vnější a vnitřní. Genotyp, věk a hmotnost nosnice, intenzita a doba snášky se řadí mezi vnitřní, vnější faktory mohou být výživa, systém ustájení a prostředí (Ledvinka & Klesalová 2002).

Mnoho autorů konstatuje, že hmotnost vejce závisí na věku. Johnston & Gous (2007) prokázali zvýšení hmotnosti vajec s věkem nosnic. To je v souladu 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). Také Kocevski et al. (2011) udávají, že hmotnost vejce byla ovlivněna věkem, vejce od starších nosnic měla vyšší hmotnost. To je dále v souladu s Baumgartnerem et al. (2007), kteří uvádějí, že věk ovlivňuje hmotnost vejce. Ke stejnému výsledku dospěl i Biesadia-Drzazga (2017), Sirri et al. (2018) a Sokolowicz et al. (2018). Ze starších studií potvrdili věk a zvyšující se hmotnost vejce například Reinhart & Moran (1979). Oproti tomu Zemková et al. (2007) nezjistili signifikantní ovlivnění hmotnosti vejce věkem. Na začátku snášky jsou vejce menší a mají nižší hmotnost, než vejce z plného produkčního období (Ledvinka & Klesalová 2002). Guoqiang et al. (2014) ve své studii uvádějí, že přírůstek hmotnosti vejce se zvyšoval dramaticky před 30. týdnem věku nosnice a poté zvyšování hmotnosti zpomalilo.

Van den Brand et al. (2004) konstatují, že na index tvaru vejce má vliv věk nosnice, kdy se index tvaru s věkem snižuje, což je v souladu s Biesadia-Drzazgou (2017).

Dle Sokolowicze et al. (2018) má věk nosnic vliv na vlastnosti skořápky a vaječného obsahu. Arpášová et al. (2010) zjistili snížení procentuálního podílu skořápky s počtem snáškových cyklů. Oproti tomu Biesadia-Drzazga (2017) nezjistil statisticky významné rozdíly v podílu skořápky s věkem. Holoubek & Hubený (2002) a Zita et al. (2009) také uvádějí nižší podíl skořápky s věkem. To je v souladu se Sirrim et al. (2018), kteří konstatují, že se zvyšující se hmotností vejce se snižuje podíl skořápky. To potvrzují také Samiullah et al. (2017). Holoubek & Hubený (2002) zjistili 15% podíl vajec s poškozenou skořápkou na konci snáškového cyklu. Roberts & Ball (2004) shledali, že kvalita skořápky se s věkem slepic snižuje. To potvrzují Sokolowicz et al. (2018), kteří tvrdí, že starší nosnice snášejí vejce s vyšší hmotností, ale slabší skořápkou. To dále potvrzují Silversides & Scott (2001), Suk & Park (2001), Roberts & Ball (2004), Ramos et al. (2010), Maciel et al. (2011). To potvrzují i Campo et al. (2007) a uvádějí, že kvalita skořápky se s věkem zhoršuje a zjistili značný výskyt vajec s porušenou skořápkou. Dle Samiullaha et al. (2017) se tloušťka skořápky s věkem snižuje, to může znamenat, buď že slepice naakumulovala méně vápníku během každého cyklu, anebo bylo stejné množství vápníku rozloženo na větší ploše skořápky. Oproti tomu studie Yannakopoulose & Tserveni-Gousiho (1987) ukazuje, že s věkem slepic byla skořápka silnější. Na druhou stranu, studie Yannakopoulose (1994) neuvádí významný vliv věku slepic na tloušťku skořápky, stejně tak Van den Brand et al. (2004). Statisticky významné snížení pevnosti skořápky s věkem nosnice udávají Samiullah et al. (2017) a Sirri et al. (2018). Zhang et al. (2005) konstatují, že s věkem slepice se snižuje intenzita barvy vaječné skořápky, to potvrzují Tůmová et Ledvinka (2009), s čímž souhlasí výsledky Zity et al. (2009), kteří konstatují, že intenzita barvy vaječné skořápky se s věkem snižuje. To dále potvrzují i Odabasi et al. (2007) a Ledvinka et al. (2014).

Výsledky Biesadia-Drzazgy (2017) neukazují na signifikantní rozdíly v podílech jednotlivých částí vejce s věkem nosnic. Naopak Johnston & Gous (2007) uvádějí, že podíl jednotlivých vaječných částí se vlivem věku mění, což potvrzují Suk & Park (2001). Bylo zjištěno, že hmotnost žloutku se s věkem nosnic zvyšuje (Tůmová & Ledvinka, 2009). Silversides & Scott (2001) rovněž zjistili, že s věkem nosnice se zvyšuje hmotnost žloutku, což potvrzují Holoubek et al. (2007), Johnston & Gous

(2007), Jones et al. (2018). Dle Zity et al. (2009) se s věkem nosnic zvyšuje index a snižuje se podíl žloutku. Kuchta et al. (1999) uvádějí, že žloutek měl intenzivnější barvu u starších slepic, což potvrzuje studie Nikolové & Kocevskeho (2006). Se stejným zjištěním přišli Czaja & Gornowicz (2006) a také Samiullah et al. (2017).

Silversides & Scott (2001) zjistili, že kvalita bílku se snižuje s věkem slepic, což je v souladu s Robertsem & Ballem (2004). Suk & Park (2001) ve své studii zjistili, že se hmotnost bílku zvyšovala s věkem. Zita et al. (2009) konstatují, že s věkem slepic se snižuje index bílku a Haughovy jednotky, což je v souladu s Van den Brandem et al. (2004), Krawczykem (2009), Ledvinkou et al. (2011), kteří udávají vyšší Haughovy jednotky u mladých slepic.

Zita et al. (2018) konstatuje, že genotyp ovlivňuje kvalitu vajec. Nejvíce jsou genotypem ovlivněny hmotnost vejce a kvalita skořápky. V kvalitě jsou mezi jednotlivými plemeny a liniemi slepic výrazné rozdíly, stejně tak mezi tradičními plemeny a moderními hybridy (Hocking et al. 2003; Bunea et al. 2017). Pandey et al. (1986) konstatují, že kvalita vajec má genetický základ a jednotlivé parametry kvality vajec se liší v závislosti na genotypu slepic, což potvrzují také Silversides et al. (2006). Bunea et al. (2017), kteří zkoumali devět genotypů nosnic, zjistili průkazné rozdíly v hmotnosti vajec od různých genotypů. Hmotnost vejce od nosnic genotypu Gold Araucana (49,14 g) a rodajlendky (47,68 g) byla signifikantně nižší než hmotnost vejce od nosnic genotypu Partridge Brahma (62,38 g).

Halaj & Grofík (1994) uvádějí, že genotyp má přímý vliv na hmotnost vejce a vlastnosti skořápky, jejich studie ukazuje, že hnědovaječné slepice produkují vejce s vyšší hmotností než slepice bělovaječné. To potvrzují Arent et al. (1997) a Ledvinka et al. (2000). Dalšími autory, kteří se zabývali srovnáním vajec s hnědou a bílou barvou skořápky, jsou Wei et al. (1992). Ledvinka & Klesalová (2002) uvádějí, že se na vejcích s bílou a hnědou barvou skořápky nejvýrazněji projevuje vliv genotypu na hmotnost. U vajec s hnědou barvou skořápky byla prokázána vyšší hmotnost (Ledvinka et al. 2000; Leyendecker et al. 2001), což Kocevski et al. (2001) potvrzují. Hmotnost vajec s bílou a hnědou barvou skořápky srovnávali také Heil & Hartmann (1997), kteří uvádějí vyšší hmotnost u hnědovaječných nosnic, což potvrzuje také studie El-Sheikha et al. (2014). To je v souladu s Jonesem (2010), který při porovnávání zjistil vyšší hmotnost vejce u hnědovaječných nosnic. Oproti tomu ve studii Alsobayela & Albadry (2011) měla vejce s bílou barvou skořápky vyšší hmotnost. El-Sheikh et al. (2014) porovnali hmotnost u vajec Hy-line Brown, a bělovaječných Hy-line White.

Výsledkem bylo zjištění, že hnědovaječné nosnice měly těžší vejce. Zároveň uvádějí, že vyšší hmotnost nesouvisí přímo se zbarvením skořápky, ale s genotypem. Heil & Hartman (1997) a Tůmová et al. (2007) také uvádějí statisticky průkazný vliv genotypu na hmotnost vejce. Halaj & Grofík (1994) porovnávali ve své studii slepice Shaver Starcross 288 a Moravia SSL, vejce s vyšší hmotností zjistili u Shaver Starcross 288. Simeonovová & Kalová (1993) porovnávaly hmotnost vejce u leghornky bílé a rodajlendky červené a zjistily vyšší hmotnost vajec leghornky bílé. To potvrdili Simeonovová et al. (1995) ve své další studii. Dle Zity et al. (2009) samotná hmotnost vejce souvisí s hmotností jednotlivých částí vejce.

Tůmová et al. (2007) a Ledvinka et al. (2011) uvádějí průkaznost vlivu genotypu na index tvaru vejce. To je v souladu s Alsobayelem & Albadryem (2011), kteří zjistili signifikantně vyšší index tvaru u vejce s hnědou barvou skořápky, ke stejným výsledkům dospěli i El-Sheikh et al. (2014).

