

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra speciální zootechniky**



**Kvalita vajec slepic nosného typu v závislosti na genotypu**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Petra Hebíková**

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

© 2015 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Kvalita vajec slepic nosného typu v závislosti na genotypu" 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 9. 4. 2015

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu práce doc. Ing. Lukáši Zitovi, Ph.D. za cenné odborné rady, připomínky a také za poskytnutí podmínek pro vypracování diplomové práce.

Děkuji.

# Kvalita vajec slepic nosného typu v závislosti na genotypu

## Souhrn

Cílem diplomové práce bylo porovnat kvalitu vajec, především technologickou hodnotu vajec, u vybraných linií nosného typu hnědovaječných slepic Dominant D 102 a bělovaječných slepic Dominant D 229. Při technologickém hodnocení se posuzuje vejce jako celek, tedy jeho hmotnost a tvar, dále pak jeho jednotlivé komponenty – bílek, žloutek a skořápka. Kvalita vajec je ovlivňována mnoha faktory. Tyto faktory se mohou dělit na vnitřní a vnější. Mezi vnitřní faktory se řadí např. genotyp, věk nosnice, hmotnost nosnice, intenzita snášky, ovipozice. K vnějším faktorům řadíme např. systém ustájení, výživu, teplotu. Genotyp působí často v interakci s dalšími faktory, např. se systémem ustájení.

Hypotéza, že kvalita vajec je průkazně ovlivňována genotypem nosnic byla potvrzena u hmotnosti vejce, indexu tvaru vejce a žloutku, hmotnosti bílku a žloutku, procentuálního podílu bílku, žloutku a skořápky, tloušťky, pevnosti a barvy skořápky. Hypotéza se nepotvrdila u indexu tvaru bílku, barvy žloutku, Haughových jednotek, hmotnosti a deformace skořápky. Průkazně vyšší hmotnost vajec byla zjištěna u Dominanta hnědého D 102 (64,57 g), v porovnání s Dominantem leghorn D 229 (59,98 g). Průkazně vyšší index tvaru vejce byl zjištěn u hnědovaječných nosnic Dominant D 102. Hnědovaječné nosnice Dominant D 102 měly vyšší hmotnost i podíl bílku (63,68 oproti 61,84 %) oproti bělovaječným nosnicím Dominant leghorn D 229. U hnědovaječných nosnic byla vyšší hmotnost žloutku v porovnání s bělovaječnými nosnicemi, kdežto vyšší procentuální podíl žloutku byl zjištěn u Dominanta leghorn D 229 (28,36 %) než u Dominanta hnědého D 102 (27,27 %). Index tvaru žloutku byl zjištěn vyšší u hnědovaječných nosnic Dominant D 102 (46,59 %) v porovnání s bělovaječnými nosnicemi Dominant D 229 (43,78 %). Vyšší procentuální podíl skořápky byl u genotypu Dominant leghorn D 229. Bělovaječné nosnice Dominant D 229 (41,85 N.cm<sup>-2</sup>) měly pevnější skořápku oproti hnědovaječným nosnicím Dominant D 102 (36,14 N.cm<sup>-2</sup>), což je možné dávat do souvislosti se silnější skořápkou vajec bělovaječných nosnic (0,35 mm) oproti vejcům hnědovaječných nosnic (0,33 mm).

**Klíčová slova:** slepice, Dominant, kvalita, žloutek, bílek, skořápka

# The quality of eggs in relation to genotype of laying type hens

## Summary

The aim of this thesis was to compare the quality of the eggs, especially the technological value of eggs on selected lines laying type hens Dominant D102, which have brown egg and D 229, which have white egg. When technological evaluation is considered as a whole egg, that its weight and shape, as well as its individual components - the yolk, albumen and shell. The quality of the eggs is influenced by many factors. These factors can be classified into internal and external. Internal factors include, for example. genotype, age of hens, weight of hens, the intensity of the laying, oviposition. The external factors include efor example housing system, nutrition and temperature. Genotype often act in interaction with other factors.

The hypothesis that quality of egg is significantly influenced by genotype has been confirmed for egg weight, egg shape index and yolk shape index, albumen and yolk weight, percentage of albumen, yolk and shell thickness, strength and color of the shell. Hypothesis was not confirmed for weight of the shell, shape index albumen, yolk color, Haugh unit and deformation of the shell. Significantly higher egg weight was found in brown-egg lying hens Dominant D 102 (64,57 g), compared with a white-egg layinh hens Dominant leghorn D 229 (59,98 g). Significantly higher egg shape index was observed in laying hens Dominant D 102. Laying hens Dominant D 102 had higher weight of the albumen and the proportion of the albumen (63,68 versus 61,84%) than hens Dominant leghorn D 229. Brown-egg laying hens had higher weight of the yolk compared with white-egg laying hens, whereas a higher percentage of the yolk was found in white-egg Dominant leghorn D 229 (28,36%) than brownegg Dominant D 102 (27,27%). The yolk shape index was found higher in hens Dominant D 102 (46,59%) compared with hens Dominant D 229 (43,78 %). Genotype Dominant D 229 had higher percentages of the shell than Dominant D 229. White-egg laying hens had a firmer shell (41,85 N.cm<sup>-2</sup>) compared brown-egg laying hens Dominant D 102 (36,14 N.cm<sup>-2</sup>), which can be related with stronger shell white-eggs hens (0,35 mm) compared to brown-egg hens (0,33 mm).

**Keywords:** hen, Dominant, quality, yolk, albumen, shell

## Obsah

1 Úvod.....	7
2 Cíl práce .....	8
3 Literární rešerše.....	9
3.1 Kvalita vajec slepic nosného typu.....	9
3.1.1 Technologické hodnocení vajec.....	9
3.1.2 Dědivost kvality vajec .....	10
3.2 Vady a abnormality vajec.....	11
3.3 Mikrobiální kontaminace a změny vajec .....	13
3.4 Faktory ovlivňující kvalitu vajec .....	15
3.4.1 Genotyp.....	15
3.4.2 Užitkový typ .....	20
3.4.3 Věk nosnice.....	21
3.4.4 Hmotnost nosnice .....	23
3.4.5 Ovipozice .....	24
3.4.6 Systém ustájení .....	26
3.4.7 Výživa.....	29
3.4.8 Teplota prostředí .....	30
3.4.9 Skladování vajec .....	32
4 Materiál a metodika.....	34
4.1 Design experimentu .....	34
4.2 Rozbory vajec a sledované parametry.....	37
4.2.1 Celé vejce.....	37
4.2.2 Bílek.....	38
4.2.3 Žloutek .....	38
4.2.4 Skořápka .....	39
4.3 Statistické zpracování.....	39
5 Výsledky .....	40
6 Diskuze.....	43
7 Závěr .....	47
8 Seznam použité literatury.....	48
9 Přílohy.....	68

# 1 Úvod

Chov drůbeže je v České republice velice rozvinutým odvětvím živočišné výroby založeným na koncentrované produkci jatečné drůbeže a konzumních vajec. Slepíci vejce jsou v České republice považována za tradiční potravinu, což se promítá i do spotřeby vajec a vaječných výrobků ve srovnání s okolními státy Evropy.

Celková spotřeba vajec v České republice za rok 2014 byla podle prognózy 2,5 mld. ks. Prognóza spotřeby vajec na obyvatele za rok 2014 byla 242 ks. Průměrná spotřebitelská cena tříděných vajec za rok 2014 činila 3,01 Kč/ks, zatímco průměrná cena zemědělských výrobců vajec byla 1,83 Kč/ks. Faktorem, který ovlivňoval český trh v prvních sedmi měsících roku 2014, byl cenový vývoj na evropském trhu, kde se dostatečná nabídka projevila meziročně nižší cenou konzumních vajec v členských zemích a tomu odpovídala také cena na českém trhu, která byla meziročně nižší v prvních třech měsících roku 2014 a od dubna se začala pozvolna zvyšovat.

Při produkci konzumních vajec je velice důležitá jejich kvalita. Pohled na kvalitu vajec může být rozdílný z hlediska spotřebitele, obchodníka i producenta. Pro spotřebitele je z hlediska kvality vajec nedůležitější barva žloutku, barva skořápky, nižší obsah cholesterolu, vyšší obsah nenasycených mastných kyselin a vitamínů, a také čerstvost vajec. Pro obchodníky a producenty je nejdůležitější z hlediska kvality vajec, hmotnost vajec a pevnost skořápky.

Kvalitu konzumních vajec lze posuzovat podle mnoha kritérií, která zahrnují morfologické, chemické a mikrobiální vlastnosti. Z hlediska ekonomiky je nejvýznamnější posuzování kvality vajec podle jejich technologické hodnoty. Při technologickém hodnocení se posuzuje vejce jako celek, tedy jeho hmotnost a tvar, dále pak jeho jednotlivé komponenty – bílek, žloutek a skořápka.

Kvalita vajec je ovlivňována mnoha faktory. Tyto faktory se mohou dělit na vnitřní a vnější. Mezi vnitřní faktory se řadí např. genotyp, věk nosnice, hmotnost nosnice, intenzita snášky, ovipozice. K vnějším faktorům řadíme např. systém ustájení, výživu, teplotu. V důsledku genetických selekcí existují výrazné rozdíly mezi jednotlivými plemeny a liniemi slepic v kvalitě skořápky, hmotnosti vajec a produkci

## 2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je porovnat kvalitu vajec, především technologickou hodnotu vajec, u vybraných linií nosného typu slepic Dominant.

**Hypotéza:** Kvalita vajec je průkazně ovlivňována genotypem nosnic.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Kvalita vajec slepic nosného typu

Kvalitu konzumních vajec můžeme posuzovat podle mnoha kritérií. Mezi nejvýznamnější posuzování kvality vajec však patří určení jejich technologické hodnoty. Při technologickém hodnocení se posuzuje vejce jako celek, tedy jeho hmotnost a tvar, dále pak jeho jednotlivé komponenty – bílek, žloutek a skořápka (Englmaierová, 2012).

Pro spotřebitele je z hlediska kvality vajec nedůležitější barva žloutku, barva skořápky, nižší obsah cholesterolu, vyšší obsah nenasycených mastných kyselin a vitaminů, a také čerstvost vajec (Krawczyk, 2009). Čerstvost je u skořápkových vajec obtížně definovatelná, neboť znaky, které se s čerstvostí spojují, jsou významně ovlivněny nejen stářím vajec, ale také způsobem skladování. Výška bílku bývá uváděna jako jedno z kritérií určujících stáří vejce založených na chemických změnách v konzistenci bílku při stárnutí vajec (Nedomová a Simeonová, 2008).

Kvalita vajec je dána již v okamžiku snesení vejce, avšak vhodným skladováním lze tuto jakost udržovat až do doby, kdy je vejce zpracováno spotřebitelem. Nejvhodnější teplotou pro skladování vajec jsou 4 °C, kdy dochází k pomalejší intenzitě změn jakostních charakteristik vajec (Nedomová a Simeonová, 2008).

Pro obchodníky a producenty je nejdůležitější z hlediska kvality vajec hmotnost vajec a pevnost skořápky (Krawczyk, 2009).

#### 3.1.1 Technologické hodnocení vajec

Při technologickém hodnocení vajec se hodnotí vejce jako celek, tedy jeho hmotnost a tvar, který má praktický význam při balení, způsobu skladování a transportu vajec (Kříž, 1997). Tvar vejce se vyjadřuje indexem tvaru vejce. Podle Halaje a Goliana (2011) nepravidelný tvar vejce ztěžuje líhnutí a způsobuje nepravidelné polohy zárodku ve vejci. Kulatá vejce mají index tvaru > 76 %, standardní vejce 72 – 76 % a vejce podlouhlého tvaru < 72 % (Altuntas and Sekeroglu, 2008). Bell and Weaver (2002) udávají jako optimální hodnotu indexu tvaru vejce 74 %.

Dále se hodnotí jednotlivé komponenty vejce jako je bílek, žloutek a skořápka. U bílku hodnotíme jeho hmotnost, procentuální podíl z celého vejce, šlehatelnost, trvanlivost

pěny, tvar bílku a Haughovy jednotky. Tvar bílku se vyjadřuje indexem tvaru bílku (především vnějšího tuhého). Optimální hodnoty u čerstvých vajec jsou 5 - 12 %. Haughovy jednotky vyjadřují kvalitu vejce na základě vztahu mezi výškou bílku a hmotností vejce. Pokud se výsledné Haughovy jednotky pohybují mezi 75 – 85 jednotkami, považují se vejce za čerstvá (Tůmová a Charvátová, 2009).

U žloutku hodnotíme jeho hmotnost, procentuální podíl z celého vejce, tvar a barvu. Tvar žloutku se vyjadřuje indexem tvaru žloutku. Optimální hodnoty měření tvaru žloutku u čerstvých vajec jsou 35 – 45 %. Barva žloutku je ovlivněna pigmenty, jejichž hlavním zdrojem jsou krmiva, posuzuje se objektivně (fotokolorimetricky, spektrofotometricky) nebo subjektivně podle barevné stupnice. Pro spotřebitele je barva žloutku důležitá, avšak z hlediska nutričního nemá žádný význam, neboť karotenoidy, které se podílejí na barvě žloutku, patří především mezi xantofyly, které nemají provitaminovou aktivitu (Dostálová, 1993).

U skořápky hodnotíme její hmotnost, procentuální podíl z celého vejce, deformaci, pevnost, tloušťku, a barvu. Pevnost skořápky lze stanovit přímými (nedestruktivními a destruktivními) a nepřímými metodami. Tloušťka skořápky kolísá od 0,30 do 0,42 mm. Barva skořápky závisí na obsahu barviva ovoporfyriu a kolísá od čistě bílé po tmavohnědou. Čím je skořápka tmavší, tím menší je její průhlednost. U hnědých vajec je proto obecně náročnější kontrola vnitřní kvality prosvěcováním oproti bílým vejcům s větší průhledností (Dostálová, 1993).

### **3.1.2 Dědivost kvality vajec**

Dědivost neboli heritabilita určitých znaků se udává pomocí koeficientu dědivosti. Tento parametr udává, z jakého podílu je proměnlivost daného znaku ovlivněna genotypem. Wei and Vanderwerf (1993) uvádějí koeficient dědivosti pro hmotnost vajec 0,34 - 0,38, kdežto Ledvinka a Klesalová (2002) 0,51 - 0,63 a Wolc et al. (2012) 0,74. Lwelamira et al. (2009) uvádějí koeficient dědivosti pro index tvaru vejce 0,30, oproti tomu Lubritz and Smith (1996) 0,55. Zhang et al. (2005) určili koeficient dědivosti pro hmotnost bílku 0,59, kdežto Hartmann et al. (2000) 0,41, Šatava a kol. (1984) 0,66 a Wolc et al. (2012) 0,48. Zhang et al. (2005) uvádějí koeficient dědivosti pro Haughovy jednotky 0,41. Wolc et al. (2012) zjistili koeficient dědivosti pro výšku bílku 0,55. Heritabilita hmotnosti žloutku se podle autorů značně liší. Zhang et al. (2005) udávají koeficient dědivosti pro hmotnost žloutku 0,45, Hartmann et al. (2000) 0,22, Šatava a kol. (1984) 0,12, Wolc et al. (2012) 0,47. Zhang et al. (2005) udávají

koeficient dědivosti pro hmotnost skořápky 0,64 a pro tloušťku skořápky 0,34. Zhang et al. (2005) uvádějí koeficient dědivosti pro pevnost skořápky 0,24, zatímco podle Šatavy a kol. (1984) se koeficient dědivosti pro pevnost skořápky pohybuje v rozmezí 0,25 - 0,56. Francesch et al. (1997) udávají koeficient dědivosti pro barvu skořápky 0,27 - 0,53, zatímco Wolc et al. (2012) 0,72.

### **3.2 Vady a abnormality vajec**

Při tvorbě vajec v pohlavních orgánech nosnice vznikají někdy ve srovnání s normálním průběhem různé tvarové i funkční změny, které se projevují především na kvalitě vajec určených k líhnutí, ale také na kvalitě vajec konzumních. Tyto abnormality jsou vyvolávány nejčastěji poruchou funkce vejcovodu. Všechna tato vejce mají nižší tržní hodnotu. Je tomu tak proto, že nejsou požitelná a mohou se používat jen jako surovina k technickým účelům (Šatava a kol., 1984). Dle autora King'ori (2012) patří mezi vnější vady vajec poškození skořápky, nečistoty na skořápce a tvarové defekty. Mezi vnitřní vady vajec patří poškození žloutku a bílku. Produkce poškozených vajec je 5 – 7 % z celkové produkce vajec. Z toho jsou 2 – 3 % z nich poškozena již během snášky, další 3 – 4 % vajec jsou poškozena až po snášce. Asi 10 % z celkového počtu produkovaných vajec tvoří vejce s vnějším poškozením, zatímco 1 % tvoří vejce s poškozením vnitřním.

Mezi vady a abnormality vajec patří např. abnormálně velká jednožloutková vejce, abnormálně malá vejce, dvou nebo i třížloutková vejce, vejce ve vejci, křapy, vejce bez skořápky, krevní a masové skvrny, barevné abnormality (Šatava a kol., 1984).

Abnormálně velká jednožloutková vejce obsahují obvykle hodně bílkovin (procházejí vejcovodem pomalu) a ohrožují při snášení pohlavní orgány nosnic. Taková vejce snášejí nosnice občas a jejich vznik záleží na momentálních poruchách funkce vejcovodu (Šatava a kol., 1984). Abnormálně malá vejce (trpasličí vejce) vznikají nejčastěji tím, že žloutek po ovulaci nevnikne do vejcovodu, nýbrž do dutiny břišní, případně do vejcovodu vnikne jen nepatrná kapka či kulička žloutku. Mohou také vzniknout tím, že se do vejcovodu dostane zrnko písku nebo jiné cizí těleso (Šatava a kol., 1984). Dvoužloutková vejce, popřípadě třížloutková vejce, vznikají v důsledku krátkých intervalů mezi ovulacemi dvou žloutků, zpravidla do 3 hodin od sebe (Bell and Weaver, 2002). Vejce ve vejci vzniká tehdy, když je již téměř hotové vejce vrženo opačnou peristaltikou vejcovodu (křečovitým stažením) nazpět až k nálevce, takže se opět obaluje vrstvou bílku a skořápky (Šatava a kol., 1984). Křapy jsou vejce s prasklou skořápkou a porušenými vaječnými (podskořápečnými) blánami

(tzv. tekoucí vejce, melanž), která nejsou vhodná pro běžný konzum, a jednak vejce, jejichž skořápka je sice prasklá, avšak jejichž vaječné obaly jsou celistvé (Šatava a kol., 1984). Vejce s nízkou kvalitou skořápky představují pro výrobu konzumních vajec značné ekonomické ztráty. Tyto ztráty způsobené mechanickým poškozením vajec představují celosvětově v průměru 6 – 8 % z vajec určených pro konzum (Nedomová, 2012). S přibývajícím snáškou se výskyt takto porušených vajec zvyšuje z 0,68 % na 4,54 % při skončení snášky (Holoubek a Hubený, 2002). Vejce bez skořápky může vzniknout u nosnic s poraněnou dělohou, kdy u nich nelze vytvářet skořápečnou hmotu. Pokud se zeslabená skořápka s krupičkovitou strukturou na konci objevuje u více nosnic, jde o nedostatek minerálních látek nebo vitamínu D<sub>3</sub> (Tuláček, 2002).