Jeden z hlavních faktorů, který ovlivňuje nejen hmotnost vajec, ale i kvalitu skořápky je genotyp (Zita et al. 2009). Také Kocevski et al. (2011) uvádějí, že na kvalitu vaječných skořápek má genotyp signifikantní vliv. Dle Busse & Guyera (1982) jsou v kvalitě skořápky značné rozdíly, a to právě na základě plemene a linie nosnic. Vliv genotypu na kvalitu skořápky uvádějí Campo et al. (2007), kteří se ve své studii zabývali španělskými plemeny a kvalitou jejich skořápky.

Ledvinka et al (2000) udávají u hnědovaječných nosnic vyšší hmotnost skořápky. Také Jones et al. (2010) a též El-Sheikh et al. (2014) udávají vyšší hmotnost skořápky u vajec od hnědovaječných nosnic než u vajec od bělovaječných nosnic. Harms et al. (1990) zjistili, že genotyp má vliv na hmotnost skořápky, která je úměrná velikosti celého vejce. Halaj & Grofík (1994) zjistili tenčí skořápku u vajec hnědovaječných nosnic, ke stejnému výsledku dospěli i Leyendecker et al. (2001). Uvádějí také, že hmotnost skořápky je přímo úměrná tloušťce (Harms et al. 1990). Procentuálním podílem skořápky a vlivem genotypu na něj se zabývali Ledvinka et al. (2011), kteří vliv průkazně potvrdili. Vyšší procentuální podíl u vajec s hnědou barvou skořápky zjistili například Rayan et al. (2013), což potvrzuje El-Sheikh et al. (2014), kteří uvádějí u hybridu Hy-line Brown vyšší hmotnost skořápky než u Hy-line White. Naopak Tůmová et al. (1993) udávají průkazně vyšší procentuální podíl skořápky u bělovaječného hybridu D 29 oproti Hisex Brown. Průkaznost konstatují Ledvinka et al. (2011) také ve vztahu tloušťky skořápky a vlivu genotypu na ni.

Tůmová et al. (1993) udávají vyšší tloušťku skořápky u hnědovaječných slepic než u bělovaječných. To potvrzují také Jones et al. (2010). El-Sheikh et al. (2014) ve své studii též zjistili vyšší tloušťku skořápky u hybridů Hy-line Brown než u Hy-line White, dodávají však, že tloušťka nesouvisí se samotnou barvou skořápky, ale s genotypem nosnic. Silnější skořápku u vejce s bílou barvou skořápky ve srovnání s hnědou uvádějí Halaj & Grofík (1994), stejně tak Leyendecker et al. (2001). Ledvinka (2003) však zjistil, že kvalita skořápky u hnědovaječných hybridů D 102 je srovnatelná s bělovaječnými leghornkami bílými. Ledvinka et al. (2011) se věnovali i vlivu genotypu na pevnost skořápky, který byl také průkazně potvrzen. Jak uvádějí Jones et al. (2010), vejce od hnědovaječných nosnic mají pevnější skořápku než vejce od bělovaječných nosnic. To potvrzuje i Tůmová et al. (1993), kteří ve své studii uvádějí, že pevnost skořápky je průkazně nižší u bělovaječného D 29 než u Hisex Brown.

Co se týče vlivu genotypu na kvalitu vaječného bílku, Leyendecker et al. (2001) zjistili, že u hnědovaječných slepic byla nižší hmotnost bílku než u slepic bělovaječných, což je v souladu se zjištěním Rayana et al. (2013). Halaj et al. (1998) porovnávali bílky od vajec různých genotypů, zjistili signifikantní rozdíl v podílu bílku a indexu bílku. Jones et al. (2010) zjistili vliv genotypu na Haughovy jednotky u vejce s různou barvou skořápky. Leyendecker et al. (2001) udávají vyšší hodnoty u vajec s bílou barvou skořápky než u vajec s hnědou barvou skořápky. To je v souladu s Rayanem et al. (2013), kteří zjistili, že hodnoty Haughových jednotek jsou průkazně vyšší u bělovaječných nosnic. Ke stejným závěrům dospěli i El-Sheikh et al. (2014), konstatují ale, že kvalita bílku souvisí s genotypem, ne přímo s barvou skořápky. Dle Tůmové et al. (2007) je genotypem ovlivněna jen hodnota Haughových jednotek ze všech kvalitativních parametrů bílku.

Tůmová et al. (1993, 2007) uvádějí významný vliv genotypu na hmotnost žloutku, index tvaru žloutku, a podíl žloutku. U hnědovaječných slepic je proti bělovaječným průkazně vyšší hmotnost žloutku (Tůmová et al. 1993). K opačným výsledkům dospěli El-Sheikh et al. (2014), v jejichž studii byla zjištěna nižší hmotnost žloutku u hnědovaječných Hy-line Brown než u bělovaječných nosnic Hy-line White. To potvrzují také Leyendecker et al. (2001), kdy vejce od bělovaječných nosnic měla vyšší hmotnost žloutku než vejce od hnědovaječných nosnic. Statisticky průkazné rozdíly v hmotnosti žloutku zjistili Bunea et al. (2017), žloutek s nejvyšší hmotností byl od slepic genotypu Partridge Brahma (21,37 g), nejnižší hmotnost měla vejce od

nosnic genotypu Red Italian (17,03 g). Tůmová et al. (1993) zjistili významně vyšší podíl žloutku u vajec od bělovaječné nosnice D 29 než u Hisex Brown. To je v souladu s El-Sheikhem et al. (2014), v jejichž studii by zjištěn vyšší podíl žloutku u bělovaječných Hy-line White než u Hy-line Brown. El-Sheikh et al. (2014) zjistili tmavší barvu žloutku u Hy-line Brown.

Dalším faktorem, který ovlivňuje technologickou hodnotu vajec, je hmotnost nosnice. Peter et al. (1986) uvádějí vliv hmotnosti nosnic na některé parametry vajec. Ledvinka & Klesalová (2002) konstatují, že hmotnost nosnice je jedním z hlavních faktorů, které ovlivňují hmotnost vejce. To potvrzují i El-Sheikh et al. (2014). Výsledky Lacina et al. (2008) ukazují na průkazný vliv hmotnosti nosnice na hmotnost vejce. To potvrzují také Summers & Leeson (1983). Tloušťka a pevnost vaječné skořápky nebyla průkazně ovlivněna hmotností slepice (Lacin et al. 2008), nicméně Grunder et al. (1991) poukazují na souvztažnost mezi hmotností nosnice a hmotností skořápky. Lacin et al. (2008) dále uvádějí, že hmotnost nosnic průkazně ovlivňuje barvu žloutku, nikoliv však index tvaru žloutku.

Index tvaru vejce je ovlivněn hmotností nosnice, stejně tak index bílku (Lacin et al. 2008). Naopak Leeson et al. (1997) nezjistili průkazný vliv hmotnosti slepice na index tvaru bílku. Lacin et al. (2008) konstatují, že hmotnost nosnice má významný vliv na Haughovy jednotky, oproti tomu Altan et al. (1998) uvádějí neprůkazný vliv na Hauhovy jednotky.

Dalším faktorem, ovlivňujícím technologickou hodnotu vajec je výživa. Heflin et al. (2018) uvádějí, že nutriční kvalita vejce je ovlivněna výživou slepic, ale dodává i další vlivy, jako prostředí, genotyp a věk nosnic.

Obsah minerálních látek má vliv na tvorbu a kvalitu skořápky. Jde zejména o vápník, fosof, hořčík, sodík aj. (Peter et al. 1986; Kříž 1997; Keshavarz 1998).

Peter et al. (1986) uvádějí, že na hmotnost vejce má vliv obsah dusíkatých látek v krmivu, stejně tak jako kyselina linoleová. Na kvalitu skořápky má negativní vliv velké množství fosforu (Kříž 1997), na jehož obsah se snižují nároky vejce u slepic s vyšším věkem a vyšší produkcí vajec (Ledvinka & Klesalová 2002). Na kvalitu žloutku, zejména na jeho barvu, mají vliv karoteny a xantofyly, které jsou obsaženy v krmivu (Holoubek & Hubený 2002). Zdrojem může být kukuřice, vojtěška, paprika (Peter et al. 1986).

Důležitými vnějšími faktory jsou dále prostředí a ustájení. Dle Heflina et al. (2018) je prostředí významným faktorem, který má vliv na kvalitu vajec. Teplota je

jedním z určujících parametrů vnějšího prostředí, ovlivňuje počet snesených vajec, jejich kvalitu a hmotnost. V neposlední řadě teplota ovlivňuje i spotřebu krmiva (Ledvinka & Klesalová 2003). Holoubek & Hubený (2002) považují za ideální teplotu rozpětí mezi 18 a 20 °C, a to z hlediska užitkovosti. Pro snášku je optimální teplota mezi 13 a 18 °C (Hejlová 2001). Při vyšší teplotě (nad 25 °C) Ledvinka & Klesalová (2003) udávají snížení hmotnosti snesených vajec. Zároveň zaznamenali snížení pevnosti skořápky vejce. To je v souladu s Mahmoudem et al. (1996).

V posledních desetiletích se zvyšuje zájem konzumentů o problematiku welfare slepic a v současné době stále panuje obecný předpoklad, 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). Studie Sokolowicze et al. (2018) prezentuje kromě vlivu genotypu a věku nosnic také vliv alternatiního ustájení na vlastnosti skořápky a vaječného obsahu, což je v souladu se studií Hidalga et al. (2007). Englmaierová & Tůmová (2008) uvádějí vyšší hmotnost u vajec z podestýlkového systému než vejce od nosnic chovaných v klecích. Zároveň ale dle Englmaierové (2012) nelze jednoznačně určit, ve kterém ustájení jsou snášena vejce o vyšší hmotnosti.

Dle Andersona & Adamse (1994) jsou ve vztahu k hmotnosti vajec nejlepší chovy v klecích, ve své studii zjistili, že vejce z podestýlkových chovů mají nižší hmotnost než vejce pocházející z klecových chovů. Výsledky studie jsou v souladu s výsledky Leyendeckera et al. (2001). Samiullah et al. (2017) naopak dospěli k výsledkům, kdy vejce s průkazně vyšší hmotností pocházela z volných chovů.

Co se týká skořápky, Zita et al. (2012) uvádějí vyšší podíl skořápky u vajec z alternativních chovů než u vajec, která byla z konvenčních systémů ustájení. Ve své studii také Zita et al. (2012) zjistili silnější skořápku u vajec z podestýlkových chovů. Oproti tomu, Englmaierová (2012) uvádí, že vejce z konvenčních klecí měla pevnější a silnější skořápku. Ledvinka et al. (2005) konstatují, že vyšší hmotnost skořápky měla vejce z podestýlkového chovu. Ke stejnému výsledku dospěli ve své studii i Klecker et al. (2002).

Dle studie Englmaierové & Tůmové (2008) nemá systém ustájení vliv na kvalitu bílku, nicméně Ledvinka et al. (2005) popisují, že nosnice z podestýlkových chovů, snášely vejce s vyšším podílem bílku. Dle studie Zity et al. (2012) jsou vyšší hodnoty Haughových jednotek u slepic z klecového chovu. Naopak vyšší Haughovy jednotky u vajec z volného chovu udávají Samiullah et al. (2017).

Skladování vajec má výrazný vliv na jejich kvalitu. Dobou uskladnění se kvalita vajec zhoršuje (Englmaierová & Tůmová 2008), vlivem skladování se snižuje hmotnost, kvalita bílku i žloutku, což potvrzuje Tůmová (2012). El-Sheikh et al. (2014) zjistili, že po 28 dnech skladování se snížila hmotnost vajec v průměru z 64,45 g na 55,78 g. Scott & Silversides (2000) konstatují, že hmotnost vajec zůstala stejná po prvních 10 dnech skladování a až poté se hmotnost začala snižovat.

El-Sheikh et al. (2014) dále zjistili, že hmotnost skořápky vejce se vlivem délky skladování průkazně neměnila, tloušťka a podíl skořápky se vlivem délky skladování průkazně zvýšily.

Co se týče kvality bílku, El-Sheikh et al. (2014) nezjistili průkazný vliv doby skladování na index tvaru bílku. Dle Tebesiho et al. (2012) se s dobou uskladnění snižuje hodnota Haughových jednotek, což je v souladu s Nedomovou & Simeonovovou (2008). El-Sheikh et al. (2014) naměřili po 28 dnech z původních 76,37 výrazně nižší hodnotu Haughových jednotek, a to 24,25.

Také index žloutku se vlivem skladování snižuje (Samli et al. 2005; Nedomová & Simeonovová 2008), stejně tak jako zbarvení žloutku (Tebesi et al. 2012; El-Sheikh et al. 2014).

Na skladování má velký vliv teplota. Dorji (2014) uvádí, že došlo k signifikantnímu zhoršení kvality vajec (nejvíce se projevilo na hmotnosti vejce, výšce bílku a Haughových jednotkách) pří pokojové teplotě. Kvalita vajec se tedy zhoršuje rychleji v porovnání s uskladněním ve studeném prostředí. Je doporučeno skladovat vejce do 4 °C, za této teploty dochází ke snížení kvality nejpomaleji (Nedomová & Simeonovová 2008; 2010).

# 4 Materiál a metody

V rámci řešení diplomové práce byla sledována kvalita vajec, resp. technologická hodnota vajec u méně známých genotypů slepic během první fáze snáškového cyklu, tj. od 24. do 40. týdne jejich věku. Do sledování byly zařazeny slepice genotypu Dominant Amber (hnědovaječný hybrid) a genotypu Dominant Greenshell (zelenovaječný hybrid). Slepice byly ustájeny v obohacených klecových systémech, které odpovídají platné legislativě a splňují welfare zvířat. Podmínky prostředí odpovídaly podmínkám kladeným na tento způsob chovu. Teplota byla cca 18 – 20 °C, relativní vlhkost pak 50 – 60 %. Od 24. týdne věku se slepicím svítilo 16 hodin, 8 hodin bylo nepřetržité tmy. Intenzita osvětlení byla 5 – 10 luxů. Nosnice byly krmeny kompletní krmnou směsí určenou pro první fázi snášky N1 (16,66 % dusíkatých látek, 11,4 MJ metabolizovatelné energie). Přístup ke krmivu byl ad libitum, stejně jako k nezávadné čisté vodě.

Vejce určená k rozborům byla od nosnic odebírána v pravidelných 28 denních intervalech od 24. do 40. týdne věku nosnic, vždy dva dny po sobě. Bylo analyzováno vždy 120 ks od každého genotypu v rámci věku, celkem pak 1200 ks vajec. Vejce byla analyzována tentýž den po jejich sběru v laboratoři Katedry chovu hospodářských zvířat na České zemědělské univerzitě v Praze.

## 4.1 Rozbory vajec

Technologická hodnota vajec byla určena pomocí následujících parametrů laboratorním měřením:

**Hmotnost vejce (g)**

Ke zjištění hmotnosti vejce byly použity digitální laboratorní váhy, značka Ohaus Portable Advances, Model No. CT600V, Florham Park, N. J. 0732, US.

**Index tvaru vejce (%)**

Pro výpočet indexu tvaru vejce byl použit vzorec Iv = (š/d)*100, k měření délky (d) a šířky (š) se využilo elektronické posuvné měřidlo, značka JOBI® profi. Délka a šířka byla měřena v milimetrech.

**Hmotnost skořápky (g)**

Ke zjištění hmotnosti skořápky byly použity digitální laboratorní váhy, značka Ohaus Portable Advances, Model No. CZ600V, Florham Park, N. J. 0732, US.

**Podíl skořápky (%)**

Podíl skořápky byl vypočten z celkové hmotnosti vejce a hmotnosti skořápky.

**Tloušťka skořápky (mm)**

Ke zjištění tloušťky skořápky byl použit digitální mikrometr Digimatic Outsice Micrometer, Mitutoyo Corporation, Japan. Byla měřena skořápka bez podskořápečných blan na místě prasknutí při rozklepnutí vajec (střední část).

**Pevnost skořápky ($N.cm^{-2}$)**

Pevnost skořápky se stanovila destruktivní metodou, byla měřena síla, která je třeba k prasknutí skořápky. Bylo použito přístroje Instron Universal Testing Machine, 3342, Instron Ltd., US.

**Barva skořápky (%)**

Ke stanovení barvy skořápky byl použit reflektometr TSS QCR Reflectometer, Chessingham Park Dunnington, YORK YO19 5SE, England, který využívá odraz světla. Čím je barva skořápky tmavší, tím nižší hodnotu přístroj udává.

**Hmotnost žloutku (g)**

Ke zjištění hmotnosti žloutku byly použity digitální laboratorní váhy, značka Ohaus Portable Advances, Model No. CZ600V, Florham Park, N. J. 0732, US.

**Podíl žloutku (%)**

Podíl žloutku byl vypočten z celkové hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku.

**Index žloutku (%)**

Pro výpočet indexu žloutku byl použit vzorec Iž = (a/b)*100, k výpočtu byla měřena výška žloutku (a) a průměr dvou na sebe kolmých rozměrů žloutku (b). Hodnoty byly měřeny v milimetrech a použita byla elektronická posuvná měřidla.

**Barva žloutku**

Ke stanovení barvy žloutku byla použita stupnice barev DSM YolkFan$^{TM}$, DSM, Netherlands. Čím je barva žloutku tmavší, tím vyšší je hodnota.

**Hmotnost bílku (g)**

Ke zjištění hmotnosti bílku byly použity digitální laboratorní váhy, Ohaus Portable Advances, Model No. CZ600V, Florham Park, N. J. 0732, US.

**Podíl bílku (%)**

Podíl bílku byl vypočten z celkové hmotnosti vejce a hmotnosti bílku.

**Index bílku (%)**

Pro výpočet indexu bílku byl použit vzorec Ib = (a/b)*100, k výpočtu byla měřena výška bílku (a) a šířka a délka, kdy b je průměr největší šířky a největší délky. Hodnoty byly měřeny v milimetrech. Použita byla různá elektronická posuvná měřidla.

## 4.2 Statistické vyhodnocení

Hodnoty získané při rozborech vajec byly statisticky vyhodnoceny. Pro statistické zpracování byl použit počítačový program SAS (SAS Institute Inc.). Byl posuzován vliv genotypu a věku nosnic na vybrané parametry technologické hodnoty vajec. Využit byl model MIXED procedure, který používá následující smíšený SAS postup.

$y_{ijk} = \mu + G_i + V_j + (G*V)_{ij} + e_{ijk}$, kde
$y_{ijk}$ = hodnota parametru,
$G_i$ = vliv genotypu (Dominant Amber, Greenshell),
$V_j$ = vliv věku (týdny 24, 28, 32, 36, 40),
$(G*V)_{ij}$ = vliv interakce mezi genotypem a věkem,
$e_{ijk}$ = náhodná chyba.

Pro testování rozdílů mezi skupinami byl použit Duncanův test. Za statisticky významnou byla považována hodnota $P \leq 0,05$. Za průkazně rozdílné jsou považovány hodnoty, které mají v horním indexu uvedena odlišná písmena, vždy v rámci genotypu nebo věku nosnic. Interakce byly vypočítány nad rámec diplomové práce a nejsou zde z důvodu rozsahu uvedeny a diskutovány.