Krevní skvrny na žloutku jsou krevní sraženiny, které vznikly krvácením při ovulaci. Frekvence výskytu krevních skvrn je ovlivněna řadou faktorů, mezi něž patří výživa, věk nosnice a genotyp. Výskyt krevních skvrn je 2 až 3krát vyšší u hnědovaječných než u bělovaječných nosnic (Bell and Weaver, 2002). Rovněž Alsobayel and Albadry (2011) udávají u bílých vajec menší výskyt krevních skvrn. Při kontrolách vajec v užitkových chovech nosnic jsou vejce prosvěcována a vyřazují se ta, která obsahují nadměrně velké krevní a masové skvrny. Velké krevní výrony, které znečišťují celý vaječný obsah, vznikají při mechanickém poranění vejcovodu nosnice. Tato vejce nelze využívat ke spotřebě a jsou automaticky vyřazována i při kontrole násadových vajec. Menší krevní a masové skvrny nezneškodňují jednotlivé části vejce a dají se odstranit. V tomto případě se nejedná o kvalitativní vadu, ale o vadu estetickou (Ledvinka a Klesalová, 2003).

Vejce s krevní stopou na bílku vznikají tak, že se krev z prasklé cévky vejcovodu obalí bílkem (Šatava a kol., 1984). Masové skvrny mají hnědou barvu a vznikají pravděpodobně z krevních skvrn, ve kterých se hemoglobin oxidací přeměnil na hematin. Světlé masové skvrny vznikají ve vejcovodu uvolněním řasy sliznice a vyskytují se v bílku (Holoubek a Hubený, 2002). Vejce s cizími tělísky vznikají v důsledku vniknutí cizích tělísek (kamínku, zrnka písku apod.) do vejcovodu (kloakou) v průběhu tvorby vejce (především při kopulaci). Nejčastěji se tyto cizí předměty vyskytují v bílku. Někdy kamínek nahrazuje žloutek (Šatava a kol., 1984).

Renema et al. (2001) konstatují vyšší frekvenci výskytu dvojžloutkových vajec u nosnic těžkého typu než u nosnic lehkého typu. Frekvence výskytu dvoužloutkových vajec a vajec s tenkou skořápkou s věkem klesá, oproti tomu výskyt deformovaných vajec a nedostatek vápníku se zvyšuje na vrcholu snášky a poté postupně klesá (Van Middelkoop and Siegel, 1976). Máchal et al. (2004) zkoumali procentuální výskyt vad vajec pocházejících

od 5 nosných linií plemen RIR (Rhode Island Red) a BPR (Barred Plymouth Rock) do 240 dní věku. Výskyt poškozených vajec se pohyboval v rozmezí 7 až 9,7 % v závislosti na linii daného plemene. Výskyt vajec s poškozenou skořápkou byl mezi 2,5 až 4,4 %, výskyt dvojjloutkových vajec mezi 2,2 až 3,0 % a výskyt vajec s tenkou skořápkou mezi 2,0 až 2,7 %. Abrahamsson and Tauson (1993) uvádějí rozdílnou frekvenci výskytu vajec s poškozenou skořápkou u dvou linií plemene leghornky bílé. Patterson et al. (2001) nezaznamenali výrazný rozdíl ve frekvenci výskytu vajec s poškozenou skořápkou mezi bělovaječnými (5,7 %) a hnědovaječnými (5,4 %) hybridy. Grunder et al. (1991) se domnívají, že vysoká produkce vajec za snášku souvisí se sníženou kvalitou skořápky. Frekvence výskytu vajec s poškozenou skořápkou může být ovlivněna kromě genotypu také technologií ustájení, teplotou, délkou světelného režimu (Máchal et al., 2004).

Wolc et al. (2012) zhodnotili dědivost defektů vajec následovně: nízká dědivost u krevních skvrn, křapů, tvarových deformací vajec, malých vajec, u vajec s poškozenou skořápkou, střední dědivost - nedostatek Ca ve vejci, dvojjloutkových vajec. Nejvyšší dědivost z defektů vajec byla u dvojjloutkových defektů (0,27). Dvojjloutková vejce se častěji vyskytují u slepic, které produkují vejce s poškozenou skořápkou. Vysoce produkční slepice mají nižší genetickou náchylnost ke snášce defektních vajec. Šatava a kol. (1984) udávají vysokou proměnlivost dědivosti výskytu masných a krevních skvrn, která činí 0,18 - 0,68.

### **3.3 Mikrobiální kontaminace a změny vajec**

Existují dva způsoby mikrobiální kontaminace vajec. Méně častá je kontaminace endogenní, naopak převážná část kontaminací vaječného obsahu mikroorganismy je způsobena cestou exogenní. Tedy penetrací mikrobů z vnějšího prostředí přes přirozené mechanismy ochrany vajec. Vaječný obsah je chráněn před exogenní kontaminací mikroorganismy několikerou bariérami. Za první bariéru je považována vrstva kutikuly na povrchu vejce, dalším ochranným mechanismem je samotná skořápka s vnější a vnitřní podskořápečnou blánou (Tůmová et al., 2008).

Mikrobiologickou kvalitu vajec mohou zlepšit také některé biologicky účinné látky. Kačániová a kol. (2008) uvedli nejnižší počty mikroorganismů na povrchu skořápky a ve vaječném obsahu u nosnic, kterým byl do krmné směsi přidáván selen. Vliv na počet mikroorganismů měla také kyselina linolová a vitamin E. Nejvyšší počet mikroorganismů byl zjištěn u skupiny nosnic bez přídatku biologicky účinných látek.

Dokonce i některé proteiny bílku mají baktericidní nebo inhibiční funkci vůči bakteriím. K průniku mikroorganismů do vejce dochází nejprve po kontaminaci povrchu skořápky. Různé faktory ovlivňují pravděpodobnost penetrace bakterií skořápkou (Tůmová et al., 2008).

Vejce od zdravých nosnic bývají ihned po snesení sterilní, ale poté je skořápka velice rychle infikována mikroorganismy z vnějšího prostředí (bakteriemi přítomnými ve výkalech, prachu nebo na zařízení hal), které se za vhodných podmínek velice rychle pomnoží (Dostálová, 1993). De Reu et al. (2008) zaznamenali kontaminaci vaječného obsahu mikroorganismy u 2,7 % vajec ihned po snesení a u 3,4 % vajec po 21 dnech skladování při pokojové teplotě. Také Wang and Slavik (1998) uvádějí, že s časem roste i podíl vajec penetrovaných bakteriemi. Dále ale dodávají, že různé teploty skladování nezpůsobují průkazné rozdíly v bakteriální penetraci během 21 - denního intervalu.

K zabránění rozvoje mikroorganismů, především salmonel, je nutné dodržovat vhodné chlazení vajec od jejich výroby až po spotřebu. Větší pozornost při distribuci by se měla věnovat křapům, protože obsahují daleko větší počet zárodků mikroorganismů (Dostálová, 1993).

Míra znečištění skořápek vajec je závislá na zvoleném systému ustájení a souvisí s teplotou a vlhkostí (Englmaierová, 2012). Stupeň mikrobiálního znečištění vaječné skořápky se odvíjí od množství vlhkosti produkované zvířaty a od teploty, které jsou vejce vystavena. Vlhkost produkovaná zvířaty může přímo zvyšovat mikrobiální kontaminaci vaječné skořápky a s tím roste i nebezpečí mikrobiální kontaminace vnitřního obsahu zdánlivě čistých vajec (Smith et al., 2000). Mikrobiální znečištění vaječné skořápky hlavně závisí na systému ustájení, který je používán při chovu nosnic a jež předurčuje prostředí, do jakého je vejce sneseno. Záleží na úrovni znečištění prostředí, a to jak povrchu vybavení hal, tak i peří a běháků samotných nosnic, ale také na koncentraci mikroorganismů nebo prachu ve vzduchu (Englmaierová, 2012). Slepice chované ve voliérách a na podestýlce jsou ve styku s kontaminovaným i potenciálně kontaminujícím materiálem, a to se odráží i na úrovni znečištění skořápky vajec mikroorganismy (De Reu et al., 2005).

Systém ustájení měl vliv na kontaminaci povrchu vajec mikroorganismy a tím ovlivnil jejich penetraci do vejce. Na povrchu vajec z alternativních systémů ustájení bylo zjištěno 100krát více mikroorganismů než na vejcích nosnic chovaných v klecích. Mikroflóra skořápek vajec z podestýlky dominoval *Enterococcus*, zatímco nejvíce *Escherichia coli* bylo na vejcích z voliéry. V průběhu skladování se počet mikroorganismů na skořápkách snižoval. Vejce je před průnikem mikroorganismů chráněno svými přirozenými bariérami, ale vyšší mikrobiální kontaminace povrchu vajec z alternativních systémů ustájení nebo nevhodné

zacházení v průběhu skladování může zvýšit riziko kontaminace vajec (Englmaierová, 2012). V klecových systémech je produkováno malé procento znečištěných vajec s malou bakteriální kontaminací skořápky (Košar et al., 2004). Tůmová et al. (2008) nezjistili průkazný vliv systému ustájení, skladování ani obsahu vápníku v krmivu (tedy nepřímo kvality skořápky) na penetraci mikroorganismů. To je v souladu s výsledky, které uvádějí De Reu et al. (2004), kteří také nezaznamenali průkazný vliv ukazatelů kvality skořápky na průnik mikrobů do vaječného obsahu.

Mikrobiálně kontaminovaná vejce mají někdy typickou formu, zpravidla se však vyskytují jako kombinované infekce. Vejce bakteriálně zkažená a vejce s plísňovými koloniemi se klasifikují jako nepoživatelná (Musil, 1956). Nejznámější typické formy mikrobiálních kontaminací vajec jsou např. černá hniloba, zelená hniloba, červená hniloba, bílá hniloba, smíšená hniloba, zakalené bílky, senná vejce, plesnivá vejce.

### **3.4 Faktory ovlivňující kvalitu vajec**

Kvalita vajec je ovlivňována mnoha faktory. Tyto faktory se mohou dělit na vnitřní a vnější. Mezi vnitřní faktory se řadí např. genotyp, věk nosnice, hmotnost nosnice, intenzita snášky, ovipozice. K vnějším faktorům řadíme např. systém ustájení, výživu, teplotu. V důsledku genetických selekcí existují výrazné rozdíly mezi jednotlivými plemeny a liniemi slepic v kvalitě skořápky, hmotnosti vajec a produkci (Curtis et al., 1985), zároveň jsou zřejmé rozdíly mezi moderními komerčními hybridy a tradičními plemeny nosnic (Hocking et al., 2003). Selektce na jeden parametr kvality vajec může ovlivnit i jejich další parametry (Poggenpoel et al., 1996).

#### **3.4.1 Genotyp**

Genotyp ovlivňuje především hmotnost vajec a kvalitu skořápky. Často působí v interakci s dalšími faktory, např. se systémem ustájení. Sledováním bělovaječných a hnědovaječných plemen a hybridních kombinací se zabývali četní autoři (Crawford, 1990; Wei et al., 1992), kteří zároveň poukazují na možnost křížení hnědovaječných plemen s leghornkou bílou pro dosažení vyšší produkce vajec. Vračar et al. (1992) uvádějí, že původ na rozdíl od věku nosnic ovlivňuje jen málo zastoupení jednotlivých částí vejce.

Vliv genotypu na hmotnost vajec se nejvýrazněji projevuje hlavně při porovnávání nosnic snášejících vejce s bílou a hnědou skořápkou, což souvisí s jejich původem (Ledvinka a Klesalová, 2002). Existuje několik studií, které prokázaly u hnědovaječných nosnic vyšší hmotnost vajec než u nosnic bělovaječných (Arent et al., 1997; Ledvinka et al., 2000; Leyendecker et al., 2001a; Vits et al., 2005). Alsobayel and Albadry (2011) udávají vyšší hmotnost vajec u bělovaječných nosnic než u hnědovaječných. Heil and Hartmann (1997) porovnávali užitkovost nosnic snáškových hybridů produkujících vejce s bílou i hnědou skořápkou a uvádějí rozdíly v průměrné hmotnosti vajec ve prospěch hnědovaječných genotypů. El-Sheikh et al. (2014) srovnávali hmotnost vajec u hnědovaječných a bělovaječných hybridů Hy-line hnědý a Hy-line bílý, kde zjistili vyšší hmotnost vajec u hnědovaječných nosnic. Jako důvod vyšší hmotnosti vajec u hnědovaječných nosnic než u bělovaječných udávají vyšší hmotnost nosnic, která je v úzké korelaci se samotnou hmotností vajec. Rovněž Skřivan (1990) uvádí vyšší hmotnost vajec u hnědovaječného hybridu Moravia SSL (58,2 g) než u bělovaječných nosnic Shaver Starcross 288 (57,93 g), což je v souladu s výsledky autorů Jones et al. (2010), kteří porovnávali hmotnost hnědých (61,21 g) a bílých vajec (60,53 g). Rovněž Halaj a Grofík (1994) porovnávali užitkovost u slepic Shaver Starcross 288 a Moravia SSL ve věku 24 až 42 týdnů, zjistili ale vyšší hmotnost vajec u slepic Shaver Starcross 288 (63,68 g) než u nosnic Moravia SSL (62,72 g). El-Sheikh et al. (2014) uvádějí, že vyšší hmotnost vajec u hnědých vajec nesouvisí přímo s barvou skořáčky, ale s genetickým původem nosnic. Z výsledků uvedených autorů je možné konstatovat, že hmotnost vajec u nosnic s hnědou a bílou skořápkou se vlivem šlechtění přibližuje a vyrovnává. Nejvyšší průměrnou hmotnost vajec v roce 1998 měl Dominant hnědý (64,20 g) před nosnicemi Moravia BSL (62,97 g), Hisex Brown (62,16 g) a bělovaječnými nosnicemi Lohmann bílý (61,70 g).

Zita et al. (2009) uvádějí prokazatelně vyšší hmotnost vajec na začátku experimentu u nosnic Hisex Brown (55 g) a ISA Brown (54 g) než u nosnic Moravia BSL (51 g), ale na konci experimentu byla prokazatelně vyšší hmotnost vajec u Moravia BSL (65 g). Simeonová et al. (1995) zjistili výrazně vyšší hmotnost vajec u nosnic leghornky bílé (57,18 g) ve srovnání s vejci rodajlendky bílé (51,33 g). Vyšší průměrnou hmotnost vajec leghornky bílé uvádějí i při porovnání s rodajlendkou červenou ve své dřívější práci (Simeonová a Kalová, 1993).

Ledvinka et al. (2011) hodnotili vliv genotypu na hmotnost vajec a index tvaru vajec, který byl potvrzen se statistickou průkazností ( $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,001$ ). Vliv genotypu na hmotnost vajec zhodnotili jako statisticky průkazný i další autoři (Heil and Hartman, 1997; Tůmová et



al., 2007). Současně tito autoři tvrdí, že hmotnosti vajec nosnic stejného genotypu, chovaných při stejných podmínkách, jsou ovlivňovány celou řadou faktorů.

Hamilton et al. (1979) zdůrazňují vliv genotypu na index tvaru vejce, což je v souladu s tvrzením Tůmové et al. (2007). Dle autorů El-Sheikh et al. (2014) je index tvaru bílých vajec (74,55 %) nižší než u vajec hnědých (76,14 %). S tímto výrokem se shodují autoři Alsobayel and Albadry (2011), kteří u bílých vajec zjistili hodnoty indexu tvaru vejce bližší optimálním hodnotám (74 %) než u vajec hnědých, která se blížila kulatému tvaru. Oproti tomu Halaj a Grofík (1994) uvádějí, že index tvaru vejce je u bělovaječných nosnic Starcross 288 vyšší než u hnědovaječných nosnic Moravia SSL. Alsobayel and Albadry (2011) konstatují, že kulatější vejce mají vyšší náchylnost k porušení skořápky během přemísťování do obchodních řetězců. Důležitou roli v ovlivnění kvality vajec mají interakce genotypu s ostatními faktory. Leyendecker et al. (2001b), Wall and Tauson (2002), Campo et al. (2007), Singh et al. (2009) a Tůmová et al. (2009) udávají interakci mezi genotypem a systémem ustájení pro hmotnost vajec, kvalitu bílku a žloutku.

Halaj (1979) při sledování vlastností vaječných komponent uvádí, že hmotnost bílku je v kladném vztahu s výškou bílku u vajec s hnědou skořápkou v první polovině snáškové křivky, zároveň dodává, že vejce s hnědou skořápkou mají kvalitnější bílek. Podíl bílku byl průkazně vyšší u linií Slovgal než u čistých plemen. Index bílku byl průkazně nejvyšší u hempšírky a u všech genotypů měl sestupnou tendenci s postupující snáškou (Halaj et al., 1998). Tůmová et al. (2007) uvádějí, že z kvalitativních vlastností bílku jsou genotypem ovlivněny pouze Haughovy jednotky. El-Sheikh et al. (2014) zaznamenali výrazný rozdíl pro Haughovy jednotky u vajec bělovaječných (53) a hnědovaječných nosnic (48). Rayan et al. (2013) zjistili, že Haughovy jednotky jsou u bílých vajec podstatně vyšší. Leyendecker et al. (2001b) uvedli prokazatelně vyšší hodnoty Haughových jednotek u bělovaječných nosnic než u hnědovaječných. Rovněž Jones et al. (2010) konstatují prokazatelný vliv genotypu na Haughovy jednotky u hnědých a bílých vajec. Bílá vejce měla vyšší hodnoty Haughových jednotek (84,42) než vejce hnědá (79,08). El-Sheikh et al. (2014) uvádějí, že lepší kvalita bílku u bílých vajec nesouvisí přímo s barvou skořápky, ale s genetickým původem nosnic.

Rayan et al. (2013) zjistili vyšší hmotnost žloutku u bílých vajec. Hmotnost žloutku je v pozitivním vztahu s jeho výškou v celém průběhu snášky, a tento vztah je těsnější u vajec s hnědou skořápkou (Halaj et al., 1998). El-Sheikh et al. (2014) zjistili vyšší hmotnost žloutku u bělovaječných nosnic Hy-line W 36 než u hnědovaječných nosnic Hy-line hnědý. Tůmová et al. (1993) zaznamenali výrazně nižší hmotnost u hnědovaječné nosnice Hisex Brown

než u bělovaječné nosnice D 29. Také Leyendecker et al. (2001b) zjistili výrazně vyšší hmotnost žloutku u bělovaječných nosnic Lohmann LSL v porovnání s hnědovaječnými nosnicemi Lohmann tradition.

Zita et al. (2009) uvádějí, že s hmotností vajec úzce souvisí také hmotnost jejich jednotlivých komponent. Halaj et al. (1998) porovnávali kvalitu vajec plemen rodajlendka červená, hempšírka a sasexka světlá a dále tří linií hybrida Slovgal, kde zjistili vyšší podíl žloutku u linií Slovgal oproti čistokrevným plemenům. El-Sheikh et al. (2014) zjistili vyšší procentuální podíl žloutku u bělovaječných nosnic Hy-line W 36 než u hnědovaječných nosnic Hy-line hnědý. Tůmová et al. (1993) zaznamenali výrazně nižší procentuální podíl žloutku u hnědovaječné nosnice Hisex Brown než u bělovaječné nosnice D 29. Arent et al. (1997) udávají, že s rostoucí hmotností vejce, roste také procentuální podíl žloutku ve vejci. Halaj et al. (1998) uvádějí, že se podíl žloutku u plemen rodajlendka červená, hempšírka a sasexka světlá a dále tří linií hybrida Slovgal s výjimkou rodajlendky červené postupně mírně zvyšoval s postupující délkou snášky (Halaj et al., 1998). Genotyp prokazatelně ovlivňuje index tvaru žloutku (Tůmová et al., 2007). Halaj et al. (1998) zjistili, že se index žloutku snižoval u všech genotypů s postupující délkou snášky. Podobné tendence zjistil u indexu žloutku i Halaj (1979). Tmavší barva žloutku byla zjištěna u hnědovaječných nosnic Hy-line hnědý (El-Sheikh et al., 2014).