# 5 Výsledky

Výsledky experimentu, který byl realizován v rámci diplomové práce, jsou uvedeny v Tabulkách 1 - 4 a Grafech 1 a 2.

Tabulka 1 udává vliv genotypu nosnic a jejich věku na průměrnou hmotnost vejce a jeho index tvaru. Hmotnost vejce byla signifikantně ovlivněna genotypem nosnic (P=0,0001) i jejich věkem (P=0,0001). Hmotnost vejce byla průkazně vyšší (o 6,55 g) u genotypu Dominant Amber (64,54 g) v porovnání s genotypem Dominant Greenshell (57,99 g). Z hlediska věku nosnic byla shledána prokazatelně nejvyšší hmotnost vajec u slepic ve věku 40 týdnů (64,38 g), kdežto nejnižší na začátku sledování ve 24 týdnech věku (55,22 g). Z výsledků je patrný obecný trend zvyšování hmotnosti vajec s věkem nosnic.

Dalším sledovaným parametrem kvality vejce jako celku byl jeho index tvaru, který by také průkazně ovlivněn genotypem (P=0,0001) i věkem (P=0,0048). Vejce genotypu Dominant Amber měla signifikantně vyšší index tvaru než vejce genotypu Dominant Greenshell, a to o 3,74 procentního bodu. Nejvyšší index tvaru měla vejce od nosnic na začátku snášky, ve věku 24 týdnů (78,40 %), naopak nejnižší index tvaru měla vejce od nosnic na konci sledování, ve věku 40 týdnů (76,20 %).

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

| Ukazatel | | Parametr | |
|---|---|---|---|
| Genotyp (Dominant) | Věk (týdny) | Hmotnost vejce (g) | Index tvaru vejce (%) |
| Amber | | 64,54$^{a}$ | 79,12$^{a}$ |
| Greenshell | | 57,99$^{b}$ | 75,38$^{b}$ |
| | 24 | 55,22$^{d}$ | 78,40$^{a}$ |
| | 28 | 59,56$^{c}$ | 76,86$^{bc}$ |
| | 32 | 61,28$^{b}$ | 77,51$^{ab}$ |
| | 36 | 63,26$^{a}$ | 77,55$^{ab}$ |
| | 40 | 64,38$^{a}$ | 76,20$^{c}$ |
| Průkaznost | Genotyp | 0,0001 | 0,0001 |
| | Věk | 0,0001 | 0,0048 |
| SEM | | 0,329 | 0,194 |

$^{abcd}$P≤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)

Průměrné hodnoty sledovaných parametrů týkajících se kvality skořápky v závislosti na genotypu nosnic a jejich věku uvádí Tabulka 2. Prvním stanoveným parametrem byla hmotnost skořápky, kdy byl zjištěn prokazatelný vliv genotypu (P=0,0390). Průměrná hmotnost skořápky byla u genotypu Dominant Amber vyšší (5,57g), což je v průměru o 0,11g více než u genotypu Dominant Greenshell (5,46 g). S věkem nosnic se hmotnost skořápky signifikantně (P=0,0001) zvyšovala až do věku 36 týdnů (5,72g), ve věku 40 týdnů bylo zaznamenáno snížení hmotnosti skořápky na (5,44g). Nejnižší hmotnost skořápky byla na začátku sledování, tedy ve věku 24 týdnů (4,97 g).

Druhým stanoveným parametrem byl podíl skořápky, který byl průkazně ovlivněn věkem i genotypem nosnic (P=0,0001). Jak je vidět na Grafu 1, byl zjištěn signifikantní vliv genotypu (P = 0,0001) u průměrného podílu vaječné skořápky, kdy byl u nosnice genotypu Dominant Amber o 0,79 procentního bodu nižší než u nosnic genotypu Dominant Greenshell. Z hodnot (viz Graf 2) nelze určit, zda se podíl skořápky s věkem snižoval, či zvyšoval. Nejvyšší procentuální podíl skořápky byl u nosnic věku 28 týdnů (9,54 %), nejnižší byl u nosnic ve věku 40 týdnů (8,49 %).

Dalším sledovaným parametrem byla tloušťka skořápky. Vliv genotypu nosnic na tloušťku skořápky byl také statisticky významný (P=0,0001), stejně tak vliv věku (P=0,0033). Průměrná tloušťka skořápky genotypu Dominant Greenshell (0,32 mm) byla o 0,01 mm vyšší než průměrná tloušťka skořápky u genotypu Dominant Amber (0,31 mm). Z naměřených hodnot není možné jednoznačně určit, zda se s věkem snižuje nebo zvyšuje tloušťka skořápky. Nejvyšší tloušťky skořápky byla u vajec slepic ve věku 28 týdnů (0,33mm). V ostatních termínech odběru měla skořápka shodnou tloušťku (0,31mm).

Jako další byla měřena pevnost skořápky. Také pevnost skořápky byla signifikantně ovlivněna genotypem i věkem nosnic. Signifikantně (P=0,0106) vyšší průměrná pevnost skořápky u genotypu Dominant Greenshell (38,42 $N.cm^{-2}$) byla o 1,69 $N.cm^{-2}$ vyšší než průměrná tloušťka skořápky nosnic genotypu Dominant Amber (36,73 $N.cm^{-2}$). Průkazně (P=0,001) nejvyšší pevnost skořápky byla ve 28. týdnu věku nosnic (40,63 $N.cm^{-2}$ ) s následným významným snížením pevnosti skořápky. Nejnižší hodnota tloušťky skořápky byla na konci sledování ve 40. týdnu (35,64 $N.cm^{-2}$).

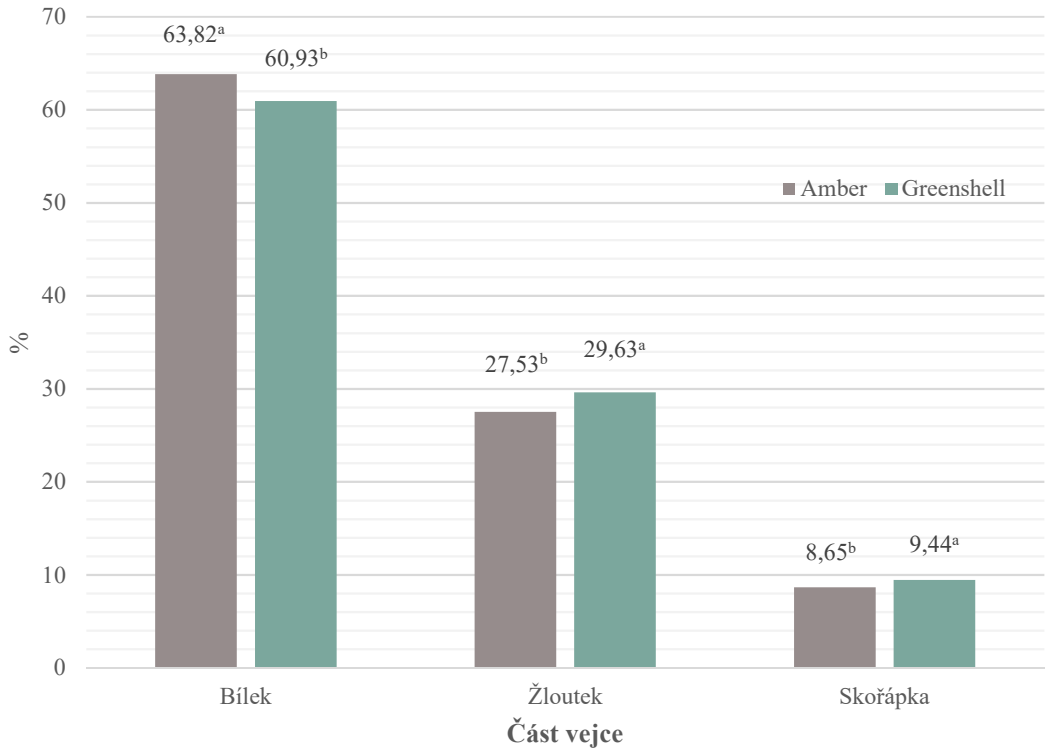
Posledním hodnoceným parametrem kvality skořápky byla její barva, která byla rovněž signifikantně ovlivněna jak genotypem (P=0,0001), tak věkem nosnic (P=0,0004). Barva skořápky genotypu Dominant Greenshell byla světlejší (63,76 %)

než u skořápky genotypu Dominant Amber (39,71 %), a to v průměru o 24,05 procentního bodu. Důležité je upozornit, že se jednalo o genotypy s různou barvou skořápky, kdy nosnice genotypu Dominant Greenshell snášely vejce s nazelenalou barvou skořápky a nosnice genotypu Dominant Amber vejce s nahnědlou barvou skořápky. Z výsledků je také patrné, že během sledovaného období barva skořápky často kolísala. Nejsvětlejší barvu skořápky měly nosnice ve věku 36 týdnů (54,39 %), na druhou stranu tmavší barvu skořápky na začátku sledování ve věku 24 týdnů (49,62 %). Lze konstatovat, že došlo k zesvětlení skořápky s věkem nosnic.

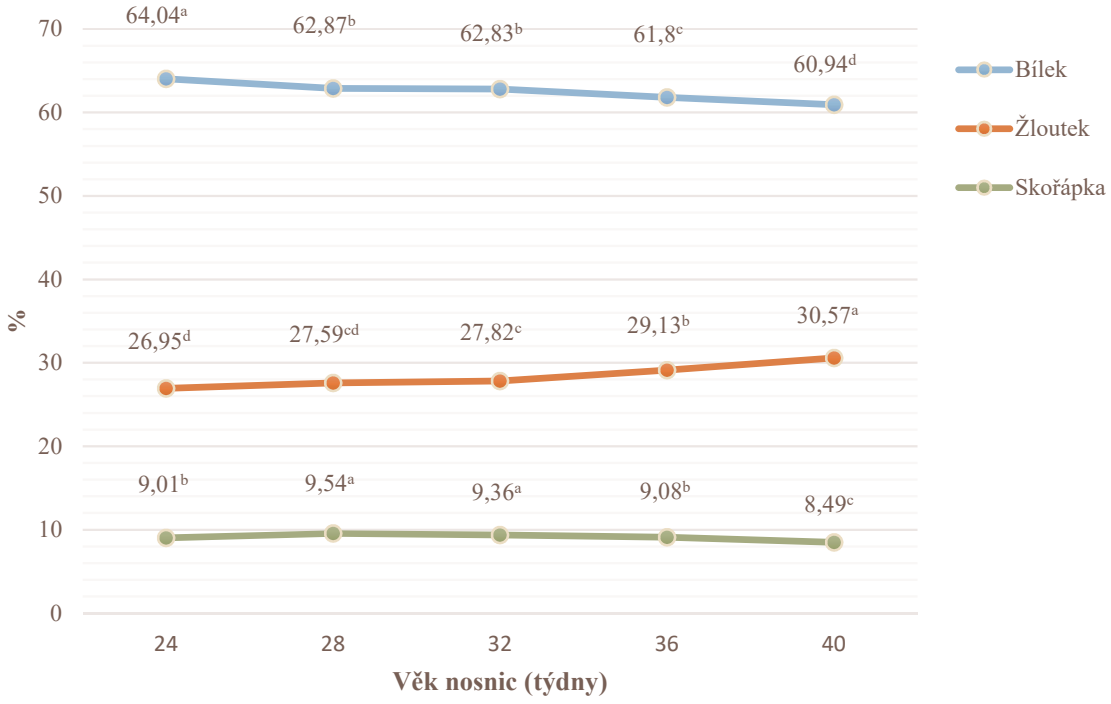
**Tabulka 2: Vybrané parametry kvality skořápky v závislosti na genotypu nosnic a jejich věku.**

| Ukazatel | | Parametr | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Genotyp (Dominant) | Věk (týdny) | Hmotnost skořápky (g) | Tloušťka skořápky (mm) | Pevnost skořápky ($N.cm^{-2}$) | Barva skořápky (%) |
| Amber | | $5,57^{a}$ | $0,31^{b}$ | $36,73^{b}$ | $39,71^{b}$ |
| Greenshell | | $5,46^{b}$ | $0,32^{a}$ | $38,42^{a}$ | $63,76^{a}$ |
| | 24 | $4,97^{c}$ | $0,31^{b}$ | $35,79^{c}$ | $49,62^{c}$ |
| | 28 | $5,65^{a}$ | $0,33^{a}$ | $40,63^{a}$ | $52,53^{ab}$ |
| | 32 | $5,71^{a}$ | $0,31^{b}$ | $37,18^{bc}$ | $50,80^{bc}$ |
| | 36 | $5,72^{a}$ | $0,31^{b}$ | $38,84^{ab}$ | $54,39^{a}$ |
| | 40 | $5,44^{b}$ | $0,31^{b}$ | $35,64^{c}$ | $52,16^{ab}$ |
| Průkaznost | Genotyp | 0,0390 | 0,0001 | 0,0106 | 0,0001 |
| | Věk | 0,0001 | 0,0033 | 0,0001 | 0,0004 |
| SEM | | 0,032 | 0,002 | 0,366 | 0,709 |

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




Graf 1: Vliv genotypu slepic na podíly jednotlivých částí vejce




Graf 2: Vliv věku slepic na podíly jednotlivých částí vejce

Z Tabulky 3 jsou zřejmé průměrné hodnoty parametrů kvality žloutku. Hmotnost žloutku byla prvním sledovaným parametrem. Byl prokázán statisticky významný vliv genotypu (P=0,0001) i věku nosnice (P=0,0001). Nosnice Dominant Amber měly průměrně o 0,61 g vyšší hmotnost žloutku než nosnice Dominant Greenshell (17,77 g vs. 17,16 g). Nejnižší hmotnost žloutku byla prokázána u vajec nosnic na začátku sledování ve věku 24 týdnů (14,78 g), naopak nejvyšší hmotnost žloutku byla u nosnic ve věku 40 týdnů (19,63 g). Lze tedy potvrdit trend zvyšující se hmotnosti žloutku s věkem nosnice.

Dále byl sledován podíl žloutku. Byl potvrzen průkazný vliv jak u věku (P=0,0001), tak u genotypu (P=0,0001). Graf 1 ukazuje rozdíl mezi průměrnými podíly žloutků u genotypů. Průměrný podíl žloutku byl o 2,1 procentního bodu vyšší u nosnic genotypu Dominant Greenshell než u nosnic genotypu Dominant Amber. Jak je vidět na Grafu 2, nejnižší podíl žloutku byl u nosnic ve věku 24 týdnů (26,95 %) a nejvyšší podíl bílku byl u nosnic ve věku 40 týdnů (30,57 %). Podíl žloutku vykazoval konstantně klesající hodnoty s věkem nosnic, lze tedy konstatovat trend zvyšujícího se podílu žloutku s věkem nosnic.

Dalším parametrem, sledovaným u kvality žloutku, byl jeho index. Byl zaznamenán průkazný vliv genotypu (P=0,0268). Index žloutku u vajec od nosnic Dominant Amber byl o 0,79 procentního bodu vyšší než u nosnic Dominant Greenshell (43,03 % vs. 42,24 %). Věk nosnic také signifikantně ovlivnil index žloutku (P = 0,0001). Index žloutku vykazoval nepatrné výkyvy, kdy ve věku 28 týdnů se index žloutku zvýšil, ale od 32. týdne lze však pozorovat snižující se trend indexu žloutku. Nejvyšší index žloutku byl u vajec nosnic ve věku 28 týdnů (43,96 %). Nejnižší index žloutku byl u nosnic ve věku 40 týdnů (40,58 %).

Posledním parametrem, který byl měřen u žloutku, byla jeho barva, která byla signifikantně ovlivněna genotypem (P=0,0001) i věkem (P=0,0001). Průkazně tmavší žloutek byl u vajec od nosnic Dominant Amber (11,37) oproti nosnicím Dominant Greenshell (10,43), s rozdílem 0,94. Pravidelné snížení barvy žloutku bylo až od věku 28 týdnů, kdy byl žloutek nejtmavší (11,75). Nejsvětlejší byl žloutek u vajec od nosnic na konci sledování ve věku 40 týdnů (10,23).

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

| Ukazatel | | Parametr | | |
|---|---|---|---|---|
| Genotyp (Dominant) | Věk (týdny) | Hmotnost žloutku (g) | Index žloutku (%) | Barva žloutku |
| Amber | | 17,77[a] | 43,03[a] | 11,37[a] |
| Greenshell | | 17,16[b] | 42,24[b] | 10,43[b] |
| | 24 | 14,78[e] | 43,59[a] | 10,85[bc] |
| | 28 | 16,34[d] | 43,96[a] | 11,75[a] |
| | 32 | 16,97[c] | 43,78[a] | 11,25[ab] |
| | 36 | 18,34[b] | 42,14[b] | 10,60[c] |
| | 40 | 19,63[a] | 40,58[c] | 10,23[c] |
| Průkaznost | Genotyp | 0,0001 | 0,0268 | 0,0001 |
| | Věk | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| SEM | | 0,112 | 0,167 | 0,102 |

[abc]P≤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 4 udává vybrané parametry kvality bílku v závislosti na genotypu nosnic a jejich věku. Jako první byla sledovaná hmotnost bílku. Byl patrný statisticky průkazný vliv genotypu (P=0.0001). Rozdíl mezi jednotlivými genotypy činil průměrně 5,82 g s tím, že vyšší průměrná hmotnost bílku byla u nosnic genotypu Dominant Amber (41,19 g). V porovnání s nosnicemi Dominant Greenshell (35,37 g). Průkazně (P=0,0001) vyšší hmotnost bílku byla ve 40. týdnu věku nosnic (39,32 g), a nejnižší na začátku sledování ve 24 týdnech věku (35,47 g) a lze tedy konstatovat, že s věkem nosnic se zvyšuje hmotnost bílku.

Dalším parametrem, který byl sledován u kvality bílku, byl jeho podíl, který byl také průkazně ovlivněn genotypem (P=0,0001) i věkem nosnic (P=0,0001). Jak je uvedeno v Grafu 1, byl zjištěn také statisticky významný vliv genotypu na podíl bílku (P=0,0001). Rozdíl mezi podíly bílku byl o 2,89 procentního bodu. Vyšší podíl bílku byl zjištěn u nosnic genotypu Dominant Amber, než u nosnic Greenshell. Na Grafu 2 lze vidět, snižující se trend podílu bílku. Nejvyšší hodnota, která byla u podílu žloutku zjištěna, byla u nosnic ve věku 24 týdnů (64,04 %), naopak nejnižší hodnota byla prokázána u nosnice ve věku 40 týdnů (60,94 %).