Kvalitě skořápky je věnována významná pozornost zejména z ekonomického hlediska, protože poškozené skořápky vajec znamenají pro jejich producenty vysoké ztráty. Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících nejen hmotnost vajec, ale také kvalitu skořápky je genotyp (Zita et al., 2009). Praskání a poškození vaječné skořápky se podle odhadu týká 6 až 8 % z celkem vyrobených vajec a je problémem hlavně u starších hejn nosnic (Schneiderová, 2006). Ledvinka et al. (2000) uvádějí, že nestandardní vejce obvykle tvoří 3 až 12 % z celkové produkce vajec. Výrazné rozdíly v kvalitě skořápky plynou z použitého plemene a linie nosnic (Buss and Guyer, 1982). Campo et al. (2007) zjistili významný vliv genotypu španělských plemen na výskyt vajec s poškozenou skořápkou.

Hmotnost skořápky je přímo úměrná velikosti vejce a tloušťce skořápky, podle zvoleného genotypu (Harms et al., 1990). El-Sheikh et al. (2014) zaznamenali vyšší hmotnost skořápky u hnědovaječných nosnic než u bělovaječných. Hmotnost vajec přímo ovlivňuje jejich velikost a tloušťku skořápky. Ledvinka et al. (2000) ve své práci uvádějí vyšší hmotnost skořápky u hnědovaječných nosnic Dominant D 102 než u bělovaječných nosnic leghorn. Rovněž Jones et al. (2010) udávají u hnědých vajec (5,98 g) vyšší hmotnost skořápky než u vajec bílých (5,31 g).

Ledvinka et al. (2011) hodnotili vliv genotypu na procentuální podíl skořápky ve vejci, který byl potvrzen se statistickou průkazností ( $P \leq 0,001$ ). El-Sheikh et al. (2014) zjistili vyšší procentuální podíl skořápky u hnědovaječných nosnic Hy-line hnědý než u bělovaječných Hy-line W 36. Basmacioglu and Ergul (2005) popsali neprůkazný vliv genotypu na procentuální podíl skořápky ve vejci. Rayan et al. (2013) konstatují vyšší procentuální podíl skořápky u hnědovaječných nosnic než u bělovaječných. Skřivan (1990) zjistil u hnědovaječných nosnic Moravia SSL signifikantně nižší podíl skořápky a tenčí skořápku než u bělovaječného hybridu Shaver Starcross 288. Tůmová et al. (1993) udávají, že procentuální zastoupení skořápky u hnědovaječného Hisexe je (11,23 až 11,27 %) ve srovnání s bělovaječným hybridem D 29 (11,88 až 11,93 %) průkazně nižší.

Ledvinka et al. (2011) hodnotili vliv genotypu na pevnost skořápky, který byl potvrzen se statistickou průkazností ( $P \leq 0,001$ ). Vyšší pevnost skořápky vykazují vejce hnědá oproti vejcím bílým (Jones et al., 2010). Pevnost skořápky byla průkazně vyšší u nosnic Hisex Brown oproti bělovaječnému hybridu D 29 (Tůmová et al., 1993).

Ledvinka et al. (2011) hodnotili vliv genotypu na tloušťku skořápky, který byl potvrzen se statistickou průkazností ( $P \leq 0,001$ ). Harms et al. (1990) uvádějí rozsah korelace mezi hmotností vejce a tloušťkou skořápky 0,92 až 0,97. Hunton (1982) provedl testy na tloušťku vaječné skořápky, které ukázaly, že skořápky hnědých vajec jsou tenčí než vajec bílých. Tloušťka skořápky byla průkazně vyšší u hnědovaječných nosnic Hisex Brown oproti bělovaječným nosnicím D 29 (Tůmová et al., 1993). Oproti tomu Basmacioglu and Ergul (2005) nezaznamenali prokazatelný vliv genotypu na tloušťku skořápky. El-Sheikh et al. (2014) zjistili vyšší tloušťku skořápky u nosnic Hy-line hnědý než u Hy-line W 36, zároveň uvádějí, že tenčí skořápka u bílých vajec nesouvisí přímo s barvou skořápky, ale s genetickým původem nosnic. Tloušťku skořápky udávají Jones et al. (2010) silnější u hnědých vajec (0,38 mm) oproti bílým vejcím (0,36 mm). Ledvinka et al. (2000) uvádějí u hnědovaječných nosnic silnější skořápku než u bělovaječných. Zatímco Halaj a Grofík (1994) uvádějí nižší tloušťku skořápky u hnědovaječných nosnic v porovnání s bělovaječnými nosnicemi. Stejných výsledků dosáhli i Leyendecker et al. (2001b) a Ledvinka et al. (2000). Skřivan (1990) zjistil u hnědovaječných nosnic Moravia SSL signifikantně tenčí skořápku než u bělovaječného hybridu Shaver Starcross 288. Postupující šlechtitelskou prací v chovech drůbeže se však tyto rozdíly postupně stírají, jak např. uvádí ve svých výsledcích Ledvinka (2003), který zjistil u hnědovaječné linie nosnice Dominant D 102 parametry kvality skořápky srovnatelné s kvalitou skořápky s bělovaječnou linií leghornky bílé. Interakce genotypu a systému ustájení při vlivu na parametry vaječné skořápky popsali (Leyendecker et al., 2001b; Wall and

Tauson, 2002; Vits et al., 2005; Campo et al., 2007; Singh et al., 2009; Tůmová et al., 2009). Odabasi et al. (2007) uvedli, že barva skořápky se přibývajícím věkem postupně snižuje. Toto tvrzení je v souladu s výsledky Tůmové and Ledvinky (2009).

S genotypem úzce souvisí výskyt krevních a masových skvrn, který je ovlivněn zejména plemennou, liniovou nebo hybridní příslušností nosnic. Výskyt krevních a masových skvrn vykazuje vysokou dědivost. Největší rozdíly ve výskytu krevních a masových skvrn se potom nejčastěji objevují mezi nosnicemi snášejícími vejce s bílou skořápkou, kde se výskyt těchto skvrn pohybuje v rozmezí 1 až 3 % a u hnědovaječných nosnic je v některých případech výskyt 20 % i více. Tyto rozdíly jsou patrné, jak u čistokrevných plemen, tak především u vysoce užitkových snáškových hybridů (Ledvinka a Klesalová, 2003). Skřivan (1990) zjistil u nosnic Hisex White výskyt 2,11 % krevních a masových skvrn ve vejcích a u Hisex Brown 18,21 %.

Genotyp může mít vliv také na složení vajec. Jones et al. (2010) zjistili u bílých vajec vyšší obsah celkové sušiny, hrubého tuku a popela oproti hnědým vejcím.

### **3.4.2 Užitkový typ**

Terčič and Holcman (2010) se věnovali porovnání kvality vajec u nosného a masného typu slepic. Zjistili, že vejce masného typu slepic mají vyšší hmotnost bílku, žloutku a skořápky oproti vejcím nosného typu slepic, což je v souladu s výsledky Harmse and Husseina (1993). Vejce od masných typů slepic obsahovala 60,10 % bílku a 28,66 % žloutku, zatímco vejce nosných typů slepic 62,07 % bílku a 26,41 % žloutku. Vejce masného typu slepic obsahují více cholesterolu než vejce slepic nosného typu (Tavčar, 2009). Výsledky několika studií ukazují, že množství cholesterolu ve vejci roste u vajec s většími žloutky a vyšším poměrem žloutku k bílku (Hussein et al., 1993; Campo, 1995). Vzhledem k této skutečnosti si spotřebitelé vybírají vejce s nižším podílem žloutku, ve kterém jsou cholesterol a jeho estery přítomny (Liu et al., 2010). Složení vejce závisí především na plemeni slepice, jejím věku a výživě (Terčič and Holcman, 2010).

### 3.4.3 Věk nosnice

Věk nosnic je dalším faktorem ovlivňujícím hmotnost vajec. Johnston and Gous (2007) a Ojedapo (2013) signifikantně prokázali nárůst hmotnosti vajec s věkem nosnic. Tyto výsledky jsou v souladu s výsledky autorů Silversides and Scott (2001), Oloyo (2003), Zita et al. (2009). Naproti tomu Zemková et al. (2007) udávají, že hmotnost vajec nebyla ovlivněna věkem.

Hmotnost vajec v prvních třech měsících snášky se průkazně zvyšuje. Obecně platí, že na začátku snášky produkují nosnice vejce, která mají nižší hmotnost a menší velikost než vejce slepic v plném produkčním období, a že s věkem se hmotnost vajec zvyšuje na rozdíl od snášky (Ledvinka a Klesalová, 2002). Zita et al. (2009) zjistili, že u všech sledovaných genotypů se hmotnost vajec zvyšovala s věkem, což je v souladu s výsledky Krawczyka (2009) a Ledvinky et al. (2011). Mitrovic et al. (2010) uvádějí, že nosnice ve 20. týdnu věku snášely vejce o průměrné hmotnosti 46,15 g a ve 28. týdnu snášky 59,89 g. Baumgartner et al. (2007) dokládají, že na hmotnost vajec u nosnic plemene leghorn, má významný vliv věk nosnice. S hmotností vejce úzce souvisí také jeho velikost a tvar. Tvar vajec je ovlivňován jednak rozdíly mezi druhy, plemeny, liniemi, ale mění se také v průběhu snáškového období. Vejce snesená na začátku snáškového období nemají ještě tvar typický pro nosnici. S věkem nosnice se délka vajec prodlužuje a narůstá i počet tvarově změněných a nadměrně velikých vajec (Ledvinka a Klesalová, 2002).

Zvýšení hmotnosti bílku s věkem uvádějí Suk and Park (2001). Marguerat et al. (1986) a také Fletcher et al. (1983) zjistili zvýšení obsahu bílku ve větších vejcích snášených staršími nosnicemi. Pokles podílu bílku s věkem nosnic zveřejnili Ledvinka et al. (2011). Snížení procentuálního podílu bílku ve vejci udávají Rizzi and Chiericato (2005). Index bílku a Haughovy jednotky vykazují vlivem postupujícího věku nosnic zápornou korelaci s hmotností bílku (Halaj, 1979). Pokles Haughových jednotek s věkem nosnic udávají Ledvinka et al. (2011).

Van den Brand et al. (2004) zjistili, že s věkem nosnic se zvýšily hmotnosti žloutků. Podíl žloutku s věkem nosnice průkazně rostl (Krawczyk, 2009; Zita et al., 2009; Mitrovic et al., 2010). Zvýšení podílu žloutku s věkem udávají i Rizzi and Chiericato (2005). Marguerat et al. (1986) a také Fletcher et al. (1983) udávají zvýšení podílu žloutku ve větších vejcích snášených staršími nosnicemi.

Věk nosnic má vliv také na kvalitu skořápky, která se zhoršila s přibývajícím věkem slepic (Campo et al., 2007). Suk and Park (2001) uvedli, že hmotnost skořápky rostla s věkem.

S věkem nosnic dochází k postupnému snižování procentuálního podílu skořápky z hmotnosti vajec (Holoubek a Hubený, 2002). Zita et al. (2009) zjistili nižší procentuální podíl skořápky ve vejci s věkem. Doyon et al. (1985) uvádějí klesající tloušťku skořápky s narůstajícím počtem snášek. S tímto tvrzením se shoduje také Hamilton (1982), Tůmová and Ledvinka (2009). Zatímco Ledvinka et al. (2011) zjistili zvyšující se tloušťku skořápky s věkem nosnic. Tyto výsledky jsou shodné s výsledky autorů Yannakopoulos and Tserveni – Gousi (1987), Zita et al. (2009). Van den Brand et al. (2004) nezjistili významný vliv věku nosnic na tloušťku skořápky. S věkem nosnic dochází k postupnému snižování tloušťky skořápky z hmotnosti vajec (Holoubek a Hubený, 2002). Tůmová and Ledvinka (2009) udávají snížení intenzity barvy skořápky s věkem nosnice, což je v souladu s výsledky Zity et al. (2009). Odabasi et al. (2007) uvedli, že se barva skořápky s věkem postupně snižuje. Toto tvrzení je v souladu s výsledky Tůmové and Ledvinky (2009).

S postupující snáškou výskyt vajec s porušenou skořápkou stoupá a to zejména po 6. měsíci snášky (více než o 1 %). V první polovině snášky je výskyt vajec s porušenou skořápkou 0,45 – 0,95 %, později 1,1 – 1,7 % z denní snášky. Za další porušení skořápky se považuje vejce s naklovanou skořápkou. Výskyt vajec s naklovanou skořápkou je dle analýzy na začátku snášky 0,47 %, v době vrcholné snášky 0,65 % a na konci snášky 3,68 %. Porušení skořápky při transportu, třídění atd. se objevilo po 6. měsíci snášky a jeho výskyt se zvyšoval z 0,82 % na 1,19 %. Dalším typem porušení jsou vejce s porušenou skořápkou a podskořápečnými blanami. S přibývajícím snáškou se zvyšuje z 0,68 % na 4,54 % při skončení snášky. Podíl vajec s porušenou skořápkou na konci cyklu je asi 15 % (Holoubek a Hubený, 2002). Campo et al. (2007) uvádějí zvyšující se výskyt popraskaných vajec s narůstajícím věkem nosnic.

Pro produkci vajec s kvalitní skořápkou je významné i období snášky, ve kterém je vejce produkováno. Na začátku snášky nosnice snáší malá vejce (Tuláček, 2002). Oproti tomu Skřivan et al. (2000) udávají, že s postupující dobou snášky se zvyšuje hmotnost vajec, ale zároveň stoupá počet křapů. Na počátku snášky je tloušťka a pevnost často na spodní hranici kvality, nejkvalitnější vejce jsou uprostřed snáškového cyklu a k zeslabení skořápky dochází většinou ke konci snáškového období (Jelínek, 1996). Vliv období snášky na kvalitu skořápky sledoval Brooks (1971), který udává 2,7 % křapů na jejím počátku a až 13,5 % porušených vajec v patnáctém měsíci snášky.

#### 3.4.4 Hmotnost nosnice

Jedním z faktorů ovlivňujících hmotnost vajec je samotná hmotnost nosnice (Ledvinka a Klesalová, 2002; El-Sheikh et al., 2014). Tělesná hmotnost kuřic, při dosažení pohlavní dospělosti, je hlavním faktorem určujícím průměrnou hmotnost vajec (Robinson and Sheridan, 1982; Summers and Leeson, 1983; Anon., 2009). Fenotypová korelace mezi hmotností vejce a hmotností nosnice se pohybuje v rozmezí 0,4 až 0,7 a genotypová 0,2 až 0,3 (Ledvinka a Klesalová, 2002).

El-Sheikh et al. (2014) porovnávali hmotnost vajec u hnědovaječných a bělovaječných hybridů, kde zjistili vyšší hmotnost hnědých vajec. Jako důvod vyšší hmotnosti vajec u hnědovaječných nosnic než u bělovaječných udávají vyšší hmotnost nosnic, která je v úzké korelaci se samotnou hmotností vajec.

Oddálením věku dosažení pohlavní dospělosti kuřic, lze ovlivnit hmotnost snášených vajec. Slepice ISA Brown, které při dosažení pohlavní dospělosti vážily 1500-1700 g, snášely ve věku 18-28 týdnů vejce o průměrné hmotnosti 49,75 g, zatímco slepice, které při dosažení pohlavní dospělosti vážily více než 1900 g, snášely vejce o průměrné hmotnosti 57,60 g (Anon., 2009). Rovněž Lacin et al. (2008) zjistili průkazný vliv hmotnosti nosnic na kvalitu vajec u hybrida Lohmann bílý. Nosnice ve věku 24 týdnů rozdělili podle hmotnosti do tří skupin: lehké nosnice (L) - 1542 g, středně těžké nosnice (M) - 1608 g, těžké nosnice (H) - 1749 g. Průměrné hodnoty hmotnosti vajec byly u lehkých nosnic 64,58 g, u středně těžkých nosnic 64,97 g a u těžkých nosnic 66,30 g. Z těchto výsledků vyplývá, že hmotnost nosnice má průkazný vliv na hmotnost vajec, což je v souladu se zjištěním autorů Summers and Leeson (1983). Zvýšením tělesné hmotnosti nosnice o 100 g se zvýší hmotnost vajec o 1,2 g (Leeson and Summers, 1987). Změna hmotnosti kuřic ISA Brown při dosažení pohlavní dospělosti o 80 g vede ke změně průměrné hmotnosti vajec o 1 g (Anon., 2009). Dle Lacina et al. (2008) byl index tvaru vejce průkazně ovlivněn hmotností nosnice.

Index bílku byl průkazně ovlivněn hmotností nosnice, kde u lehkých nosnic byly zjištěny hodnoty 9,04 %, u středně těžkých nosnic 8,62 % a u těžkých nosnic 8,34 % Lacina et al. (2008). V kontrastu s těmito výsledky jsou autoři Leeson et al. (1997), kteří uvádějí vliv hmotnosti nosnice na index tvaru bílku jako neprůkazný. Hmotnost nosnice má prokazatelný vliv na Haughovy jednotky. U skupiny lehkých, středně těžkých a těžkých nosnic byly zjištěny hodnoty Haughových jednotek následovně 83,15; 81,63; 80,57 (Lacin et al., 2008). Altan et al. (1998) uvádějí vliv hmotnosti nosnice na Haughovy jednotky jako neprůkazný.

Barva žloutku byla průkazně ovlivněna hmotností nosnic. U skupiny lehkých nosnic byly zjištěny hodnoty barvy žloutku 9,64, u středně těžkých nosnic dosahovaly hodnoty 9,85 a u těžkých nosnic 9,88. Vliv hmotnosti nosnice na index tvaru žloutku, tloušťku a pevnost skořápky nebyl průkazný (Lacin et al., 2008).

Grunder et al. (1991) uvádí souvislost mezi tělesnou hmotností nosnice v 365 dnech věku a hmotností vaječné skořápky.

### 3.4.5 Ovipozice

Jedná se o dobu snesení vejce. Slepice snáší vejce ve dne a většinou do 13. hodiny. Odpolední snáška je podstatně nižší (Tůmová a Charvátová, 2009). Podle Halaje (1974) je 85 % vajec denní snášky sneseno v dopoledních hodinách, kdy je vrchol snášky mezi 10. - 13. hodinou. Mnoho studií dokládá, že vejce snesená ráno jsou těžší než vejce snesená později během dne (Pavlovski et al., 2000; Aksoy et al., 2001; Tůmová et al., 2009; Tůmová and Ledvinka, 2009). Nejtěžší vejce byla snesena v 6 hodin ráno (61,15 g). Hmotnost vejce s dobou snesení poklesla na 59,45 g v 10 hodin a ve 14 hodin se zvýšila na 59,73 g (Tůmová a Charvátová, 2009). Tůmová and Ledvinka (2009) uvádějí malý rozdíl v hmotnosti vajec snesených během dne. V další práci Tůmové et al. (2008) byly získány opačné výsledky, nejtěžší vejce byla snesena dopoledne a poté se hmotnost opět snižovala. První vejce v cyklu je většinou sneseno brzy ráno a bývá nejtěžší. U každého dalšího vejce téhož cyklu je doba ovipozice posunuta a tato vejce jsou lehčí.

Yannakopoulos et al. (1994) zjistili, že doba ovipozice měla kladný vliv na hmotnost bílku. Oproti tomu Tůmová and Ebeid (2005) a Tůmová et al. (2007) neprokázali významný vliv ovipozice na hmotnost bílku. U procentuálního podílu bílku z celého vejce byl zaznamenán rovněž vliv doby snesení (Tůmová a Charvátová, 2009). Odpolední vejce mají více bílku než vejce ranní (Yannakopoulos et al., 1994). Vyšší podíl bílku byl zaznamenán u vajec snesených v 10 hodin, která současně měla nejnížší hmotnost (Tůmová a Charvátová, 2009). Index bílku byl nejvyšší u vajec snesených ráno (8,29 %) a s postupující dobou snesení se snižoval (Tůmová a Charvátová, 2009). Také Haughovy jednotky s dobou snesení vejce klesaly (Tůmová a Charvátová, 2009). Tůmová and Ebeid (2005) zaznamenali mezi vejci snesenými ráno a odpoledne změny výšky bílku, indexu bílku a Haughových jednotek. Jejich výsledky i výsledky Tůmové et al. (2008) ukazují na relativně vyšší kvalitu bílku vajec sesbíraných odpoledne. Naopak Pavlovski et al. (2000) došli k závěru, že vejce snesená odpoledne mají nižší hodnotu Haughových jednotek.