Dalším sledovaným parametrem byl index bílku. Byl zjištěn statisticky průkazný vliv genotypu (P=0,0015) i věku nosnic (P=0,0001). Nosnice Dominant Amber měly vejce s průměrně vyšším indexem bílku než vejce od nosnic Dominant Greenshell (13,41 % vs. 12,36 %), a to s rozdílem 1,05 procentního bodu. Do 32. týdne věku se index bílku zvyšoval (15,07 %) a poté došlo k opačnému trendu. Nejnižší index bílku byl zjištěn u vajec od nosnic 40 týdnů (9,82 %).

Poslední zjišťovanou veličinou u kvality bílku byly Haughovy jednotky. Rovněž zde byl zjištěn signifikantní vliv genotypu (P=0,0060) a věku nosnic (P=0,0001). Nosnice genotypu Dominant Amber (84,83) měly průměrně vyšší hodnoty o 2,95 Haugnových jednotek než nosnice genotypu Dominant Greenshell (81,88). Z hlediska vlivu věku nosnic na Haughovy jednotky byl shledán stejný trend jako u indexu bílku. Nejvyšší hodnota Haughových jednotek byla zjištěna u nosnic ve věku 32 týdnů (89,47) a nejnižší hodnota ve věku 40 týdnů (73,21).

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

| Ukazatel | | Parametr | | |
|---|---|---|---|---|
| Genotyp (Dominant) | Věk (týdny) | Hmotnost bílku (g) | Index bílku (%) | Haughovy jednotky |
| Amber | | 41,19$^{a}$ | 13,41$^{a}$ | 84,83$^{a}$ |
| Greenshell | | 35,37$^{b}$ | 12,36$^{b}$ | 81,88$^{b}$ |
| | 24 | 35,47$^{c}$ | 13,61$^{b}$ | 85,94$^{bc}$ |
| | 28 | 37,56$^{b}$ | 14,42$^{ab}$ | 88,31$^{ab}$ |
| | 32 | 38,59$^{ab}$ | 15,07$^{a}$ | 89,47$^{a}$ |
| | 36 | 39,20$^{a}$ | 12,70$^{c}$ | 83,58$^{c}$ |
| | 40 | 39,32$^{a}$ | 9,82$^{d}$ | 73,21$^{d}$ |
| Průkaznost | Genotyp | 0,0001 | 0,0015 | 0,0060 |
| | Věk | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| SEM | | 0,252 | 0,169 | 0,536 |

$^{abcd}$P≤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)

# 6 Diskuze

Kvalitu vajec ovlivňuje řada faktorů, z nichž nejdůležitější je věk a genotyp nosnic. Právě tyto parametry byly pozorovány v rámci této práce a všechny parametry technologické hodnoty vajec byly signifikantně ovlivněny věkem a genotypem nosnic.

Sledování v této práci prokázala průkazný vliv genotypu nosnic na **hmotnost vejce**. S tím korespondují výsledky Weie et al. (1992), Simeonovové a Kalové (1993), Halaje & Grofika (1994), Simeonovové et al. (1995), Heila & Hartmana (1997), Ledvinky & Klesalové (2002), Tůmové et al. (2007), Zity et al. (2009, 2018). Hmotnost vejce byla průkazně vyšší u hnědovaječného genotypu Dominant Amber v porovnání se zelenovaječným genotypem Dominant Greenshell. To je v souladu s Halajem & Grofíkem (1994), Arentem et al. (1997), Heilem & Hartmanem (1997), Ledvinkou et al. (2000), Leyendeckerem et al. (2001), Kocevskim et al. (2001) a Jonesem (2010), kteří zjistili vyšší hmotnost u vajec s hnědou barvou skořápky. Výsledky našeho sledování nekorespondují s výsledky Alsobayela & Albadryho (2011), kteří zjistili u vajec s hnědou barvou skořápky nižší hmotnost. Hmotnost vajec byla průkazně ovlivněna i věkem nosnic. To je v souladu s výsledky 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), Kocevskeho 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). Z výsledků je patrný obecný trend zvyšování hmotnosti vajec s věkem nosnic. Naměřené hodnoty neopovídají výsledkům Zemkové et al. (2007), kteří nezjistili statisticky významný vliv věku na hmotnost vejce.

**Index tvaru** vejce byl také signifikantně ovlivněn genotypem. Obdobně, průkaznost vlivu genotypu na index tvaru vejce uvádějí také Tůmová et al. (2007) a Ledvinka et al. (2011). Vejce genotypu Dominant Amber měla signifikantně vyšší index tvaru než vejce genotypu Dominant Greenshell. Signifikantně vyšší index tvaru u vejce s hnědou barvou skořápky zjistili také Alsobayel & Albadry (2011) a El-Sheikh et al. (2014). Index tvaru byl také průkazně ovlivněn věkem. Nejvyšší index tvaru měla vejce od nosnic na začátku snášky, ve věku 24 týdnů, naopak nejnižší index tvaru měla vejce od nosnic na konci sledování, ve věku 40 týdnů, s čímž souhlasí výsledky Van

den Branda et al (2004) a Biesadia-Drzazgy (2017), kteří konstatují, že se index tvaru s věkem nosnice snižuje.

U **hmotnosti skořápky** byl zjištěn prokazatelný vliv genotypu. Vliv genotypu na hmotnost skořápky potvrzuje Harms et al. (1990). V našem sledování byla průměrná hmotnost skořápky u genotypu Dominant Amber vyšší než u genotypu Dominant Greenshell. Vyšší hmotnost skořápky u vajec s hnědou barvou skořápky zjistili také Ledvinka et al. (2000), Jones et al. (2010) a El-Sheikh et al. (2014). S věkem nosnic se hmotnost skořápky signifikantně zvyšovala, což je v souladu s výsledky Sirriho et al. (2018) a Sokolowicze et al. (2018), kteří konstatují, že věk má vliv na vlastnosti vaječné skořápky. Nejnižší hmotnost skořápky byla na začátku sledování, ve věku 24 týdnů (4,97 g), následně se hmotnost skořápky zvyšovala až do věku 36 týdnů (5,72 g), ve věku 40 týdnů bylo však zaznamenáno snížení hmotnosti skořápky na (5,44 g), což je v rozporu s Ledvinkou et al. (2009), kteří uvádějí postupné zvyšování hmotnosti skořápky.

**Podíl skořápky** byl průkazně ovlivněn genotypem. Vliv genotypu průkazně potvrdili Ledvinka et al. (2011). Podíl skořápky byl u hnědovaječného genotypu Dominant Amber signifikantně vyšší než u zelenovaječného genotypu Dominant Greenshell, což je v souladu Rayanem et al. (2013) a El-Sheikhem et al. (2014), kteří zjistili vyšší podíl skořápky u hnědovaječných hybridů. Oproti tomu Tůmová et al. (1993) zjistili u vajec s hnědou barvou skořápky nižší podíl skořápky. Biesadia-Drzazga (2017) se zaměřil na kvalitu vajec plemena Araucana, jež sloužil k vyšlechtění genotypu Dominant Greenshell, a ve svých výsledcích dospěl k podílu skořápky 12,1 – 14,1 %. Podíl skořápky u genotypu Dominant Greenshell byl v našem sledování 9,44 %. Podíl skořápky byl průkazně ovlivněn věkem, což je v souladu s výsledky Holoubka & Hubeného (2002), Zity et al. (2009) a Sirriho et al. (2018). Výsledky sledování nekorespondují s Biesadiem-Drzazgou (2017), který nezjistil signifikantní rozdíly v podílu skořápky s věkem nosnic. Z výsledků nelze určit, zda se podíl skořápky s věkem snižoval, či zvyšoval, což se neshoduje s výsledky Arpášové et al. (2010), kteří zjistili snížení procentuálního podílu skořápky s věkem.

**Tloušťka skořápky** byla signifikantně ovlivněna genotypem, průměrná tloušťka skořápky genotypu Dominant Greenshell byla o 0,01 mm vyšší než průměrná tloušťka skořápky u genotypu Dominant Amber, což koresponduje s výsledky Halaje & Grofíka (1994) a Leyendeckera et al. (2001), kteří shledali u hnědovaječných nosnic tenčí skořápku. Naopak Tůmová et al. (1993), Jones et al. (2010) a El-Sheikh et al.

(2014) udávají silnější skořápku u vajec hnědovaječných hybridů. Vliv genotypu nosnic na tloušťku skořápky byl také statisticky významný. Z naměřených hodnot nelze jednoznačně určit, zda se s věkem snižuje nebo zvyšuje tloušťka skořápky, což je v rozporu se Silversidesem & Scottem (2001), Sukem & Parkem (2001), Robertsem & Ballem (2004), Campem et al. (2007), Macinem et al. (2016) a Sokolowiczem et al. (2018), kteří zjistili s věkem nosnic tenčí skořápku. Výsledky meření dále nejsou v souladu s Yannakopoulosem & Tserveni-Gousem (1987), jejichž výsledky ukazovaly na silnější skořápku s věkem, a s Yannakopoulosem (1994) a Van den Brandem et al. (2004), kteří nezjistili statisticky významný vliv věku slepic na tloušťku skořápky.

Také **pevnost skořápky** byla signifikantně ovlivněna genotypem. Průkazně vyšší průměrná pevnost skořápky byla u genotypu Dominant Greenshell v porovnání s hnědovaječným genotypem Dominant Amber, což je v rozporu se zjištěním Jonese et al. (2010), kteří uvádějí, že vejce hnědovaječných hybridů mají pevnější skořápku. Pevnější skořápku u vajec s hnědou barvou skořápky zjistili také Tůmová et al. (1993). Pevnost skořápky byla signifikantně ovlivněna také věkem. Průkazně nejvyšší pevnost skořápky byla ve 28. týdnu věku nosnic s následným významným snížením pevnosti skořápky. Nejnižší hodnota pevnosti skořápky byla na konci sledování ve 40. týdnu, což je v souladu se Sirrim et al. (2018), kteří s věkem nosnic konstatují snížení pevnosti skořápky.