Yannakopoulos et al. (1994) a Tůmová and Ebeid (2005) uvádějí, že hmotnost žloutku s časem sběru klesá. Halaj (1974) a Tůmová et al. (2007) zjistili, že vejce snesená v dopoledních hodinách měla nižší hmotnost žloutku než vejce snesená v odpoledních hodinách. Podle Tůmové and Ledvinky (2009) se hmotnost žloutku s dobou snesení snižuje, ale ve 14 hodin se jeho hmotnost mírně zvyšuje. Hmotnost žloutku s dobou snesení během dne klesá (Arafa et al., 1982). Podíl žloutku je podle Tůmové and Ebeida (2005) nejvyšší u vajec snesených ráno. Halaj a Szoby (1977) uvádějí, že vyšší podíl žloutku mají vejce snesená brzy ráno a pozdě odpoledne. Doba snesení vejce ovlivnila podíl žloutku, který byl nejvyšší ve 14 hodin (27,48 %). Nejvyšší poměr žloutku k bílku byl ve 14 hodin, a to 45,98 % (Tůmová a Charvátová, 2009). Index žloutku s dobu snesení během dne klesá (Arafa et al., 1982). Také, co se týká barvy žloutku, lze uvést, že vejce snesená odpoledne mají žloutek světlejší oproti vejcím sneseným ráno.

Tůmová et al. (2007) ve své práci uvádějí, že vejce snesená odpoledne mají všechny ukazatele kvality skořápky (hmotnost, podíl, pevnost a tloušťku) lepší v porovnání s vejci snesenými ráno. Vejce snesená nejdéle po rozsvícení mají hmotnost skořápky nejvyšší (Tůmová a Charvátová, 2009). Změna hmotnosti vaječné skořápky v závislosti na době snesení je podle Miyoshiho et al. (1997) odrazem změny v tloušťce skořápky a její pevnosti. Tůmová and Ebeid (2005) zjistili nejvyšší podíl skořápky u vajec snesených odpoledne. Procentuální podíl skořápky nebyl dobou snesení vejce významně ovlivněn (Tůmová a Charvátová, 2009). Yannakopoulos et al. (1994) a Pavlovski et al. (2000) zjistili, že skořápky vajec snesených odpoledne měly nižší hodnotu deformace než vejce snesená ráno. Vyšší hodnoty pevnosti skořápky mají vejce snesená později během dne. Nejpevnější skořápka byla u vajec snesených ve 14 hodin (Tůmová a Charvátová, 2009). Tůmová et al. (2008) poukazují na odlišné výsledky, kdy zjistili vyšší pevnost skořápky u vajec snesených v ranních hodinách. Yannakopoulos et al. (1994) a Pavlovski et al. (2000) zjistili, že skořápky vajec snesených odpoledne byly silnější než vejce snesená ráno, ačkoliv hmotnost vajec zůstala konstantní. Tloušťka skořápky je dobou snesení vejce ovlivněna nejméně. Vyšší hodnoty tloušťky skořápky jsou u vajec snesených později během dne. Nejtenčí skořápka byla zjištěna u vajec snesených ve 14 hodin (Tůmová a Charvátová, 2009). Tůmová et al. (2008) udávají vyšší tloušťku skořápky u vajec snesených v ranních hodinách. Koga et al. (1982) shledali, že nejvíce vajec s nekvalitní skořápkou je sneseno mezi 15. až 21. hodinou.

### 3.4.6 Systém ustájení

Pro úspěšný chov a vysokou snášku nosnic je důležitá nejen výživa a krmení, ale také podmínky ustájení nosnic. Změny v systémech ustájení slepic nosného typu jsou orientované především na zlepšení jejich welfare. Zajištění většího prostoru pro slepice v kleci nebo v podlahových systémech však znamená zvýšení nákladů na produkci. Vyšší náklady také obvykle souvisejí s nižší snáškou, vyšší spotřebou krmiva a většími ztrátami (Holoubek a Hubený, 2002).

Z řady studií vyplývá, že systém ustájení má znatelný vliv na kvalitu vajec. Nosné slepice mohou být ustájeny v několika různých systémech. Tyto systémy můžeme kategorizovat do 5 skupin: ustájení v klecových systémech, v aviarech, na podestýlce, ve výběhových systémech a ustájení v ekologických chovech.

Jedním z nejdůležitějších ukazatelů technologické hodnoty je hmotnost vajec. Není jednoznačné, v kterém typu ustájení jsou snášena těžší vejce (Engelmaierová, 2012).

Klecové systémy se rozdělují na neobohacené a obohacené. Od 1. ledna 2012 je v členských státech EU chov v konvenčních klecích zakázán (směrnice rady 1999/74 ES). Jedná se o ekonomicky nejvýhodnější systém ustájení. Předností je vysoká výroba vajec z m<sup>2</sup> podlahové plochy, lepší zdravotní stav slepic, vysoká produktivita práce a vyšší hmotnost vajec. Určitým nedostatkem je vyšší výskyt vajec s porušenou skořápkou. V klecových systémech je produkováno malé procento znečištěných vajec s malou bakteriální kontaminací skořáčky. V důsledku vysokého stupně automatizace a hustot osazení haly, dobrého využití krmiva bez výkyvů ve snášce a nízkého úhynu jsou výrobní náklady na jedno vejce ve srovnání s ostatními systémy chovu nejnižší (Košar et al., 2004). V EU jsou v klecích chovány dvě třetiny slepic, v ČR je to přes 90 % slepic (Bodoková, 2008). Machander (2007) uvádí srovnání snáškových testů v klecích a na podestýlce v testační stanici. Ledvinka et al. (2012) nezjistili průkazný vliv systému ustájení na hmotnost vajec. Nejvyšší snáška v klecích byla zjištěna u hybrida Lohmann Brown 346 ks při nejvyšší průměrné hmotnosti vajec 65,1 g. Moorthy et al. (2000) a Leyendecker et al. (2001b) uvádějí klece jako nejvhodnější systém chovu, co se týče hmotnosti vajec. Rovněž Mostert et al. (1995) udávají vyšší hmotnost vajec při ustájení v klecích než na podestýlce nebo ve výběžích. Tento výsledek je v souladu s prací Andersona a Adamse (1994), kteří uvádějí signifikantně těžší vejce snesená v klecích (57,0 g) než na podestýlce (56,3 g). K podobným výsledkům došli i Pavlovski et al. (1994), kteří zjistili, že vejce snesená v klecích v průměru vážila 64,1 g, na podestýlce 62,3 g a ve výběhu 61,3 g. Vošlářová et al. (2006) poukazují na signifikantně vyšší snášku v klecích v porovnání

s podestýlkou, současně však v klecích byl i vyšší výskyt vajec s porušenou skořápkou. Vits et al. (2005) porovnávali užítkovost v konvenčních a obohacených klecích, kde v obohacených klecích zjistili vyšší snášku. Van Niekerka (1995) zjistil nepatrně nižší hmotnost vajec v obohacených klecích než v konvenčních, ale v ostatních ukazatelích užítkovosti difference nezaznamenal. Tanaka a Hurnik (1992) neudávají rozdíly v hmotnosti vajec snesených v klecích a aviarech. Kvalita vaječného obsahu hodnocená na základě stanovení Haughových jednotek, indexu bílku a indexu žloutku byla nejvyšší u vajec z konvenční klece. Velmi dobrých výsledků bylo dosaženo i v případě ustájení v kleci obohacené a ve voliére (Englmaierová, 2012). Jak vypovídají ukazatelé technologické hodnoty vajec, jakostnější vejce pocházejí od nosnic chovaných v klecích (Pavlovski et al., 1994; Moorthy et al., 2000; Tůmová and Ebeid, 2003; Ledvinka et al., 2004). Vejce z tohoto systému ustájení dosahovala vyšších hodnot u Haughových jednotek, indexu bílku a žloutku. Systém ustájení má vliv i na kvalitativní ukazatele skořáčky. V mnoha případech výsledky měření kvalitativních ukazatelů skořáčky poukazují na lepší kvalitu skořáčky vajec z klecí (Roland et al., 1997; Moorthy et al., 2000; Tůmová and Ebeid, 2005). Stresové faktory, které vyplývají ze způsobu chovu, vyvolávají u nosnic chovaných v klecových bateriích zeslabení skořáčky, zejména v konečné fázi snášky (Jelínek, 1996). Tůmová et al. (2009) uvádějí, že pevnost skořáčky byla vyšší u vajec z klecí než z podestýlky. Průkazně silnější skořáčku o vyšší hmotnosti a pevnosti stanovili Lichovnicková and Zeman (2008) u vajec snesených v konvenčních klecích oproti těm z klecí obohacených nebo podestýlky. Kvalita skořáčky, charakterizovaná její pevností, byla ovlivněna jak hladinou vápníku v krmné směsi, tak i systémem ustájení. Nejpevnější skořáčku měla vejce nosnic ustájených v konvenčních klecích ( $4893,1 \text{ g/cm}^2$ ), kterým byla podávána směs s vyšší hladinou vápníku (Tůmová et al., 2008). Užítkovost slepic v jednotlivých systémech může být ovlivněna i použitým genotypem slepic. Leyendecker et al. (2001b) posuzovali užítkovost bělovaječných a hnědovaječných slepic ustájených v klecích, aviarech a ve výbězích. Bělovaječné slepice měly nejvyšší úhyn v klecích, kde měly rovněž hnědovaječné slepice nejvyšší snášku. Oba typy hybridů měly nejvyšší podíl vajec s poškozenou skořápkou v klecích. Vits et al. (2005) porovnávali užítkovost v konvenčních a obohacených klecích. V obohacených klecích zjistili nižší pevnost vaječné skořáčky. Tůmová and Ebeid (2005) uvádějí, že v klecích je více abnormálních vajec a vajec s poškozenou skořápkou v porovnání s podestýlkou. Lichovnicková et al. (2003) zaznamenali v obohacených klecích vyšší počet nestandardních vajec, z nichž velký podíl byl naklovaných. Také rozložení snášky jednotlivých kategorií je odlišné. V klecích je vyšší procento nestandardních vajec a vajec s porušenou skořápkou ráno do 6.00 h, zatímco

na podestýlce byly jednotlivé kategorie rovnoměrně rozložené. Zejména v konvenční kleci a ve voliére byla snesena vejce s pevnější a silnější skořápkou (Englmaierová, 2012).

Pokud se při ustájení nosnic na podestýlce podaří snížit počet vajec, snesených mimo snáškové hnízdo pod 1 %, zlepšuje se i kvalita vajec (Tauson, 2005). V ČR jsou tímto způsobem ve velkochovech chována asi 3 % nosnic (Bodoková, 2008). Ledvinka et al. (2004), Tůmová and Ebeid (2005) a Pištěková et al. (2006) zaznamenali těžší vejce na podestýlce. Machander (2007) uvádí srovnání snáškových testů v klecích a na podestýlce v testační stanici, na podestýlce měl nejvyšší snášku hybrid Bovans Goldline, který snesl 344 vajec při nejvyšší hmotnosti vajec 65,5 g. Z těchto výsledků je zřejmé, že užitečnost může být výrazně ovlivněna i hybridem slepic v konkrétním systému ustájení. Ledvinka et al. (2012) zjistili vyšší index tvaru vajec u nosnic chovaných na podestýlce oproti nosnicím chovaným v klecích. Ledvinka a kol. (2005) uvádějí vyšší podíl bílku u vajec slepic ustájených na podestýlce. Mimo to Klecker et al. (2002) u vajec z tohoto systému stanovili i vyšší podíl žloutku. Vyšší hmotnost skořápky u vajec z podestýlky zjistili autoři Klecker et al. (2002) a Ledvinka et al. (2005), zatímco Pištěková et al. (2006) udávají nižší hmotnost skořápky u podestýlkových vajec. V experimentu prováděném Ledvinkou et al. (2004) měla vyšší podíl skořápky vejce nosnic z podestýlky. Rovněž Ledvinka a kol. (2005) uvádějí vyšší podíl skořápky u vajec slepic ustájených na podestýlce. Vyšší podíl skořápky u vajec z podestýlky zjistili také autoři Klecker et al. (2002). Nejnižší hodnota pevnosti skořápky ( $4\,563,1\text{ g/cm}^2$ ) byla zaznamenána u vajec slepic z podestýlky krmených směsí s 3,5 % vápníku (Tůmová et al., 2008). Vyšší tloušťku skořápky u vajec z podestýlky udávají autoři Klecker et al. (2002) a Ledvinka et al. (2005). Dle Ledvinky et al. (2004) měla vyšší tloušťku skořápky rovněž vejce nosnic z podestýlky.

Vejce z alternativních systémů bývají častěji bakteriálně znečištěná v důsledku kontaktu s trusem nosnic, časté je také snášení vajec mimo hnízda a obvykle vyšší procento vajec nakřáplých. Kvůli těmto faktorům produkují alternativní chovy více než chovy klecové množství méně rentabilních vajec třídy B, která nejsou určena pro konzumaci. Bylo zjištěno, že téměř v 10 % alternativních chovů jsou přesáhnuty limity EU v obsahu dioxinů a jim podobných látek ve vejcích. Týká se to chovů, kde jsou slepice chovány na podestýlce z hoblin, které byly vyrobeny z impregnovaného dřeva (EFSA, 2005).

Výběhové chovy jsou z alternativních systémů ustájení nejnáročnější. Jsou zde vysoké investiční náklady, nízká snáška, vyšší spotřeba krmiva, horší hygienické podmínky. V případě, že se daří udržet dobrou čistotu vaječné skořápky, zvyšuje se ve vaječném obsahu podíl reziduí po léčivech z látek obsažených v trusu, i zvýšené množství těžkých kovů,

kteře ulpěly na povrchu zelených rostlin, jenž nosnice konzumují. Náklady na výrobu vajec jsou nejvyšší ze všech dříve uvedených systémů chovu (Košář et al., 2004). Těžší vejce byla snesena v alternativních systémech ustájení, na podestýlce a ve voliéře, kde byla současně dosahována nižší intenzita snášky oproti konvenční a obohacené kleci. Je tedy pravděpodobné, že zejména nižší intenzita snášky ovlivnila hmotnost vajec více než systém ustájení (Englmaierová, 2012). Scholz et al. (2006) uvádějí pevnější a silnější skořápku u vajec slepic ustájených ve voliéře.

Užitkovost slepic v jednotlivých systémech může být ovlivněna i použitým genotypem slepic. Leyendecker et al. (2001b) posuzovali užitkovost bělovaječných a hnědovaječných slepic ustájených v klecích, aviarech a ve výběžích. Bělovaječné slepice měly nejvyšší snášku a hmotnost vajec, nejnižší spotřebu krmiva v aviarech a u hnědovaječných slepic zjistili nejvyšší úhyn ve výběhovém systému, nejvíce vajec snesených do podestýlky v aviarech. Z těchto výsledků je zřejmá interakce mezi genotypem a systémem ustájení, kdy je velmi důležité zvolit vhodného hybridu ve vztahu k systému ustájení.

### 3.4.7 Výživa

Vyšší obsah energie zvyšuje hmotnost vajec. Také přídavek methioninu do krmných směsí může pozitivně ovlivnit hmotnost vajec i snášku, zvláště jde-li o směs s nízkým obsahem dusíkatých látek. Přídavek tuku do krmných směsí často zvyšuje hmotnost vajec za předpokladu, že je použito rostlinného tuku, který uhrazuje potřebu kyseliny linolové. Při sledování vlivu přidaného rostlinného tuku do krmné směsi byl prokázán pozitivní vliv rostlinných olejů a hlavně vliv kyseliny linolové na hmotnost vajec. Náhrada rostlinného oleje hovězím lojem však prokazatelně redukovala hmotnost vajec (Holoubek a Hubený, 2002). Lůj může být použit ke konci snášky pro snížení hmotnosti vajec jako zlepšovatel kvality vaječné skořápky, neboť prokazatelně snižuje hmotnost vajec, zatímco hmotnost skořápky neklesá (Ledvinka a Klesalová, 2002).

Barvu žloutku ovlivňují pigmenty (karoteny, xantofyly) v krmných směsích, ale i schopnost nosnic tyto látky syntetizovat (Holoubek a Hubený, 2002). Problematika zbarvení vaječného žloutku vede k tomu, že zdrojem karotenoidů jsou zejména kukuřice a vojtěška, z přirozených přísadků červená paprika, měsíček lékařský a rakytník řešetlákový. Obsah karotenoidů je zde rozdílný: vojtěška 100 – 400 mg/kg, měsíček lékařský 761 mg/kg, květ 877 mg/kg a rakytník 200 – 450 mg/kg.

Na kvalitu vajec, zvláště potom na kvalitu a tvorbu vaječné skořápky má nesmírný vliv obsah minerálních látek, především obsah vápníku a fosforu, jejich vzájemný poměr, ale i obsah hořčíku, sodíku, manganu, chloru a dalších látek v krmné směsi. U mladých slepic nižší hodnoty fosforu než 0,25 % negativně ovlivňují snášku vajec a kvalitu kostí (Rao et al., 1995). Obsah manganu doporučují Saprykin and Rjabokon (1987) až na úrovni 180 mg/kg krmné směsi. Obsahem hořčíku v krmných směsích se zabývali Waddell et al. (1989), kteří zjistili, že jeho nedostatek (pod 0,021 %) redukuje snášku a kvalitu skořápky. Dávka hořčíku nad 0,52 % nebo 0,77 % nemá škodlivý vliv na hmotnost vajec a deformaci skořápky. Nedostatek sodíku (méně než 0,1 %) snižuje snášku a kvalitu vajec. Stejně tak množství chlóru nižší než 0,11 či 0,14 % koriguje snášku a kvalitu vajec (Ledvinka a Klesalová, 2002). Vyšší obsah sodíku (0,35 až 0,45 %) spolu s vyšším obsahem chlóru (0,47 %) zhoršil kvalitu skořápky (Hughes, 1988). Keshavarz (1998) prokázal, že změna hladiny vápníku v dietě se projeví na kvalitě skořápky jen tehdy, je-li vápník podáván odpoledne. Nedostatek vápníku v krmných směsích se negativně promítá ve špatné kvalitě skořápky. Nosnice získává z krmiva pro tvorbu vaječné skořápky zhruba 60 % vápníku, zbytek potřebný pro kalcifikaci je uvolňován z kostí (Jelínek, 1996). Harms et al. (1996) poukazují na to, že nosnice může v průběhu noci trpět jakýmsi deficitem vápníku a doporučují proto doplnit světelný režim asi o dvě hodiny světla kolem půlnoci. Pro zabezpečení vysoké produkce vajec s dobrou kvalitou skořápky postačuje ve směsi obsah 3 až 3,5 % vápníku a 0,45 % fosforu. Kvalita vaječné skořápky klesá v přítomnosti vysokých hodnot dostupného fosforu v krmné směsi. Nároky na obsah fosforu klesají s věkem nosnic a produkcí vajec (Ledvinka a Klesalová, 2002). Důležitým faktorem tvorby kvalitní skořápky je dostatečný obsah vitamínu D<sub>3</sub>, který je nezbytným činitelem pro výměnu kosterního vápníku, syntézu bílku a ukládání fosforu. Při jeho nedostatku se narušuje homeostáza vápníku a nastává tvorba vajec bez skořápky (Skřivan, 1990). Na kvalitu vaječné skořápky působí příznivě přídatek 1,5 % Biomínu do krmné směsi pro nosnice (Holoubek a Hubený, 2002).

### **3.4.8 Teplota prostředí**

Důležitým faktorem ovlivňujícím počet snesených vajec, jejich hmotnost a kvalitu, zvláště kvalitu vaječné skořápky, je teplota zevního prostředí, která ovlivňuje také spotřebu krmiva (Ledvinka a Klesalová, 2003). Řada autorů zkoumala vliv teploty prostředí na produkci nosnic a kvalitu jejich vajec (Emery et al., 1984; Muiruri and Harrison, 1991; Whitehead et al., 1998). Tepelný stres u nosnic snižuje jejich tělesnou hmotnost (Scott and Balnave,

1988), produkci vajec (Muiruri and Harrison, 1991; Whitehead et al., 1998), hmotnost vajec (Balnave and Muheereza, 1997) a kvalitu skořápky (Emery et al., 1984; Mahmoud et al., 1996).

Jako optimální teplota prostředí se uvádí rozpětí 20 až 22 °C, s tím, že nižší hodnoty jsou doporučovány pro chov na podestýlce. Pro klecové systémy jsou vhodnější teploty kolem 22 °C, pokles teploty o 3 °C vede ke snížení hmotnosti vejce o 1 g (Ledvinka a Klesalová, 2003). Dle Holoubka a Hubeného (2002) za optimální teplotu prostředí z hlediska užítkovosti i spotřeby krmiva považujeme 18 -20 °C. Při vyšší teplotě dochází k poklesu spotřeby krmiva a slepice potřebují pro optimální užítkovost vyšší obsah živin v krmné směsi. Při teplotě nižší pak spotřeba krmné směsi roste. Dle Hejlové (2001) je ideální teplota pro snášku 13 až 18 °C.

Holoubek a Hubený (2002) zkoumali vliv teploty v hale na hmotnost vajec u slepic Dominant D 102. Během celého snáškového cyklu se pohybovala teplota v hale v horní etáži od 18,35 do 23,0 °C, v dolní etáži byla teplota vždy o 4 – 5 °C nižší v rozmezí 14,54 až 17,78 °C (v závislosti na ročním období). Průměrná hmotnost vajec v horní a dolní etáži byla ve věku 182 dní téměř srovnatelná, oproti tomu ve věku 350 dní byl rozdíl v hmotnostech vajec nejvýraznější 63,2 g v horní a 60,6 g v dolní etáži. Rovněž Mashaly et al. (2004) zjistili, že vystavení nosnic teplotnímu stresu vede k výraznému snížení hmotnosti vajec. Nosnice byly rozděleny do tří skupin, ve kterých byly po dobu 5 týdnů vystaveny různým teplotám. První skupina nosnic byla chována při teplotě 23,9 °C, druhá skupina při 23,9 až 35 °C a třetí skupina při 35 °C. Průměrná hmotnost vajec v první, druhé a třetí skupině nosnic byla 57,1 g, 54,0 g a 45,0 g. Tyto výsledky jsou v souladu s autory de Andrade et al. (1977), Emery et al. (1984) a Kirunda et al. (2001). Ledvinka a Klesalová (2003) udávají pokles hmotnosti snesených vajec při teplotě nad 25 °C. Oproti tomu Muiruri and Harrison (1991) zjistili, že tepelný stres neovlivnil hmotnost vajec ani konverzi krmiva. Působením teplotního stresu v průběhu noci se neprokazatelně ovlivňuje hmotnost vajec a bílku (Wolfenson et al., 1979).

Haughovy jednotky byly průkazně vyšší u skupiny nosnic chovaných při teplotě 35 °C než u nosnic chovaných při teplotách nižších (Mashaly et al., 2004). Toto zjištění není v souladu s výsledky autorů Kirunda et al. (2001), kteří zjistili u nosnic vystavených teplotnímu stresu Haughovy jednotky nižší. Teplotní stres neměl vliv na výšku vaječného bílku (Mashaly et al., 2004).

Mashaly et al. (2004) zjistili, že vystavení nosnic teplotnímu stresu vede k výraznému zhoršení kvality vajec. Vlivem teplotního stresu došlo ke snížení hmotnosti skořápky.

Při snížení teploty z 20 na 15 °C se zvyšuje spotřeba krmiva o 7 g. Pro vysokou snášku je důležitá i stabilní teplota, která by během 24 hodin neměla v hale kolísat o více než 6 °C

(Skřivan et al., 2000). Při teplotě nad 25 °C se snižuje spotřeba krmiva, zvyšuje se příjem vody. K výraznému snížení příjmu krmiva dochází při teplotě nad 30 °C, kdy se rovněž významně snižuje počet snesených vajec. Nepříznivě působí na užitkovost i nízké teploty, kdy je energie krmiva využívána především k udržení tělesné teploty a kdy klesá počet snesených vajec a jejich hmotnost (Ledvinka a Klesalová, 2003). Nordstrom (1973) zjistil, že při teplotě prostředí 32 °C se vejce zdržuje ve vejcovodu déle (27,7 hodiny) než při teplotě 22 °C (25,6 hodiny) a že po snesení mají takováto vejce menší velikost a horší kvalitu skořápky. Negativní vliv vysokých teplot na kvalitu skořápky zhodnotili rovněž de Andrade et al. (1977), Odom et al. (1986), Mahmoud et al. (1996), Balnave and Muheereza (1997), kteří uvádějí, že na pevnost vaječné skořápky působí i teplota prostředí po snesení vejce. Proto doporučují po sběru vajec jejich ochlazení a to nejen z důvodu udržení kvality vaječné hmoty, ale i pro udržení kvality skořápky, která klesá se stoupající teplotou skořápky. Teploty nad 13 °C signifikantně snižují pevnost vaječné skořápky (Froning, 1973). Při teplotě nad 25 °C klesá pevnost vaječné skořápky (Ledvinka a Klesalová, 2003). Vztah teploty prostředí k tloušťce skořápky popsali pomocí sestupné křivky v rozmezí teplot 26,5 až 35 °C Smith and Oliver (1971). Mashaly et al. (2004) uvádějí, že tloušťka skořápky byla nejnižší u skupiny nosnic (0,29 mm) vystavené teplotnímu stresu (35 °C).

### **3.4.9 Skladování vajec**

Počáteční kvalita právě sneseného vejce se mění v závislosti na podmínkách skladování, kterým jsou skladovaná vejce vystavena. Určující vliv zde má zvolená teplota a vlhkost. V průběhu skladování dochází ke snižování hmotnosti vajec, kvality bílku a žloutku a Haughových jednotek (Tůmová, 2012).

Nejúčinnější metodou jak minimalizovat zhoršení kvality vajec je jejich skladování při teplotách pod 13 °C. Vejce nesmí být ponechána na slunci nebo v přehřáté místnosti, měla by se přenést do stinných a dobře větraných místností, podzemních sklepeních a to hned jakmile je to možné (FAO, 2003).

K průkaznému ( $P \leq 0,01$ ) snižování hmotnosti u vajec skladovaných pět respektive deset dnů při teplotě prostředí 21 °C docházelo v experimentu prováděném Silversidesem and Budgelem (2004). Z původní průměrné hmotnosti čerstvých vajec 62,70 g, zjištěné u vajec během dvou hodin po jejich snesení, se hmotnost snížila na 62,05 g respektive 61,01 g. Dle autorů El- Sheikh et al. (2014) se hmotnost vajec s dobou skladování významně snížila z 64,45 g na 55,78 g po 28 dnech skladování, což je v souladu s výsledky autora



Tabidi (2011). Také další autoři udávají snížení hmotnosti vajec s prodlužující se délkou skladování (Jones and Musgroove, 2005; Samli et al., 2005; Siyar et al., 2007). Rovněž Hasan and Okur (2009) zaznamenali snížení hmotnosti vajec po 10 dnech skladování při teplotě 29 °C. Zatímco Scott and Silversides (2000) zjistili, že se hmotnost vajec v prvních 10 dnech skladování nezměnila. El-Sheikh et al. (2014) zjistili statisticky neprůkazný vliv doby skladování na index tvaru vajec.

Nedomová a Simeonová (2008) zkoumali parametry kvality vajec u dvou hnědovaječných plemen nosnic v průběhu skladování při teplotách 4 °C (pod doporučovanou hranicí 5 °C pro spotřebitele) a 12 °C (na doporučované horní hranici) po dobu až 8 týdnů. Během skladování se výška bílku s prodlužující se dobou skladování snížila z 10,60 mm na 1,24 mm, Haughovy jednotky se snížily z 100,90 na 28,80. Také další autoři uvádějí snižování výšky bílku s prodlužující se délkou skladování (Gavril and Usturoi, 2012; Tebesi et al., 2012). Výška bílku bývá uváděna jako jedno z kritérií určující stáří vejce založených na chemických změnách v konzistenci bílku při stárnutí vejce. Vhodnější teplotou pro skladování vajec jsou 4 °C, kdy dochází k pomalejší intenzitě změn jakostních charakteristik vajec (Nedomová a Simeonová, 2008). Rovněž Samli et al. (2005) udávají, že se Haughovy jednotky a výška bílku s délkou skladování snižují. Haughovy jednotky byly významně sníženy s prodlužující se délkou skladování, v čerstvých vejcích byly zjištěny hodnoty Haughových jednotek 76,37 a ve vejcích skladovaných 28 dní 24,25 (El-Sheikh, 2014). Tyto výsledky jsou v souladu s údaji Tona et al. (2004).

Průměrné hodnoty indexu žloutku se v průběhu skladování snižovaly ze 46,47 % na 36,80 % (Nedomová a Simeonová, 2008). Také výsledky Samli et al. (2005) dokládají, že se index tvaru žloutku snižuje s délkou skladování. Výška žloutku se s délkou skladování snižuje (Gavril and Usturoi, 2012; Tebesi et al., 2012). Dle autorů El-Sheikh et al. (2014) se barva žloutku výrazně snižuje s rostoucí délkou skladování, kde u čerstvých vajec byly zjištěny hodnoty 5,91 a u vajec skladovaných 28 dní 2,78. Tato zjištění jsou v souladu s výsledky získanými autory Siyar et al. (2007) a Tebesi et al. (2012).

El-Sheikh et al. (2014) udávají statisticky průkazný vliv doby skladování u tloušťky a procentuálního podílu vaječné skořápky. Hmotnost vaječné skořápky se s prodlužující délkou skladování průkazně nezměnila, což je v souladu s výsledky autorů Ahn et al. (1999).

## 4 Materiál a metodika

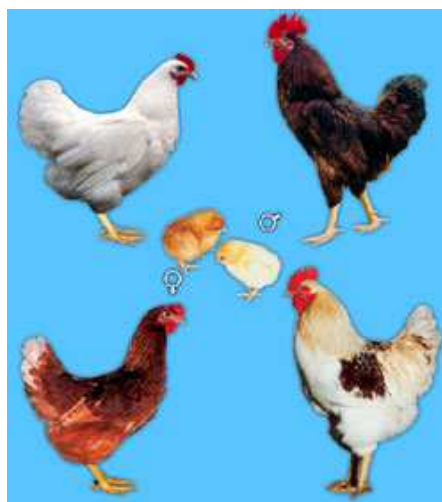
Práce byla zaměřena na technologickou hodnotu vajec v závislosti na genotypu. V rámci experimentu byla využita konzumní vejce slepic nosného typu, která pocházela z komerčního chovu.

### 4.1 Design experimentu

Pokus byl realizován na dvou genotypech, jednalo se o genotypy Dominant D 102 a D 229.

- DOMINANT HNĚDÝ D 102

Obchodně se dnes uplatňuje jako finální hybrid pro samozásobitelské chovy a v intenzivních podmínkách produkce konzumních vajec. Předností jsou vysoké parametry snášky nad 310 vajec ověřené v testační stanici v klecových podmínkách intenzivního typu chovu. Charakteristická je hnědá barva skořápky vajec. Hnědá barva peří je doplněna bílou barvou letek a ocasu. Tento program je výsledkem křížení hnědé otcovské populace RIR (Rhode Island Red = červená rodajlendka hnědovaječná) a mateřské bílé populace RIW (Rhode Island White = bílá rodajlendka hnědovaječná). Při líhnutí jednodenních kuřat se uplatňuje kolorsexing při využití alely S genu stříbrného/zlatého = Silver/gold "S/s", kdy jednodenní kohoutek od matky získává dominantní alelu tohoto genu "S" a je bílý a jednodenní slepička získává od otce alelu recesivní "s" a je hnědá (Tyller, 2014).



Obr.1 Dominant hnědý D 102 (Tyller, 2014)

Tabulka 1. Údaje o užitkovosti nosnic Dominant hnědý D 102 (Tyller, 2014)

Období chovu do 78 týdnů	
Životnost	93 – 96 %
Věk při 50 % snášce	23. týden
Vrchol snášky	93 %
Snáška na počáteční stav	301 ks
Snáška na průměrný stav	308 ks
Průměrná hmotnost vajec	63,5 g
Celková vaječná hmota	19,3 kg
Spotřeba krmiva na slepici a den	122 g
Celková spotřeba na slepici	45 kg
Spotřeba krmiva na jedno vejce	149 g
Spotřeba krmiva na 1 kg vaječné hmoty	2,33 kg
Hmotnost těla v 78 týdnech věku	2,15 kg
Barva skořápky	hnědá
Temperament	klidný

- DOMINANT LEGHORN D 229

Dominant leghorn D 229 je velice populární pro vysokou snášku bílých vajec a nízkou spotřebu krmiva. Líheň Studenec s.r.o. nabízí a dodává nejen finální hybridy, ale i rodiče a prarodiče tohoto programu do mnoha zemí světa. Tento program je vysoce adaptován do různých produkčních podmínek krmivářských a technologických. Dominant leghorn D 229 je výsledkem křížení 4 výchozích linií bílých leghorn a finální hybrid je feathersexingový. Jednodenní kohoutci jsou pomalu opeřující a slepičky jsou rychle opeřující (Tyller, 2014).



Obr. 2 Dominant leghorn D 229 (Tyller, 2014)

Tabulka 2. Údaje o užitkovosti nosnic Dominant leghorn D 229 (Tyller, 2014)

Období chovu do (78 týdnů)	
Životnost	96 - 97 %
Věk při 50 % snášce	22. týden
Vrchol snášky	93 %
Snáška na počáteční stav	303 ks
Snáška na průměrný stav	310 ks
Průměrná hmotnost vajec	62,5 g
Celková vaječná hmota	19,4 kg
Spotřeba krmiva na slepici a den	105 g
Celková spotřeba na slepici	43 kg
Spotřeba krmiva na jedno vejce	141 g
Spotřeba krmiva na 1 kg vaječné hmoty	2,25 kg
Hmotnost těla v 78 týdnech věku	1,9 kg
Barva skořápky	bílá
Temperament	klidný

Slepice byly ustájeny v bateriových klecích. Základem baterie klecí byl modul o délce 120 cm a šířce 94 cm, ve kterém bylo umístěno 6 klecí, každá o podlahové ploše 1880 cm<sup>2</sup>. V každé kleci bylo umístěno po třech slepicích. V modulu byly umístěny 3 kapátkové

napáječky. Veškeré díly technologie byly antikorozně chráněny. Krmný systém byl tvořen krmným vozíkem s dávkováním s přesností 2 - 3 g. Systém odkluzu trusu byl proveden nekonečnými PP pásy s trojnásobnou očistou od trusu a zbytků peří sklopnými škrabkami a spirálovými válci. Napájecí systém byl tvořen uzavřenou napájecí soustavou, dávkovačem léčiv a kontrolní deskou s vodoměrem, filtrem a uzavíracími ventily. Podmínky prostředí a mikroklima odpovídaly dle směrnice EK požadavkům kladeným na tento systém ustájení.

Od 20. týdne věku byly slepice krmeny krmnou směsí pro nosnice N1 a od 41. týdne do konce snášky krmnou směsí N2. Slepice byly po celou dobu sledování krmeny a napájeny ad libitum. Krmná směs N1 se skládá z kukuřice, pšenice, extrahovaného toastovaného šrotu (GMO – geneticky modifikovaný), uhličitanu vápenatého hrubozrnného, uhličitanu vápenatého, rybí moučky, rostlinného oleje, kvasnic, monokalciumfosfátu, chloridu sodného, síranu sodného. Dále obsahuje 15,6 % dusíkatých látek, 3,4 % tuku, 2,28 % vlákniny, 11,38 % popela, 0,77 % lysinu, 0,39 % methioninu, 3,32 % vápníku, 0,59 % fosforu a 0,15 % sodíku. Krmná směs N2 obsahuje kukuřici, pšenici, sójový extrahovaný šrot loupáný, toastovaný, uhličitan vápenatý hrubozrnný, uhličitan vápenatý, živočišný tuk, pšeničnou krmnou mouku, monokalciumfosfát a chlorid sodný. Dále obsahuje 14,8 % dusíkatých látek, 3,3 % tuku, 2,3 % vlákniny, 11,7 % popela, 0,76 % lysinu, 0,23 % methioninu, 3,49 % vápníku, 0,47 % fosforu a 0,16 % sodíku.

## **4.2 Rozbory vajec a sledované parametry**

Vejce určená k rozborům byla od nosnic odebírána v klecovém chovu při sběru vajec. Pro rozbory bylo použito po 300 vejcích od každého genotypu. Rozbory a měření ukazatelů technologické hodnoty vajec byly realizovány v laboratoři Katedry speciální zootechniky na České zemědělské univerzitě v Praze. V pokusu byly sledovány následující ukazatele technologické kvality vajec.

### **4.2.1 Celé vejce**

#### **Hmotnost vejce [g]**

Byla zjišťována za pomoci elektronických laboratorních vah OHAUS Portable.

#### **Index tvaru vejce [%]**

Za pomoci posuvného měřidla byla změřena délka a šířka vejce, ze získaných hodnot byl následně vypočten index tvaru.

$$I_v = (\check{s}/d) * 100$$

$\check{s}$  - délka vejce v mm

d - délka vejce v mm

#### 4.2.2 Bílek

##### **Hmotnost bílku [g]**

Byla zjišťována za pomoci elektronických laboratorních vah OHAUS Portable.

##### **Podíl bílku [%]**

Podíl bílku byl zjištěn výpočtem z hmotnosti vejce a bílku.

##### **Index tvaru bílku [%]**

Byly změřeny kolmé rozměry vnějšího tuhého bílku (nejdelší a nejširší rozměr v mm) a dále mikrometrem byla změřena výška bílku v mm, ze získaných údajů byl následně vypočten index bílku.

$$I_b = (a/b) * 100$$

a - výška bílku v mm

b – průměr největší šířky a délky bílku v mm

##### **Haughovy jednotky**

Byly vypočteny na základě hmotnosti vejce a výšky tuhého bílku.

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

#### 4.2.3 Žloutek

##### **Hmotnost žloutku [g]**

Byla zjišťována za pomoci elektronických laboratorních vah OHAUS Portable.

##### **Podíl žloutku [%]**

Podíl žloutku byl zjištěn výpočtem z hmotnosti vejce a žloutku.

##### **Index tvaru žloutku [%]**

Pomocí posuvného měřítka byly změřeny kolmé rozměry žloutku (mm) a mikrometrem byla změřena výška žloutku (mm), ze získaných údajů byl následně vypočten index žloutku.

$$I_{\check{z}} = (a/b) * 100$$

a - výška žloutku v mm

b - průměr dvou na sebe kolmých měření délky žloutku v mm

### **Barva žloutku**

Byla hodnocena subjektivně dle stupnice La Roche se stupnicí od 3 do 14, kde vyšší hodnota znamenala tmavší odstín barvy žloutku.

#### **4.2.4 Skořápka**

##### **Hmotnost skořápky [g]**

Byla zjišťována za pomoci elektronických laboratorních vah OHAUS Portable.