**Barva skořápky** byla také průkazně ovlivněna genotypem. Barva skořápky genotypu Dominant Greenshell byla světlejší než skořápky genotypu Dominant Amber. Důležité je upozornit, že se jednalo o genotypy s různou barvou skořápky, kdy nosnice genotypu Dominant Greenshell snášely vejce s nazelenalou barvou skořápky a nosnice genotypu Dominant Amber vejce s nahnědlou barvou skořápky. Barva skořápky byla také signifikantně ovlivněna věkem nosnic. Z výsledků je patrné, že během sledovaného období barva skořápky často kolísala. Nejtmavší barvu skořápky měla vejce od nosnic ve věku 24 týdnů, nejsvětlejší barvu skořápky měly nosnice ve věku 36 týdnů. Lze konstatovat, že došlo k zesvětlení skořápky s věkem nosnic, což je v souladu se Zhangem et al. (2005), Obadasim et al. (2007), Tůmovou & Ledvinkou (2009), Zitou et al. (2009) a Ledvinkou et al. (2014), kteří konstatují, že s věkem nosnice se intenzita barvy skořápky snižuje.

Ve sledování byl signifikantně prokázán vliv genotypu na **hmotnost žloutku**. Tůmová et al. (1993, 2007) uvádějí významný vliv genotypu na hmotnost žloutku.

Nosnice Dominant Amber měly průměrně vyšší hmotnost žloutku než nosnice Dominant Greenshell, což potvrzují Tůmová et al. (1993), kteří zjistili signifikantně vyšší hmotnost žloutku u hnědovaječných slepic. Výsledky našeho sledování nejsou v souladu s Leyendeckerem et al. (2001) a El-Sheikhem et al. (2014), kteří u vajec s hnědou barvou skořápky shledali nižší hmotnost žloutku. Signifikantní vliv věku byl prokázán u hmotnosti žloutku. Nejnižší hmotnost žloutku byla u vajec nosnic na začátku sledování a naopak nejvyšší hmotnost žloutku byla u nosnic na konci sledování ve věku 40 týdnů. Lze tedy potvrdit trend zvyšující se hmotnosti žloutku s věkem nosnice, s čímž souhlasí výsledky Silversidese & Scotta (2001), Holoubka et al. (2007), Johnstona & Gouse (2007), Tůmové & Ledvinky (2009) a Jonese et al. (2018), kteří zjistili, že s věkem nosnic se hmotnost žloutku zvyšuje.

Byl zjištěn statisticky významný vliv genotypu na **podíl žloutku**. Tůmová et al. (1993; 2007) uvádějí významný vliv genotypu na podíl žloutku. Průměrný podíl žloutku byl vyšší o 2,1 procentního bodu u nosnic genotypu Dominant Greenshell než u nosnic genotypu Dominant Amber, což koresponduje s výsledky Tůmové et al. (1993) a El-Sheikha (2014), kteří konstatují nižší podíl žloutku u hnědovaječných nosnic. Biesadia-Drzazga (2017) ve svých výsledcích dospěl k podílu žloutku u slepic Araucana 33,4 – 35,3 %, v našem sledování byl podíl žloutku u genotypu Greenshell 29,63 %. Byl potvrzen průkazný vliv u věku na podíl žloutku. Ten vykazoval klesající hodnoty s věkem nosnic, s tím souhlasí výsledky Suka & Parka (2001) a Johnstona & Gouse (2007), kteří uvádějí vliv věku na podíl jednotlivých částí vejce. Výsledky jsou dále v souladu se Zitou et al. (2009), kteří zjistili snižování podílu žloutku s věkem nosnic. Výsledky sledování v této práci nejsou v souladu s výsledky Biesadia-Drzazgy (2017), který nezjistil průkazný vliv věku na podíly jednotlivých částí vejce.

Tůmová et al. (1993, 2007) uvádějí významný vliv genotypu na **index tvaru žloutku**. I v našem sledování byl zaznamenán průkazný vliv genotypu. Index žloutku u vajec od nosnic Dominant Amber byl vyšší než u nosnic Dominant Greenshell. Věk nosnic také signifikantně ovlivnil index žloutku. Index žloutku vykazoval nepatrné výkyvy, kdy ve věku 28 týdnů se index žloutku zvýšil, ale od 32. týdne věku lze však pozorovat snižující se trend indexu žloutku. Nejvyšší index žloutku byl u vajec nosnic ve věku 28 týdnů, nejnižší index žloutku byl u nosnic na konci pozorování, ve věku 40 týdnů. Tyto výsledky nekorespondují s výsledky Zity et al. (2009), které vykazují zvyšující se index žlouku s věkem nosnic.

**Barva žloutku** byla signifikantně ovlivněna genotypem. Průkazně 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 signifikantně ovlivněna věkem (P=0, 0001). Pravidelné snížení barvy žloutku bylo až od věku 28 týdnů, kdy byl žloutek nejtmavší, nejsvětlejší byl žloutek u vajec od nosnic na konci sledování, ve věku 40 týdnů, což je v rozporu se zjištěním Kuchty et al. (1997), Czaje & Gornowicze (2006) a Nikolové & Kocevského (2006), kteří konstatují intenzivnější barvu žloutku u vajec od starších nosnic.

Byl patrný statisticky průkazný vliv genotypu na **hmotnost bílku**. Vyšší průměrná hmotnost bílku byla u nosnic genotypu Dominant Amber v porovnání s nosnicemi Dominant Greenshell. Tato zjištění jsou v rozporu s Leyendeckerem et al. (2001) a Rayana et al. (2010), kteří dospěli k výsledkům, že vejce s hnědou barvou skořápky měla nižší hmotnost bílku. Průkazně vyšší hmotnost bílku byla ve 40. týdnu věku a nejnižší na začátku sledování, ve 24 týdnech věku, lze tedy konstatovat, že s věkem nosnic se zvyšuje hmotnost bílku, s čímž souhlasí výsledky Suka & Parka (2001).

**Podíl bílku** byl průkazně ovlivněn genotypem. Vyšší podíl bílku byl zjištěn u nosnic genotypu Dominant Amber, než u nosnic Greenshell. Tůmová et al. (2007) nezjistili průkazný vliv genotypu na podíl bílku. Biesadia-Drzazga (2017) ve svých výsledcích dospěl k podílu bílku u slepic Araucana 51,1 – 54,3 %, podíl bílku u genotypu Greensheel byl v našem sledování 60,93 %. Byl zjištěn také statisticky významný vliv věku slepic (P=0,0001) na podíl bílku. Výsledky ukazují snižující se trend podílu bílku. Nejvyšší hodnota, která byla u podílu žloutku zjištěna, byla u nosnic ve věku 24 týdnů, nejnižší hodnota byla u nosnice ve věku 40 týdnů. Výsledky jsou v souladu s výsledky Suka & Parka (2001) a Johnstona & Gouse (2007), kteří udávají vliv věku na podíl jednotlivých částí vejce.

V našem sledování byl zjištěn vliv genotypu na **index bílku**, oproti tomu Tůmová et al. (2007) nezjistila průkazný vliv genotypu na index bílku. Nosnice Dominant Amber měly vejce s průměrně vyšším indexem bílku než vejce od nosnic Dominant Greenshell. Byl zjištěn statisticky průkazný vliv věku nosnic (P=0,0001) na index bílku, Do 32. týdne věku se index bílku zvyšoval (15,07 %) a poté došlo k opačnému trendu, nejnižší index bílku byl zjištěn u vajec od nosnic ve věku 40 týdnů,

což koresponduje s výsledky Van den Branda et al. (2004) a Zity et al. (2009), které vykazují snížení indexu bílku s věkem slepic.

Také u **Haughových jednotek** byl zjištěn signifikantní vliv genotypu. Nosnice genotypu Dominant Amber měly průměrně vyšší hodnoty Haugnových jednotek než nosnice genotypu Dominant Greenshell. Oproti tomu, Leyendecker et al. 2001 zjistli nižší Haughovy jednotky u hnědovaječných nosnic, s čímž souhlasí Rayan et al. (2013) a El-Sheikh et al. (2014). U Haugových jednotek byl signifikantní vliv věku nosnic. Hauhgovy jednotky vykazovaly stejný trend jako index bílku, nejvyšší hodnota Haughových jednotek byla zjištěna u nosnic ve věku 32 týdnů a nejnižší věku 40 týdnů. Výsledky jsou shodné s Van den Brandem et al. (2004), Krawczykem (2009), Zitou et al. (2009) a Ledvinkou et al. (2011), kteří zjistili vyšší hodnoty Haughových jednotek u mladých nosnic.

# 7 Závěr

Kvalita vajec se posuzuje na základě nutriční a technologické hodnoty, kterou ovlivňuje mnoho faktorů, zejména věk a genotyp slepic. Ze zjištěných výsledků je zřejmé, že věk i genotyp ovlivnil všechny hodnocené parametry.