##### **Podíl skořápky [%]**

Podíl vaječné skořápky byl zjištěn výpočtem z hmotnosti celého vejce a hmotnosti skořápky.

##### **Deformace skořápky [mm]**

Nedestruktivní metoda - měření probíhalo na přístroji INSTRON model 3342 od výrobce INSTRON USA. Hodnotilo se maximální prohnutí skořápky před jejím prasknutím, nebo-li deformací.

##### **Pevnost skořápky [ $\text{N.cm}^{-2}$ ]**

Destruktivní metoda – měřen byl tlak potřebný k prasknutí skořápky, měření probíhalo na přístroji INSTRON model 3342 od výrobce INSTRON USA.

##### **Tloušťka skořápky [mm]**

Tloušťka skořápky byla měřena bez podskořápečných blan, ze střední části vejce. Měření probíhalo pomocí digitálního mikrometru MICROMASTER EASY.

##### **Barva skořápky [%]**

Barva vaječné skořápky byla zjišťována pomocí refraktometru QCR od výrobce TSS England, pracujícího na principu odrazu světla, kde vyšší hodnoty znamenají světlejší skořápku.

### **4.3 Statistické zpracování**

Pro statistické zpracování zjištěných hodnot z měření byl použit počítačový program SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2012) a k následnému vyhodnocení výsledných hodnot byla použita analýza rozptylu metodou ANOVA. Pro vyhodnocení statistické průkaznosti rozdílů hodnot byl použit Duncanův test ( $P \leq 0,05$ ).

## 5 Výsledky

Souhrnné výsledky parametrů kvality vajec u jednotlivých genotypů jsou uvedeny v tabulkách 3 – 6.

Hmotnost vajec byla průkazně ( $P \leq 0,001$ ) ovlivněna genotypem. Průkazně vyšší hmotnost vajec byla zjištěna u Dominanta hnědého D 102 (64,57 g), v porovnání s Dominantem leghorn D 229 (59,98 g). Index tvaru vejce byl rovněž signifikantně ( $P \leq 0,001$ ) ovlivněn genotypem, kdy průkazně vyšší index tvaru vejce byl u hnědovaječných nosnic Dominant D 102 (76,99 %), v porovnání s bělovaječnými nosnicemi Dominant D 229 (75,28 %).

Tabulka 3. Ukazatele kvality vajec

Parametr	Genotyp - Dominant		Průkaznost	SEM
	Hnědý (D102)	Leghorn (D229)		
Hmotnost vejce (g)	64,57 <sup>a</sup> ± 5,40	59,98 <sup>b</sup> ± 5,36	***	0,249
Index vejce (%)	76,99 <sup>a</sup> ± 3,10	75,28 <sup>b</sup> ± 3,07	***	0,137

\*\*\*  $P \leq 0,001$ ; <sup>a, b</sup>  $P \leq 0,05$  - průkazná diference mezi průměry; a – průkazně vyšší hodnota, b – průkazně nižší hodnota; SEM – standard error of the mean

V experimentu bylo zjištěno, že genotyp měl statisticky významný ( $P \leq 0,001$ ) vliv na hmotnost bílku, kdy hnědovaječné nosnice Dominant D 102 měly vyšší hmotnost bílku (41,11 g) oproti bělovaječným nosnicím Dominant leghorn D 229 (37,06 g). Rozdíl v hmotnosti bílku mezi oběma genotypy byl 4,05 g. Také procentuální podíl bílku byl významně ( $P \leq 0,001$ ) ovlivněn genotypem, přičemž vyšší procentuální podíl bílku byl zjištěn u Dominanta hnědého D 102 (63,68 %) oproti Dominantu leghorn D 229 (61,84 %). Haughovy jednotky a tvar indexu bílku nebyly průkazně ovlivněny genotypem, kdy neprůkazně vyšší hodnoty byly u bělovaječných nosnic Dominant leghorn D 229 v porovnání s hnědovaječnými nosnicemi Dominant D 102.



Tabulka 4. Ukazatele kvality vaječného bílku

Parametr	Genotyp - Dominant		Průkaznost	SEM
	Hnědý (D102)	Leghorn (D229)		
Hmotnost bílku (g)	41,11 <sup>a</sup> ± 3,81	37,06 <sup>b</sup> ± 3,37	***	0,177
Podíl bílku (%)	63,68 <sup>a</sup> ± 2,85	61,84 <sup>b</sup> ± 2,95	***	0,129
Index bílku (%)	6,38 ± 1,96	6,44 ± 1,91	NS	0,083
Haughovy jednotky	69,88 ± 11,24	71,72 ± 11,28	NS	0,484

\*\*\*  $P \leq 0,001$ ; NS = neprůkazné; <sup>a, b</sup>  $P \leq 0,05$  - průkazné difference mezi průměry; a – průkazně vyšší hodnota, b – průkazně nižší hodnota, SEM – standard error of the mean

Hmotnost žloutku byla průkazně ( $P \leq 0,05$ ) ovlivněna genotypem. U hnědovaječných nosnic Dominant D 102 byla zjištěna vyšší hmotnost žloutku v porovnání s bělovaječnými nosnicemi Dominant D 229. Genotyp signifikantně ovlivnil ( $P \leq 0,001$ ) procentuální podíl žloutku, kdy vyšší procentuální podíl žloutku byl zjištěn u Dominanta leghorn D 229 (28,36 %) než u Dominanta hnědého D 102 (27,27 %). Index žloutku byl signifikantně ovlivněn genotypem, kdy u bělovaječných nosnic Dominant leghorn D 229 byl index žloutku (43,78 %) nižší v porovnání s hnědovaječnými nosnicemi Dominant hnědý D 102 (46,59 %). Barva žloutku nebyla průkazně ovlivněna genotypem. Ačkoliv u hnědovaječných nosnic Dominant hnědý D 102 byly vyhodnoceny neprůkazně vyšší hodnoty barvy žloutku než u bělovaječných nosnic Dominant D 229.

Tabulka 5. Ukazatele kvality vaječného žloutku

Parametr	Genotyp - Dominant		Průkaznost	
	Hnědý (D102)	Leghorn (D229)	SEM	
Hmotnost žloutku (g)	17,63 <sup>a</sup> ± 2,55	17,06 <sup>b</sup> ± 2,71	*	0,112
Podíl žloutku (%)	27,27 <sup>b</sup> ± 2,85	28,36 <sup>a</sup> ± 2,96	***	0,126
Index žloutku (%)	46,59 <sup>a</sup> ± 7,58	43,78 <sup>b</sup> ± 7,23	***	0,325
Barva žloutku	8,69 ± 2,67	8,24 ± 2,62	NS	0,114

\*  $P \leq 0,05$ , \*\*\*  $P \leq 0,001$ ; NS = neprůkazné; <sup>a, b</sup>  $P \leq 0,05$  - průkazné difference mezi průměry; a – průkazně vyšší hodnota, b – průkazně nižší hodnota; SEM – standard error of the mean

Hmotnost vaječné skořápky nebyla průkazně ovlivněna genotypem. Hmotnost skořápky byla nepatrně (o 0,04 g) těžší u bělovaječných nosnic Dominant leghorn D 229 v porovnání

s hnědovaječnými nosnicemi Dominant hnědý D 102. Procentuální podíl skořápky byl významně ( $P \leq 0,001$ ) ovlivněn genotypem, přičemž vyšší byl u genotypu Dominant leghorn D 229, v porovnání s Dominantem hnědým D 102. Deformace vaječné skořápky nebyla průkazně ovlivněna genotypem. Neprůkazně vyšší deformace vaječné skořápky byla u hnědovaječných nosnic Dominant D 102 v porovnání s bělovaječnými nosnicemi Dominant leghorn D 229. Genotyp však signifikantně ( $P \leq 0,001$ ) ovlivnil pevnost a barvu skořápky. Bělovaječné nosnice Dominant D 229 ( $41,85 \text{ N.cm}^{-2}$ ) měly vyšší pevnost skořápky oproti hnědovaječným nosnicím Dominant D 102 ( $36,14 \text{ N.cm}^{-2}$ ) a zároveň měly také bělovaječné nosnice světlejší barvu skořápky v porovnání s hnědovaječnými nosnicemi. Tloušťka skořápky byla průkazně ( $P \leq 0,001$ ) ovlivněna genotypem. Silnější skořápku vykazovala vejce bělovaječných nosnic Dominant leghorn D 229 (0,35 mm) oproti vejcům hnědovaječných nosnic Dominant hnědý D 102 (0,33 mm).

Tabulka 6. Ukazatele kvality vaječné skořápky

Parametr	Genotyp - Dominant		Průkaznost	SEM
	Hnědý (D102)	Leghorn (D229)		
Hmotnost skořápky (g)	$5,83 \pm 0,59$	$5,87 \pm 0,55$	NS	0,025
Podíl skořápky (%)	$9,05^b \pm 0,81$	$9,80^a \pm 0,70$	***	0,037
Deformace skořápky (mm)	$0,21 \pm 0,05$	$0,20 \pm 0,04$	NS	0,002
Pevnost skořápky ( $\text{N.cm}^{-2}$ )	$36,14^b \pm 7,94$	$41,85^a \pm 7,66$	***	0,356
Tloušťka skořápky (mm)	$0,33^b \pm 0,03$	$0,35^a \pm 0,02$	***	0,001
Barva skořápky (%)	$40,76^b \pm 6,57$	$75,34^a \pm 5,70$	***	0,762

\*\*\*  $P \leq 0,001$ ; NS = neprůkazné;  $^{a,b} P \leq 0,05$  - průkazné difference mezi průměry; a – průkazně vyšší hodnota, b – průkazně nižší hodnota; SEM – standard error of the mean

## 6 Diskuze

U hnědovaječných nosnic Dominant D 102 byla zjištěna prokazatelně vyšší hmotnost vajec (64,57 g) než u bělovaječných nosnic Dominant D 229 (59,98 g), což je v souladu s výsledky autorů Skřivan (1990), Tůmová a Skřivan (1994), Arent et al. (1997), Scott and Silversides (2000), Ledvinka et al. (2000), Leyendecker et al. (2001a), Vits et al. (2005), Bozkurt and Tekerli (2009), Alewi et al. (2012), El-Sheikh et al. (2014), Jones et al. (2010), kteří zjistili vyšší hmotnost vajec u hnědovaječných slepic v porovnání s bělovaječnými. Jedním z faktorů ovlivňujících hmotnost vajec je samotná hmotnost nosnice (Ledvinka a Klesalová, 2002; El-Sheikh et al., 2014). Hmotnost vajec pravděpodobně tedy souvisí s vyšší hmotností samotných nosnic a to jak během snášky, tak při dosažení pohlavní dospělosti. Zvýšením tělesné hmotnosti nosnice o 100 g při dosažení pohlavní dospělosti se zvýší hmotnost vajec o 1,2 g (Leeson and Summers, 1987). Změna hmotnosti kuřic ISA Brown při dosažení pohlavní dospělosti o 80 g vede ke změně průměrné hmotnosti vajec o 1 g (Anon., 2009). V rozporu s tímto tvrzením jsou výsledky Halaje a Grofíka (1994), kteří porovnávali užítkovost genotypů Shaver Starcross 288 a Moravia SSL ve věku 24 až 42 týdnů, kde zjistili vyšší hmotnost vajec u slepic Shaver Starcross 288 (63,68 g) než u nosnic Moravia SSL (62,72 g). Taktéž Alsobayel and Albadry (2011) udávají vyšší hmotnost vajec u bělovaječných nosnic než u hnědovaječných. Fenotypová korelace mezi hmotností vejce a hmotností nosnice se pohybuje v rozmezí 0,4 až 0,7 a genotypová 0,2 až 0,3 (Ledvinka a Klesalová, 2002).

Index tvaru vejce byl rovněž průkazně ( $P \leq 0,001$ ) ovlivněn genotypem. Průkazně vyšší index tvaru vajec byl zjištěn u hnědovaječných nosnic Dominant D 102 než u bělovaječných nosnic Dominant D 229, což je v souladu s výsledky autorů El-Sheikh et al. (2014). S těmito výsledky se shodují i Alsobayel and Albadry (2011), kteří u bílých vajec zjistili hodnoty indexu tvaru vajec bližší optimálním hodnotám (74 %) než u vajec hnědých, která se blížila kulatému tvaru (77 %). V rozporu s tímto tvrzením jsou výsledky Halaje a Grofíka (1994), kteří uvádějí, že index tvaru vajec je u bělovaječných nosnic Starcross 288 vyšší než u hnědovaječných nosnic Moravia SSL a rovněž Bozkurt and Tekerli (2009) zjistili signifikantní vliv genotypu na index tvaru vajec, který byl vyšší u nosnic Lohmann bílý oproti nosnicím ISA Brown.

Hnědovaječné nosnice Dominant D 102 měly vyšší hmotnost bílku oproti bělovaječným nosnicím Dominant leghorn D 229. Hmotnost bílku byla prokazatelně vyšší

u hnědovaječných nosnic ISA Brown než u bělovaječných nosnic ISA White (Scott and Silversides, 2000). V souladu s předcházejícími výsledky zjistil Halaj (1979), že hmotnost bílku je v kladném vztahu s výškou bílku u vajec s hnědou skořápkou v první polovině snáškové křivky a zároveň uvádí, že vejce s hnědou skořápkou mají kvalitnější bílek. Index tvaru bílku ani Haughovy jednotky nebyly průkazně ovlivněny genotypem. El-Sheikh et al. (2014) zaznamenali signifikantní rozdíl pro Haughovy jednotky u vajec bělovaječných (53) a hnědovaječných nosnic (48). Rovněž Leyendecker et al. (2001b), Rayan et al. (2013) zjistili u bělovaječných nosnic podstatně vyšší Haughovy jednotky než u hnědovaječných nosnic. V souladu s těmito výsledky je také experiment autorů Jones et al. (2010), ve kterém byl zjištěn prokazatelný vliv genotypu na Haughovy jednotky u hnědých a bílých vajec, kde bílá vejce měla vyšší hodnoty Haughových jednotek (84,42) než vejce hnědá (79,08). Oproti tomu Stojčič et al. (2012) udávají vyšší Haughovy jednotky u hnědovaječného hybridu oproti bělovaječnému hybridu. Bozkurt and Tekerli (2009) konstatují, že bělovaječné nosnice (85,9) mají Haughovy jednotky vyšší než hnědovaječné (79,7). Vyšší procentuální podíl bílku byl zjištěn u Dominanta hnědého D 102 (63,68 %) oproti Dominantu leghorn D 229 (61,84), což je v souladu s výsledky Scotta and Silversides, (2000), kteří rovněž zjistili vyšší podíl bílku u hnědovaječných nosnic než u bělovaječných.

U hnědovaječných nosnic Dominant D 102 byla zjištěna vyšší hmotnost žloutku v porovnání s bělovaječnými nosnicemi Dominant D 229. S těmito výsledky nekoresponduje práce autorů El-Sheikh et al. (2014), kteří zjistili vyšší hmotnost žloutku u bělovaječných nosnic Hy-line W-36 než u hnědovaječných nosnic Hy-line hnědá. Také Rayan et al. (2013) zjistili u bílých vajec podstatně vyšší hmotnost žloutku. Tůmová a Skřivan (1994) porovnávali technologickou hodnotu vajec nosnic Hisex Brown a Hisex White. Výsledky neprokázaly vyšší podíl žloutku u těžších vajec.

Index žloutku byl průkazně ( $P \leq 0,001$ ) ovlivněn genotypem, kde u hnědovaječných nosnic Dominant D 102 byl vyšší než u bělovaječných nosnic Dominant D 229. V souladu s těmito výsledky jsou autoři Bozkurt and Tekerli (2009), kteří udávají u hnědovaječných nosnic vyšší index žloutku než u nosnic bělovaječných. Rovněž Tůmová a Skřivan (1994) porovnávali technologickou hodnotu vajec nosnic Hisex Brown a Hisex White a zjistili vyšší hodnoty indexu tvaru žloutku u hnědovaječných nosnic Hisex Brown.

Genotyp signifikantně ( $P \leq 0,001$ ) ovlivnil procentuální podíl žloutku, kdy vyšší procentuální podíl žloutku byl zjištěn u Dominanta leghorn D 229, což je v souladu s výsledky autorů El-Sheikh et al. (2014), kteří zjistili vyšší procentuální podíl žloutku u bělovaječných nosnic Hy-line W-36 než u hnědovaječných nosnic Hy-line hnědý. Rovněž

Tůmová et al. (1993) zaznamenali výrazně nižší procentuální podíl žloutku u hnědovaječné nosnice Hisex Brown než u bělovaječné nosnice D 29. Scott and Silversides (2000) zaznamenali vyšší procentuální podíl žloutku u bělovaječných nosnic ISA White oproti hnědovaječným nosnicím ISA Brown. Arent et al. (1997) udávají, že s rostoucí hmotností vejce, roste také procentuální podíl žloutku ve vejci. Tůmová a Skřivan (1994) porovnávali technologickou hodnotu vajec nosnic Hisex Brown a Hisex White, ale výsledky neprokázaly vyšší podíl žloutku u těžších vajec.

Barva žloutku nebyla signifikantně ovlivněna genotypem, což je v souladu s výsledky autorů Alsobayel and Albadry (2011). S tímto nekorespondují výsledky autorů El-Sheikh et al. (2014), kteří zjistili tmavší barvu žloutku u hnědovaječných nosnic Hy-line hnědý. Obdobně Stojčič et al. (2012) zaznamenali u hnědovaječných nosnic tmavší barvu žloutku než u bělovaječných.

Hmotnost skořápky nebyla signifikantně ovlivněna genotypem, což je v souladu s výsledky autorů Alsobayel and Albadry (2011). Oproti tomu El-Sheikh et al. (2014) zjistili vyšší hmotnost skořápky u hnědovaječných nosnic než u bělovaječných, což je v souladu s výsledky autorů Jones et al. (2010), kteří zjistili u hnědých vajec hmotnost skořápky 5,98 g, zatímco u bílých vajec 5,31 g. Scott and Silversides (2000) udávají vyšší hmotnost skořápky u hnědovaječných nosnic oproti nosnicím bělovaječným. Také Ledvinka et al. (2000) ve své práci uvádějí vyšší hmotnost skořápky u hnědovaječných nosnic Dominant D 102 než u bělovaječných nosnic leghorn. Bozkurt and Tekerli (2009) zjistili u hnědovaječného hybridu ISA Brown (6,0 g) vyšší hmotnost skořápky než u bělovaječného Lohmann white (5,9 g). Hmotnost vajec přímo ovlivňuje jejich velikost a tloušťku skořápky. Harms et al. (1990) uvádí rozsah korelace mezi hmotností vejce a tloušťkou skořápky 0,92 až 0,97.

Procentuální podíl skořápky byl významně ovlivněn ( $P \leq 0,001$ ) genotypem, přičemž vyšší byl u genotypu Dominant leghorn D 229, v porovnání s Dominantem hnědým D 102. V rozporu s těmito výsledky jsou El-Sheikh et al. (2014), kteří zjistili vyšší procentuální podíl skořápky u hnědovaječných nosnic než u bělovaječných. Skřivan (1990) zjistil u hnědovaječných nosnic Moravia SSL signifikantně nižší podíl skořápky než u bělovaječného hybridu Shaver Starcross 288. Tůmová et al. (1993) udávají, že procentuální zastoupení skořápky u hnědovaječného Hisexe (11,23 až 11,27 %) je ve srovnání s bělovaječným hybridem D 29 (11,88 až 11,93 %) průkazně nižší. Rayan et al., (2013) konstatují vyšší procentuální podíl skořápky u hnědovaječných nosnic než u bělovaječných. Basmacioglu and Ergul (2005) nezjistili průkazný vliv genotypu na procentuální podíl skořápky ve vejci.

Deformace vaječné skořápky nebyla průkazně ovlivněna genotypem, kdežto bělovaječné nosnice Dominant D 229 měly pevnější skořápku ( $41,85 \text{ N.cm}^{-2}$ ) oproti hnědovaječným nosnicím Dominant D 102 ( $36,14 \text{ N.cm}^{-2}$ ), což není v souladu s výsledky Tůmové et al. (1993), kteří udávají u vajec nosnic Hisex Brown významně vyšší pevnost skořápky oproti bělovaječné kombinaci D 29. Rovněž Jones et al. (2010) zjistili pevnější skořápku u hnědých vajec oproti vejcům bílým. Alsobayel and Albadry (2011) nezjistili průkazný vliv genotypu na pevnost skořápky.

Tloušťka skořápky byla průkazně ( $P \leq 0,001$ ) ovlivněna genotypem. Silnější skořápku vykazovala vejce bělovaječných nosnic Dominant leghorn D 229 (0,35 mm) oproti vejcům hnědovaječných nosnic Dominant hnědý D 102 (0,33 mm). V souladu s těmito výsledky jsou výsledky autorů Hunton (1982), Halaj a Grofik (1994), Leyendecker et al. (2001b), i Skřivan (1990), který zjistil u hnědovaječných nosnic Moravia SSL signifikantně tenčí skořápku než u bělovaječného hybridu Shaver Starcross 288. V rozporu s předešlým tvrzením jsou výsledky autorů El-Sheikh et al. (2014) i Tůmová et al. (1993), kteří zjistili vyšší tloušťku skořápky u nosnic Hy-line hnědý. Rovněž Ledvinka et al. (2000) uvádějí u hnědovaječných nosnic silnější skořápku než u bělovaječných. Dle autorů Jones et al. (2010) je tloušťka skořápky rovněž silnější u hnědých vajec (0,38 mm) než u vajec bílých (0,36 mm). Alsobayel and Albadry (2011) nezjistili průkazný vliv genotypu na tloušťku skořápky, což je v souladu s výsledky autorů Basmacioglu and Ergul (2005).

Bělovaječné nosnice Dominant D 229 měly světlejší barvu skořápky v porovnání s hnědovaječnými nosnicemi Dominant D 102, což je dáno genotypovou příslušností.

## 7 Závěr

Cílem práce bylo porovnat kvalitu vajec, především jejich technologickou hodnotu, u vybraných linií nosného typu slepic Dominant. Konkrétně se jednalo o dva hybridy, z nichž jeden byl hnědovaječný (Dominant D 102) a druhý bělovaječný (Dominant D 229). Vliv genotypu na jednotlivé parametry kvality vajec byl průkazně zjištěn u hmotnosti vejce, indexu tvaru vejce a žloutku, hmotnosti bílku a žloutku, procentuálního podílu bílku, žloutku a skořápky, tloušťky, pevnosti a barvy skořápky. Hypotéza se nepotvrdila u hmotnosti skořápky, indexu tvaru bílku, barvy žloutku, Haughových jednotek a deformace skořápky. Hnědovaječné nosnice D 102 měly vyšší hodnoty než bělovaječné nosnice u parametrů hmotnost vejce, index tvaru vejce, index tvaru žloutku, hmotnost bílku a žloutku a procentuální podíl bílku. Oproti tomu u bělovaječných nosnic D 229 byly zjištěny vyšší hodnoty pro procentuální podíl žloutku a skořápky, tloušťku a pevnost skořápky. Nejvýraznější rozdíly mezi genotypy byly zaznamenány u hmotnosti vajec, hmotnosti bílku, procentuálního podílu bílku a pevnosti skořápky. Průměrná hmotnost vajec hnědovaječných nosnic činila 64,57 g a bělovaječných nosnic 59,98 g. Hnědovaječné nosnice Dominant D 102 měly vyšší hmotnost bílku (41,11 g) oproti bělovaječným nosnicím Dominant D 229 (37,06 g). Rozdíl téměř 2 % byl zaznamenán u procentuálního podílu bílku, kde u hnědých vajec byl podíl bílku 63,68 %, zatímco u bílých vajec 61,84 %. Výrazný rozdíl byl také v pevnosti skořápky, kde vyšší pevnost měly bělovaječné nosnice ( $41,85 \text{ N. cm}^{-2}$ ) v porovnání s hnědovaječnými ( $36,14 \text{ N. cm}^{-2}$ ).

Z výsledků vyplývá, že pro obchodníky i producenty budou mít z hlediska kvality skořápky pravděpodobně větší význam bělovaječní hybridy, i co se týče např. výskytu krevních a masových skvrn, zatímco z hlediska hmotnosti vajec to budou hybridy hnědovaječní. Spotřebitel je, co se týče výběru vajec, ovlivněn omezenou nabídkou vajec na trhu, kde převládají vejce s hnědou barvou skořápky. Producenti upřednostňují hnědovaječné genotypy nosnic před bělovaječnými.

Genotyp má prokazatelný vliv na některé parametry kvality vajec, ačkoliv bývá často v interakci s jinými faktory, jako je např. systém ustájení nebo výživa. Vhodný genotyp nosnic bychom proto měly vybírat dle podmínek, za jakých je budeme chovat, ať už jde o drobnochovy nebo velkochovy.

## 8 Seznam použité literatury

Abrahamsson, P., Tauson, R. 1993. Effect of perches at different positions in conventional cages for laying hens of two different strains. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*. 43 (4). 228-235.

Ahn, D. U., Sell, J. L., Jo, C., Chamruspollert, M., Jeffrey, M. 1999. Effect of dietary conjugated linoleic acid on the quality characteristics of chicken eggs during refrigerated storage. *Poultry Science*. 78 (6). 922-928.

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

Alewi, M., Melesse, A., Teklegiorgis, Y. 2012. Crossbreeding effect on egg quality traits of local chickens and their F1 crosses with Rhode Island Red and Fayoumi chicken breeds under farmers' management conditions. *Journal of Animal Science Advances*. 2 (8). 697-705.

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

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.

Altuntas, E., Sekeroglu, A. 2008. Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs. *Journal of Food Engineering*. 88 (1). 149-149.

Anderson, K. E., Adams, A. W. 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 (8). 1233-1240.



Anon. 2009. Factors that influence egg weight: how to change it to meet market requirements [online]. Isapoultry. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z

<http://www.isapoultry.com/~media/Files/ISA/Information/Technical%20Bulletins/Management%20Commercial%20Stock/Factors%20that%20influenced%20egg%20weight.pdf>.

Arafa, A. S., Harms, R. H., Miles, R. D., Christmas, R. B., Choi, J. H. 1982. Quality characteristics of eggs from different strains of hens as related to time of oviposition. Poultry Science. 61 (5). 842–847.

Arent, E., Tůmová, E., Ledvinka, Z., Holoubek, J. 1997. The effect of plane of nutrition on egg quality in laying hens of different genotypes. Živočišná výroba. 42 (9). 427-732.

Balnavé, D., Muheereza, S. K. 1997. Improving eggshell quality at high temperatures with dietary sodium bicarbonate. Poultry Science. 76 (4). 588-593.

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

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

Bell, D. D., Weaver, W. D. 2002. Commercial chicken meat and egg production. Springer Science and Business Media. p. 1365. ISBN: 9780792372004.

Bodoková, S. Jak je to se slepicemi a vejci. [online]. Agronavigator. 13. března 2008 [cit. 2014-3-26]. Dostupné z

<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=72039&ids=1462> >.

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

- Brooks, R. C. 1971. Egg shell breakage is costing you money. *Poultry Tribune*. 77 (3). 22-36.
- Buss, E. G., Guyer, R. B. 1982. Genetic differences in avian egg shell formation. *Poultry Science*. 61 (10). 2048-2055.
- Campo, J. L. 1995. Comparative yolk cholesterol content in four Spanish breeds of hens, an F2 cross, and a White Leghorn population. *Poultry Science*. 74 (7). 1061-1066.
- Campo, J. L., Gil, M. G., Davila, S. G. 2007. Differences among white-, tinted-, and brown-egg laying hens for incidence of eggs laid on the floor and for oviposition time. *Archiv für Geflügelkunde*. 71 (3). 105-109.
- Crawford, R. D. 1990. *Poultry breeding and genetics*. Elsevier. Amsterdam. p. 1123. ISBN: 9780444885579.
- Curtis, P. A., Gardner, F. A., Mellor, D. B. 1985. A comparison of selected quality and compositional characteristics of brown and white shell eggs. 2. Interior quality. *Poultry Science*. 64 (2). 302-306.
- De Andrade, A. N., Rogler, J. C., Featherston, W. R., Alliston, C. W. 1977. Interrelationships between diet and elevated temperature (cyclic and constant) on egg production and shell quality. *Poultry Science*. 56 (4). 1178-1188.
- De Reu, K., Messens, K., Grijspeerdt, K., Heyndrickx, M., Uyttendaele, M., Herman, L. 2004. Assessment of the eggshell penetration by different bacteria, including *Salmonella* Enteritidis, isolated from the egg contents of consumption eggs. In: *Proceedings of the XXIIth World's Poultry Congress*. Istanbul. p. 367.
- 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 (2). 149-155.

De Reu, K., Heyndrickx, M., Grijspeerd, K., Rodenburg, T. B., Tuytens, F., Uyttendaele, M., Debevere, J., Herman, L. 2008. Estimation of the vertical and horizontal bacterial infection of hen's table eggs. *Worlds Poultry Science Journal*. 64. 142-146.

Dostálová, J. 1993. Světové tendence ve spotřebě a kvalitě vajec: (studijní zpráva). *Výživa a potraviny*. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 40 s. ISSN: 08623562.

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

El-Sheikh, T. M., Abdel-Kareem, A. A. A., Youns, S. 2014. Egg quality traits and shell microbial contaminations in two commercial layers strains affected by flock age and storage period. 7<sup>th</sup> International Poultry Conference – Proceeding. 208-224. Dostupné z [http://www.academia.edu/9420848/egg\\_quality\\_traits\\_and\\_shell\\_microbial\\_contaminations\\_in\\_two\\_commercial\\_layer\\_strains\\_affected\\_by\\_flock\\_age\\_and\\_storage\\_period](http://www.academia.edu/9420848/egg_quality_traits_and_shell_microbial_contaminations_in_two_commercial_layer_strains_affected_by_flock_age_and_storage_period).

Emery, D. A., Vohra, P., Ernst, R. A., Morrison, S. R. 1984. The effect of cyclic and constant ambient-temperatures on feed consumption, egg production, egg weight, and shell thickness of hens. *Poultry Science*. 63 (10). 2027-2035.

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. 14-16 s. ISBN: 9788074030949.

FAO. 2003. Egg marketing. A guide for the production and sale of eggs. *FAO Agricultural Services Bulletin*. ISSN 1010-1365. Dostupné z <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4628E/y4628E00.pdf>.

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

- Francesch, A., Estany, J., Alfonso, L., Iglesias, M. 1997. Genetic parameters for egg number, egg weight and eggshell color in three catalan poultry breeds. *Poultry Science*. 76 (12). 1627-1631.
- Froning, G. W. 1973. Effect of temperature and moisture on breaking strength of egg-shell. *Poultry Science*. 52 (6). 2332-2333.
- Gavril, R., Usturoi, M. G. 2012. Effects of temperature and storage time on hen eggs quality. *Seria Zootehnie*. 56. 259-264.
- Grunder, A. A., Fairfull, R. W., Hamilton, R. M. G., Thompson, B. K. 1991. Correlations between measures of eggshell quality or percentage of intact eggs and various economic traits. *Poultry Science*. 70 (9). 1855-1860.
- Hagger, C., Steigerstafl, D., Marguerat, C. 1986. Embryonic mortality in chicken eggs as influenced by egg weight and inbreeding. *Poultry Science*. 65 (4). 812-814.
- Halaj, M. 1974. Study of dynamics of egg laying and properties during a day. *Acta Zootechnica*. 28. 162-171.
- Halaj, M. 1979. Štúdium vzťahu medzi vlastnosťami slepačích vajec. II. Korelácia medzi vlastnosťami škrupiny počas znášky. *Poľnohospodárstvo*. 25 (9). 749-755 s.
- Halaj, M., Szoby, L. 1977. Štúdium dynamiky znášky a vlastností vajec počas dňa v priebehu znáškového cyklu I. Frekvencia znášky, hmotnosti vajec a vlastností škrupiny. *Poľnohospodárstvo*. 23. 187-195.
- Halaj, M., Grofík, R. 1994. The relationship between egg shell strength and hens features. *Živočišná výroba*. 39. 927-934.
- Halaj, M., Golian, J. 2011. Vajce - biologické, technické a potravinárske využitie. Garmond. Nitra. 222 s. ISBN: 9788089148707.

- Halaj, M., Benkova, J., Baumgartner, J. 1998. Parameters of hen egg quality in various breeds and strains. *Czech Journal of Animal Science*. 43 (8). 375-378.
- Hamilton, R. M. G., Thompson, B. K., Voisey, P. W. 1979. Effects of age and strain on the relationships between destructive and nondestructive measurements of eggshell strength for white leghorn hens. *Poultry Science*. 58 (5). 1125-1132.
- Hamilton, R. M. G. 1982. Methods and factors that affect the measurement of eggshell quality. *Poultry Science*. 61 (10). 2022–2039.
- Harms, R. H., Hussein, S. M. 1993. Variation in yolk: albumen ratio in hen eggs from commercial flocks. *The Journal of Applied Poultry Research*. 2 (2). 166-170.
- Harms, R. H., Rossi, A. F., Sloan, D. R., Miles, R. D., Christmas, R. B. 1990. A method for estimating shell weight and correcting specific gravity for egg weight in egg shell quality studies. *Poultry Science*. 69 (1). 48-52.
- Harms, R. H., Douglas, C. R., Sloan, D. R. 1996. Midnight feeding of commercial laying hens can improve eggshell quality. *Journal of Applied Poultry Research*. 5 (1). 1-5.
- Hartmann, C., Johansson, K., Strandberg, E., Wilhelmson, M. 2000. One-generation divergent selection on large and small yolk proportions in a White Leghorn line. *British Poultry Science*. 41 (3). 280-286.
- Hasan, A., Okur, A. A. 2009. Effect of storage time, temperature and hen age on eggquality in free-range layer hen. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 8 (10). 1953-1958.
- Heil, G., Hartmann, W. 1997. Combined summaries of European random sample egg production tests completed in 1995 and 1996. *Worlds Poultry Science*. 53 (3). 291-296.
- Hejlová, Š. 2001. *Hygiena a technologie vajec a vaječných výrobků*. Straka. Újezd u Brna. 71 s. ISBN: 8090277586.

Hocking, P. M., Bain, M., Channing, C. E., Fleming, R., Wilson, S. 2003. Genetic variation for egg production, egg quality and bone strength in selected and traditional breeds of laying fowl. *British Poultry Science*. 44 (3). 365-373.

Holoubek, J., Hubený, M. Chov drůbeže z pohledu ekonomiky produkce, legislativních opatření, dopadů na životní prostředí a optimalizace výroby [online]. Česká zemědělská univerzita v Praze. 2002. [cit. 2015 – 3 - 5]. Dostupné z [http://www.agris.cz/Content/files/main\\_files/74/152427/holoubek.pdf](http://www.agris.cz/Content/files/main_files/74/152427/holoubek.pdf).

Hughes, R. J. 1988. Interrelationships between egg-shell quality, blood acid-base-balance and dietary electrolytes. *Worlds Poultry Science Journal*. 44 (1). 30-40.

Hunton, P. 1982. Genetic-factors affecting eggshell quality. *Worlds Poultry Science Journal*. 38 (2). 75-84.

Hussein, S. M., Harms, R. H., Janky, D. M. 1993. Effect of age on the yolk to albumen ratio in chicken eggs. *Poultry Science*. 72 (3). 594-597.

Jelínek, K. 1996. Defektní skořápka – jeden z problémů v produkci vajec. *Živočišná výroba*. 41 (8). 375-379.

Johnston, S. A., Gous, R. M. 2007. Modelling the changes in the proportions of the egg components during a laying cycle. *British Poultry Science*. 48 (3). 347-353.

Jones, D. R., Musgrove, M. T. 2005. Effects of extended egg storage on egg quality factors. *Poultry Science*. 84 (11). 1774–1777.

Jones, D. R., Musgrove, M. T., Anderson, K. E., Thesmar, H. S. 2010. Physical quality and composition of retail shell eggs. *Poultry Science*. 89 (3). 582-587.

Kačániová, M., Čuboň, J., Haščík, P., Nováková, I., Kňazovická, V., Prívarová, Š., Arpášová, H. 2008. Mikrobiologická kvalita vajec po přidání biologicky účinných látek. In: Poultry - Techagro 2008: Možnosti zvyšování kvality vajec a drůbežního masa [sborník z mezinárodní konference: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně: 8. dubna 2008]. Brno. 56-59 s. ISBN: 9788073751654.

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 (9). 1320-1332.

King'ori, A. M. 2012. Egg Quality Defects: Types, Causes and Occurrence. *Journal of Animal Production Advances*. 2 (8). 350-357.

Kirunda, D. F., Scheideler, S. E., McKee, S. R. 2001. The efficacy of vitamin E (DL-alpha-tocopheryl acetate) supplementation in hen diets to alleviate egg quality deterioration associated with high temperature exposure. *Poultry Science*. 80 (9). 1378-1383.

Klecker, D., Zeman, L., Pokludová, M., Slavíčková, M. 2002. Porovnání jednotlivých technologických systémů v chovu slepic. In: Sborník referátů - konference "Technologické systémy v chovu drůbeže". Brno. 9 – 12 s.

Koga, O., Fujihara, N., Yoshimura, Y. 1982. Scanning electron micrograph of surface structures of soft – shelled eggs laid by regularly laying hens. *Poultry Science*. 61 (2). 403-406.

Košář, K., Navarová, H., Procházka, D. 2004. Zásady welfare a nové standardy EU v chovu drůbeže. Výzkumný ústav živočišné výroby Praha – Uhřetěves. 54 s. ISBN: 8086454460.

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

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

- 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 (11). 466-471.
- Ledvinka, Z. 2003. The effect of internal and external factors on the quality of eggs. *Advanced PhD Thesis. CULS in Prague*. p. 143.
- Ledvinka, Z., Klesalová, L. 2002. Hmotnost vajec a faktory, které ji ovlivňují. *Náš chov*. 62 (7). 54.
- Ledvinka, Z., Klesalová, L. 2003. Výskyt krevních a masových skvrn ve vejcích slepic. *Náš chov*. 63 (1). 52.
- Ledvinka, Z., Tůmová, E., Arent, E., Holoubek, J., Klesalová, L. 2000. Egg shell quality in some white-egged and brown-egged cross combinations of dominant hens. *Czech Journal of Animal Science*. 45 (6). 285-288.
- Ledvinka, Z., Tůmová, E., Ebeid, T., Klesalová, L. 2004. Užítkovost nosnic a kvalita vajec slepic chovaných v odlišných podmínkách. *Náš chov*. 64 (10). 36-38.
- Ledvinka, Z., Tůmová, E., Klesalová, L., Zita, L. 2005. Kvalita vajec v různých systémech chovu nosnic. *Agromagazín*. 16 (6). 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 (5). 242-249.
- Ledvinka, Z., Tůmová, E., Englmaierová, M., Podsednicek, M. 2012. Egg quality of three laying hen genotypes kept in conventional cages and on litter. *Archiv für Geflügelkunde*. 76 (1). 38-43.
- Leeson, S., Summers, J. D. 1987. Effect of immature body weight on laying performance. *Poultry Science*. 66 (12). 1924–1928.