Hmotnost vejce byla průkazně vyšší (o 6,55 g) u genotypu Dominant Amber (64,54 g) v porovnání s genotypem Dominant Greenshell (57,99 g). Z hlediska věku nosnic byla shledána prokazatelně nejvyšší hmotnost vajec u slepic ve věku 40 týdnů (64,38 g), kdežto nejnižší na začátku sledování ve 24 týdnech věku (55,22 g). Je tedy patrný obecný trend zvyšování hmotnosti vajec s věkem nosnic. Vejce genotypu Dominant Amber měla signifikantně vyšší index tvaru než vejce genotypu Dominant Greenshell. Průkazně nejvyšší index tvaru měla vejce od nosnic na začátku snášky, naopak nejnižší index tvaru měla vejce od nosnic na konci sledování, ve věku 40 týdnů. Průměrná hmotnost skořápky byla u genotypu Dominant Amber signifikantně vyšší (5,57g) než u genotypu Dominant Greenshell (5,46 g). Nejnižší hmotnost skořápky byla na začátku sledování, ve věku 24 týdnů. Z výsledků nelze určit, zda se podíl skořápky s věkem snižoval, či zvyšoval. U průměrného podílu vaječné skořápky byl u nosnic genotypu Dominant vyšší než u nosnic genotypu Dominant Greenshell. Z naměřených hodnot není možné jednoznačně určit, zda se s věkem snižuje nebo zvyšuje tloušťka skořápky. Průměrná tloušťka skořápky genotypu Dominant Greenshell (0,32 mm) byla o 0,01 mm vyšší než průměrná tloušťka skořápky u genotypu Dominant Amber (0,31 mm). Průkazně vyšší průměrná pevnost skořápky u genotypu Dominant Greenshell (38,42 N.cm-2) byla o 1,69 N.cm-2 vyšší než u skořápky nosnic genotypu Dominant Amber (36,73 N.cm-2). Průkazně nejnižší pevnost skořápky byla na konci sledování ve 40. týdnu (35,64 N.cm-2). Barva skořápky genotypu Dominant Greenshell byla světlejší než skořápky genotypu Dominant Amber, nicméně jednalo se o genotypy s různou barvou skořápky. Z výsledků je také patrné, že během sledovaného období barva skořápky často kolísala. Nosnice Dominant Amber měly vyšší průměrnou hmotnost žloutku než nosnice Dominant Greenshell (17,77 g vs. 17,16 g). Nejnižší hmotnost žloutku byla prokázána u vajec nosnic na začátku sledování ve věku 24 týdnů (14,78 g), naopak nejvyšší hmotnosti žloutku byla u nosnic ve věku 40 týdnů (19,63 g), lze tedy potvrdit trend zvyšující se hmotnost žloutku s věkem nosnice. Nejnižší podíl žloutku byl u nosnic ve věku 24 týdnů (26.95 %) a nejvyšší podíl bílku byl u nosnic ve věku 40 týdnů (30,57).

Lze tedy konstatovat trend zvyšujícího se podílu žloutku s věkem nosnic. Průměrný podíl žloutku byl vyšší u nosnic genotypu Dominant Greenshell. Index žloutku u vajec od nosnic Dominant Amber byl vyšší než u nosnic Dominant Greenshell (43,03 % vs. 42,24 %). Lze pozorovat snižující se trend indexu žloutku s věkem nosnic. Průkazně tmavší žloutek byl u vajec od nosnic Dominant Amber (11,37) oproti nosnicím Dominant Greenshell (10,43). Nejsvětlejší byl žloutek u vajec od nosnic na konci sledování ve věku 40 týdnů (10,23). Vyšší průměrná hmotnost bílku byla u nosnic genotypu Dominant Amber (41,19 g), lze tedy konstatovat, že s věkem nosnic se zvyšuje hmotnost bílku, nicméně lze vidět snižující se trend podílu bílku s věkem. Vyšší podíl bílku byl zjištěn u nosnic genotypu Dominant Amber. Nosnice Dominant Amber měly vejce s průměrně vyšším indexem. Nosnice genotypu Dominant Amber (84,83) měly průměrně vyšší hodnoty Haugnových jednotek než nosnice genotypu Dominant Greenshell (81,88). Nejvyšší hodnota Haughových jednotek byla zjištěna u nosnic ve věku 32 týdnů (89,47) a nejnižší hodnota ve věku 40 týdnů (73,21).

Při srovnání výsledků obou genotypů a jejich naměřených hodnot lze konstatovat, že nosnice genotypu Dominant Amber snášela z pohledu kvality skořápky kvalitnější vejce než nosnice genotypu Dominant Greenshell. Lze tedy předpokládat, že pro potenciální chovatele je lepší volbou hnědovaječný hybrid Dominant Amber, nicméně z výsledků je patrné, že tloušťka a pevnost skořápky u vajec od zelenovaječných nosnic genotypu Dominant Greenshell byla vyšší, a vzhledem k atraktivitě barvy je chov tohoto hybridu také vhodnou volbou.

Hypotéza, že technologická hodnota vajec není ovlivněna genotypem slepic nosného typu a věkem nosnic, se ani v jednom případě hodnocení parametrů na kvalitu vajec nepotvrdila.

# 8 Seznam literatury

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.

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 dofferent 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.

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.2017.208.

Bunea A, Copaciu FM., Pascalau S, Dulf F, Rugina D, Chira R, Pintea A. 2017. Chromatographic analysis of lypophilic 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 systen, World Poultry-Misset **13**:32-39.

Elkin RG, Furomoko EJ, Thomas CR. 2003. Assessment of egg nutrient compositional changes and residue in eggs, tissues and excreta folowing oral administration of atorvastatin to laying hens. Journal Agricultural and Food Chemistry **2**:3473-3481.

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, Tůmová E. 2008. Změny kvality vajec v závislosti na systému ustájení a skladování. Náš chov **1**:72–73.

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.

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.

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, Golian J. 2011. Vajce - biologické, technické a potravinárske využitie. Garmond. Nitra.

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

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

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.

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.

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.

Hidalgo A, Rossi M, Clrici 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.

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, Musgrove MT, Anderson KE, Thesmar HS. 2010. Physical quality and composition of retail shell eggs. Poultry Science **89**:582-587.

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.

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.

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 jednotlivýchtechnologických systémů v chovu slepic. In: Sborník referátů – konference „Technologické systémy v chovu drůbeže“. Brno. 9-12.

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.

Komárek V, Malinovský L, Lemež L. 1982. Anatomia avium domesticarum. Priroda. Bratislava.

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

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

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, Klesalová L. 2002. Hmotnost vajec a faktory, které ji ovlivňují. Náš chov **62**:54.

Ledvinka Z, Klesalová L. 2003. Výskyt krevních a masových skvrn ve vejcích slepic. Náš chov **63**: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, 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.

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. 2003. The effect of internal and external factors on the quality of eggs. **[**Advanced PhD Thesis**]** Czech Universit yof Life Sciences Prague, Prague.

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

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.

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.

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.

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, Simeonovová J. 2010. Vliv délky a teploty skladování na jakostní parametry vajec. Food Science **4**:1196-2003.

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 drůbežího masa. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno.

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.

Odabasi AZ, Miles RD, Balaban MO. Portier, K. M. 2007. Changes in brown eggshell color as the hen ages. Poultry Science **86**:356-363.

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. Príroda, Bratislava. 1986.

Protais J, Queguiner S, Boscher E, Piquet JC, Nagard B, Salvat G. 2003. Effect of housing systém 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 Brieuc **1**:142-149.

Puyalto M, Mallo J. 2014. Nutrition of laying hens plays a major role in maintaining egg quality. International Poultry Production **22**:15-17.

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, Ball W. 2004. Egg quality guidelines for the Australian egg industry. Australian Egg Corporation Limited Publication **3**:32.

Roberts JR, 2004. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. The Journal of Poultry Science **41**:161–177.

Samiullah S, Roberts JR, Chousalkar K. 2015. Eggshell color in brown-egg laying hens – a review. Poultry Science **94**:2566-2575.

Samiullah S, Omar AS, Roberts JR, Chousalkar K. 2017. Effect of production systém 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, Scott TA. 2001. Effect of storage and layer age on quality of eggsfrom two lines of hens. Poultry Science **80**:1240-1245.

Silverides 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 brees. Živocišná výroba **38**:1027-1035.

Simeonová J, Kalová J, Vysloužil J, Jeřábek S. 1995. Evaluation of strength and nondestructive deformation of eggs in hens of rhode-island-white and white-leghorn breeds by prototypes of electronic-instruments. Živočišná výroba **40**:269-272.

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.

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

Sokolowicz Z, Krawczyk J, Dykiel K. 2018. The effect of the type of alternative housing system, genotype and age of laying hens on egg quality. Annals of Animal Science **18**:541-555.

Stadelman WJ. 1977. Quality identification of shell eggs in egg science and technology. 2nd ed. Westport. AVI Publishing Ccompany Inc., Connecticut.

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.

Šatava M, Hudský Z, Košař K, Mikolášek A, Peter V, Sochor O, Špaček F. 1984. Chov drůbeže. Státní zemědělské nakladatelství. Praha.

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

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.

Tůmová E, Ebeid T. 2003. Effects of housing system on performance and egg quality charakteristics in laying hens. Scientia Agriculturae Bohemica **34**:73-80.

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, Skřivan M, Englmaierová M, Zita L. 2008. Effect of time of oviposition on egg quality en egg and meat type hens. Scientia Agriculturae bohemica **29**:269-272.

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, 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.

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.

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.

Wei R, Bitgood JJ, Dentine MR. 1992. Inheritance of Tinted Eggshell Colors in White-Shell Stocks. Poultry Science **71**:406-418.

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.

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 Geflügelkünde **58**:206-213.

Zemková L, Simeonovová J, Lichovníková M, Somerlíková K. 2007. The effects of housing systems and age of hens on the weight and cholesterol concentarion 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 nd 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**:85-91.