- Leeson, S., Caston, L., Summers, J. D. 1997. Layer performance of four strains of leghorn pullets subjected to various rearing programs. *Poultry Science*. 76 (1). 1–5.
- Leyendecker, M., Hamann, H., Hartung, J., Kamphues, J., Ring, C., Gluender, G., Ahlers, C., Sander, I., Neumann, U., Distl, O. 2001a. Analysis of genotype environment interactions between layer lines and housing systems for performance traits, egg quality and bone breaking strength. 1st communication: Performance traits. *Züchtungskunde*. 73 (4). 290-307.
- Leyendecker, M., Hamann, H., Hartung, J., Kamphues, J., Ring, C., Glünder, G., Ahlers, C., Sander, I., Neumann, U., Distl, O. 2001b. Analysis of genotype environment interactions between layer lines and housing systems for performance trails, egg quality and bone strength. 2nd communication: Egg quality traits. *Züchtungskunde*. 73 (4). 308-323.
- Lichovnikova, M., Zeman, L. 2008. Effect of housing system on the calcium requirement of laying hens and on eggshell quality. *Czech Journal of Animal Science*. 53 (4). 162–168.
- Lichovníková, M., Klecker, D., Zeman, L. 2003. Porovnání užítkovosti slepic chovaných v konvenční a obohacené klecové technologii. In: *Sborník referátů mezinárodní konference „Současnost a perspektivy chovu drůbeže“*. Praha. 140 – 142 s. ISBN: 8021310375.
- Liu, X., Zhao, H. L., Thiessen, S., House, J. D., Jones, P. J. H. 2010. Effect of plant sterolenriched diets on plasma and egg yolk cholesterol concentrations and cholesterol metabolism in laying hens. *Poultry Science*. 89 (2). 270-275.
- Lubritz, D. L., Smith, J. L. 1996. Genetic parameter estimates for egg production in dwarf broiler breeders. *Journal of Applied Poultry Research*. 5 (4). 305-310.
- Lwelamira, J., Kifaro, G. C., Gwakisa, P. S. 2009. Genetic parameters for body weights, egg traits and antibody response against Newcastle Disease Virus (NDV) vaccine among two Tanzania chicken ecotypes. *Tropical Animal Health and Production*. 41 (1). 51-59.

- Mahmoud, K. Z., Beck, M. M., Scheideler, S. E., Forman, M. F., Anderson, K. P., Kachman, S. D. 1996. Acute high environmental temperature and calcium-estrogen relationships in the hen. *Poultry Science*. 75 (12). 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 (2). 51-57.
- Machander, V. 2007. Užítkovost slepic v konvenčních a obohacených klecích. *Náš chov*. 67 (3). 12-13.
- Mashaly, M. M., Hendricks, G. L., Kalama, M. A., Gehad, A. E., Abbas, A. O., Patterson, P. H. 2004. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poultry Science*. 83 (6). 889-894.
- Mitrovic, S., Pandurevic, T., Milic, V., Djekic, V., Djermanovic, V. 2010. Weight and egg quality correlation relationship on different age laying hens. *Journal of Food Agriculture Environment*. 8 (3). 580–583.
- Miyoshi, S., Inouf, K., Luc, K. M., Kuchida, K., Mitsumoto, T. 1997. Intra-clutch changes in egg composition and shell quality in laying hens. *Japanese Poultry Science*. 34 (4). 273-281.
- Moorthy, M., Sundaresan, K., Viswanathan, K. 2000. Effect of feed and system management on egg quality parameters of commercial White Leghorn Layers. *Indian Veterinary Journal*. 77 (3). 233–236.
- Mostert, B. E., Bowes, E. H., Walt, J. C. 1995. Influence of different housing systems on the performance of hen of four laying strains. *South African Journal of Animal Science*. 25 (3). 80–86.
- Muiruri, H. K., Harrison, P. C. 1991. Effect of roost temperature on performance of chickens in hot ambient environments. *Poultry Science*. 70 (11). 2253-2258.

Musil, F. 1956. Mikrobiologie vajec a vaječných výrobků. Státní nakladatelství technické literatury. Praha. 68 s.

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

Nedomová, Š., Simeonová, J. 2008. Jakostní parametry vajec. In: Poultry – Techagro. Možnosti zvyšování kvality vajec a drůbežího masa. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. 56-59 s. ISBN: 978-80-7375-165-4.

Nordstrom, J. O. 1973. Duration of egg formation in chickens during heat stress. Poultry Science. 52 (5). 1687-1690.

Odabasi, A. Z., Miles, R. D., Balaban, M. O., Portier, K. M. 2007. Changes in brown eggshell color as the hen ages. Poultry Science. 86 (2). 356-363.

Odom, T. W., Harrison, P. C., Bottje, W. G. 1986. Effects of thermal induced respiratory alkalosis on blood ionized calcium levels in the domestic hen. Poultry Science. 65 (3). 570-573.

Ojedapo, L. O. 2013. Effect of age and season on egg quality traits of brown layer strainreared in derived savanna zone of Nigeria. Transnational Journal of Science and Technology. 3 (7). 48-60.

Oloyo, R. A. 2003. Effect of age on total lipid and cholesterol of hen eggs. Indian Journal of Animal Science. 73 (1). 94-96.

Patterson, P. H., Koelkebeck, K. W., Bell, D. D., Carey, J. B., Anderson, K. E., Darre, M. J. 2001. Egg marketing in national supermarkets: Specialty eggs – Part 2. Poultry Science. 80 (4). 390–395.

Pavlovski, Z., Hopic, S., Vracar, S., Masic, B. 1994. The effect of housing system on external egg quality trans in small flaks of layers. Biotechnology Stocar. 10 (5). 13–19.

- Pavlovski, Z., Vitorović, D., Skrbić, Z., Vracar, S. 2000. Influence of limestone particle size in diets for hens and oviposition time on eggshell quality. *Acta Veterinaria*. Beograd. 50 (1). 37–42.
- Pištěková, V., Hovorka, M., Večerek, V., Straková, E., Suchý, P. 2006. The quality comparison of eggs laid by laying hens kept in battery cages and in a deep litter system. *Czech Journal of Animal Science*. 51 (7). 318–325.
- Poggenpoel, D. G., Ferreira, G. F., Hayes, J. P., du Preez, J. J. 1996. Response to long-term selection for egg production in laying hens. *British Poultry Science*. 37 (4). 743-756.
- Rao, S. K., Roland, D. A., Orban, J. I., Rabon, H. W., Bryant, M. M. 1995. Age at sexual maturity influences the response of single comb white leghorn pullets to marginal and low-levels of dietary phosphorus. *Journal Of Nutrition*. 125 (5). 1342-1350.
- Rayan, G. N., Mahrous, M. Y., Galal, A., El-Attar, A. H. 2013. Study of some productive performance and egg quality traits in two commercial layer strains. *Egyptian Poultry Science Journal*. 33 (2). 357-369.
- Renema, R. A., Robinson, F. E., Goerzen, P. R., Zuidhof, M. J. 2001. Effects of altering growth curve and age at photostimulation in female broiler breeders. 2. Egg production parameters. *Canadian Journal of Animal Science*. 81 (4). 477– 486.
- Rizzi, C., Chiericato, G. M. 2005. Organic farming production. Effect of age on the productive yield and egg quality of hens of two commercial hybrid lines and two local breeds. *Italian Journal of Animal Science*. 4 (3). 160-162.
- Robinson, D., Sheridan, A. K. 1982. Effects of restricted feeding in growing and laying period on the performance of White Leghorn by Australorp cross-bred and White Leghorn strain cross chickens. *British Poultry Science*. 23 (3). 199–214.
- Roland, D. A., Bryant, M., Roland, A., Self, J. 1997. Performance and profits of commercial Leghorns as influenced by cage row position. *Journal of Applied Poultry Research*. 6 (3). 284–289.

Roubalová, M. 2014. Situační a výhledová zpráva - Drůbež a vejce. Ministerstvo zemědělství. 62 s. ISBN: 9788074341700.

Samli, H. E., Agma, A., Senkoylu, N. 2005. Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 14 (3). 548-553.

Saprykin, L., Rjjabokon, V. 1987. Pročnosť skorupy jajc kur. *Pticevodstvo*. 10. 41–44.

Scott, T. A., Balnave, D. 1988. Influence of dietary energy, nutrient density and environmental-temperature on pullet performance in early lay. *British Poultry Science*. 29 (1). 155-156.

Scott, T. A., Silversides, F. G. 2000. The effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poultry Science*. 79 (12). 1725-1729.

Schneiderová, P. 2006. Předpověď praskání vaječné skořápky [online]. *Agronavigátor*. 21. září 2006. [cit. 2015-02-18]. Dostupné z <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=0&typ=1&val=51608&ids=0>.

Scholz, B., Rönchen, S., R., Hamann, H., Süri, Ch., Neumann, U., Kamphues, J., Distl, O. 2008. Evaluation of bone strength, keel bone deformity and egg quality of laying hens housed in small group housing systems and furnished cages in comparison to an aviary housing system. *Archiv Tierzucht*. 51 (2). 179-186.

Silversides, F. G., Scott, T. A. 2001. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Science*. 80 (8). 1240-1245.

Silversides, F. G., Budgell, K. L. 2004. The relationships among measures of egg albumen height, pH and whipping volume. *Poultry Science*. 83 (10). 1619-1623.

Simeonová, J., Kalová, J. 1993. Mechanical-properties of eggshell in rhode-island red and white leghorn breeds. *Živocíšná výroba*. 38 (11). 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 (6). 269-272.

Singh, R., Cheng, K. M., Silversides, F. G. 2009. Production performance and egg quality of four strains of laying hens kept in conventional cages and floor pens. *Poultry Science*. 88 (2). 256-264.

Siyar, S. A. H., Aliarabi, H., Ahmadi, A., Ashori, N. 2007. Effect of different storage conditions and hen age on egg quality parameters. In: *Proceedings of the 19th Australian Poultry Science Symposium*. Sydney. p. 106-109.

Skřivan, M. 1990. Užitkovost kontrastních typů slepic z hlediska velkovýroby vajec. *Vysoká škola zemědělská v Praze*. Praha. 77 s. ISBN: 8021300639.

Skřivan, M., Tůmová, E., Vondrka, K., Dousek, J., Lancová, B., Ouředník, J., Oplť, J. 2000. *Drůbežnictví 2000*. Agrospoj. Praha. 203 s. ISBN: 8023942255.

Směrnice Rady Evropské Unie č. 74/1999. Minimální požadavky na ochranu nosnic. *Official Journal L*. 53 – 57.

Smith, A. J., Oliver, J. 1971. Some physiological effects of high environmental temperatures on laying hen. *Poultry Science*. 50 (3). 912-925.

Smith, A., Rose, S. P., Wells, R. G., Pirgozliev, V. 2000. The effect of changing the excreta moisture of caged laying hens on the excreta and microbial contamination of their egg shells. *British Poultry Science*. 41 (2). 168–173.

Stojčič, M. D., Perič, L., Milošević, N., Rodič, V., Glamočič, D., Škrbič, Z., Lukič, M. 2012. Effect of genotype and housing system on egg production, egg quality and welfare of laying hens. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 10 (2). 556-559.

Suk, Y. O., Park, C. 2001. Effect of breed and age of hens on the yolk to albumen ratio in two different genetic stocks. *Poultry Science*. 80 (7). 855-858.

Summers, J. D., Leeson S. 1983. Factors influencing egg size. *Poultry Science*. 62 (7). 1155–1159.

Šatava, M., Hudský, Z., Košař, K., Mikolášek, A., Peter, V., Sochor, O., Špaček, F. 1984. *Chov drůbeže (velká zootechnika)*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 505 s. ISBN: 0704084.

Tabidi, M. H. 2011. Impact of storage period and quality on composition of Table egg. *Advances in Environmental Biology*. 5 (5). 856-861.

Tanaka, T., Hurnik, J. F. 1992. Comparison of behavior and performance of laying hens housed in battery cages and aviary. *Poultry Science*. 71 (2). 235 – 243.

Tauson, R. 2005. Management and housing systemes for layers – effect on welfare and production. *Worlds Poultry Science Journal* . 61 (3). 477 – 490.

Tavčar, T. 2009. Cholesterol content in the eggs of Slovenian local breeds of hens. Graduation thesis. University of Ljubljana. Biotechnical Faculty. Zootechnical Department. p. 45.

Tebesi, T., Madibela, O. R., Moreki, J. C. 2012. Effect of storage time on internal and external characteristics of guinea fowl (*numida meleagris*) eggs. *Journal of Animal Science Advances*. 2 (6). 534-542.

Terčič, D., Holcman, A. 2010. The effect of production type and age of hens on the major egg components. *Acta Agraria Kaposváriensis*. 14 (2). 75-81.

Tona, K., Onagbesan, O., De ketelaere, B., Decuyper, E., Bruggeman, V. 2004. Effects of age of broiler breeders and egg storage on egg quality, hatchability, chick quality, chick weight, and chick posthatch growth to forty-two days. *Journal of Applied Poultry Research*. 13 (1). 10-18.

Tuláček, F. 2002. *Chov hrabavé drůbeže*. Brázda. Praha. 160 s. ISBN: 8020903097.

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". ČZU Praha. 31-36 s. ISBN: 9788021322851.

Tůmová, E., Skřivan, M. 1994. Vztah fyzikálních vlastností vajec, genotypu a krmiva. In: Sborník Vysoké školy zemědělské v Praze. Praha. 33-35 s.

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

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

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

Tůmová, E., Ledvinka, Z. 2009. The effect of time of oviposition and age on egg weight, egg components weight and eggshell quality. *Archiv für Geflügelkunde*. 73 (2). 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. 15-17 s.

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

Tůmová, E., Englmaierová, M., Zita, L. 2008. Penetrace mikroorganismů do vejce v závislosti na ustájení, kvalitě skořápky a době skladování. In: *Poultry - Techagro 2008: Možnosti zvyšování kvality vajec a drůbežního masa [sborník z mezinárodní konference: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně: 8. dubna 2008]*. Brno. 56-59 s. ISBN: 9788073751654.



Tůmová, E., Ledvinka, Z., Skřivan, M., Englmaierová, M., Zita, L. 2008. Effect of time of oviposition on egg quality in egg and meat type hens. *Scientia Agriculturae Bohemica*. 39 (3). 269–272.

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

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

Van den Brand, H., Parmentier, H. K., Kemp, B. 2004. Effects of housing systém (outdoor vs. cages) and age of laying hens on egg characteristics. *British Poultry Science*. 45 (6). 745-752.

Van Middelkoop, J. H., Siegel, P. B. 1976. Classification of abnormal chicken eggs. 55 (4). 1563-1566.

Van Niekerk, T. C. G. M., Koerkamp, P. W. G. G., Keen, A., Smit, S. 1995. The effect of manure and litter handling and indoor climatic conditions on ammonia emissions from a battery cage and an aviary housing system for laying hens. *Netherlands Journal Of Agricultural Science*. 43 (4). 351-373.

Vits, A., Weitzenburger, D., Hamann, H., Distl, O. 2005. Production, egg quality, bone strength, claw length, and keel bone deformities of laying hens housed in furnished cages with different group sizes. *Poultry Science*. 84 (10). 1511 – 1519.

Vošlářová, E., Hanzalek, V., Vecerek, V., Straková, E., Suchý, P. 2006. Comparison between latiny hen performance in the cage system and deep liter system on a diet free from animal protein. *Acta Veterinaria Brno*. 75 (2). 219 – 225.

Vračar, S., Pavlovski, Z., Židov, N. 1992. The influence of age and hybrids of laying hens on egg components. *Peradarstvo*. 27. 43-46.

- Waddell, A. L., Board, R. G., Scott, V. D., Tullett, S. G. 1989. Influence of dietary magnesium content on laying performance and egg shell magnesium content in domestic hen. *British Poultry Science*. 30 (4). 865-876.
- Wall, H., Tauson, R. 2002. Egg quality in furnished cages for laying hens – Effects of crack reduction measures and hybrid. *Poultry Science*. 81 (3). 340-348.
- Wang, H., Slavik, M. F. 1998. Bacterial penetration into eggs washed with various chemicals and stored at different temperatures and times. *Journal of Food Protection*. 61 (3). 276-279.
- Welfare aspects of various systems for keeping laying hens. 2005. *The EFSA Journal*. 197. 1-23. Dostupné z <<http://www.efsa.europa.eu/fr/scdocs/doc/197.pdf>>.
- Wei, M., Vanderwerf, J. H. J. 1993. Animal-model estimation of additive and dominance variances in egg-production traits of poultry. *Journal of Animal Science*. 71 (1). 57-65.
- Wei, R., Bitgood, J. J., Dentine, M. R. 1992. Inheritance of Tinted Eggshell Colors in White-Shell Stocks. *Poultry Science*. 71 (3). 406-418.
- Whitehead, C. C., Bollengier-Lee, S., Mitchell, M. A., Williams. P. E. V. 1998. Vitamin E can alleviate the depressed egg production of heat-stressed laying hens. *British Poultry Science*. 39. 44-46.
- Wolc, A., Arango, J., Settar, P., O'Sullivan, N. P., Olori, V. E., White, M. S., Hill, W. G., Dekkers, J. C. M. 2012. Genetic parameters of egg defects and egg quality in layer chickens. *Poultry Science*. 91 (6). 1292-1298.
- Wolfenson, D., Frei, Y. F., Snapir, N., Berman, A. 1979. Effect of diurnal or nocturnal heat stress on egg formation. *British Poultry Science*. 20 (2). 167–174.
- Yannakopoulos, A. L., Tserveni-Gousi, A. S. 1987. Effect of egg weight and shell quality on day – old duckling weight. *Archiv für Geflügelkunde*. 51 (4). 157–159.

Yannakopoulos, A. L., Tserveni-Gousi, A. S., Nikokyris, P. 1994. Egg composition as influenced by time of oviposition, egg weight, and age of hens. *Archiv für Geflügelkunde*. 58 (5). 206–213.

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

Zhang, L. C., Ning, Z. H., XU, G. Y., Hou, Z. C., Yang, N. 2005. Heritabilities and genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in brown – egg dwarf layers. *Poultry Science*. 84 (8). 1209-1213.

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

## 9 Přílohy

### Seznam příloh

Obr. 1 Krevní skvrna na žloutku

Graf 1. Podíl bílku, žloutku a skořápky u jednotlivých genotypů

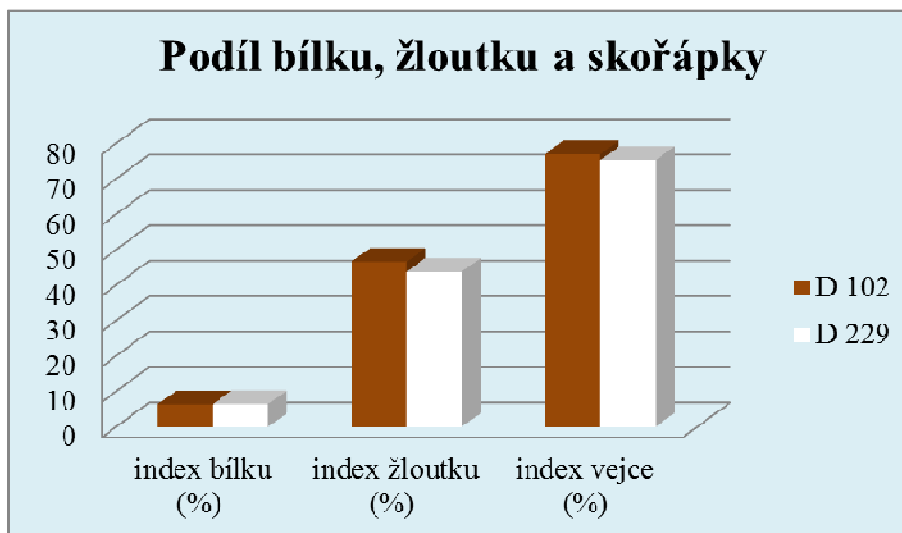
Graf 2. Hmotnost vejce, bílku, žloutku a skořápky u jednotlivých genotypů

Graf 3. Tloušťka a deformace skořápky u jednotlivých genotypů

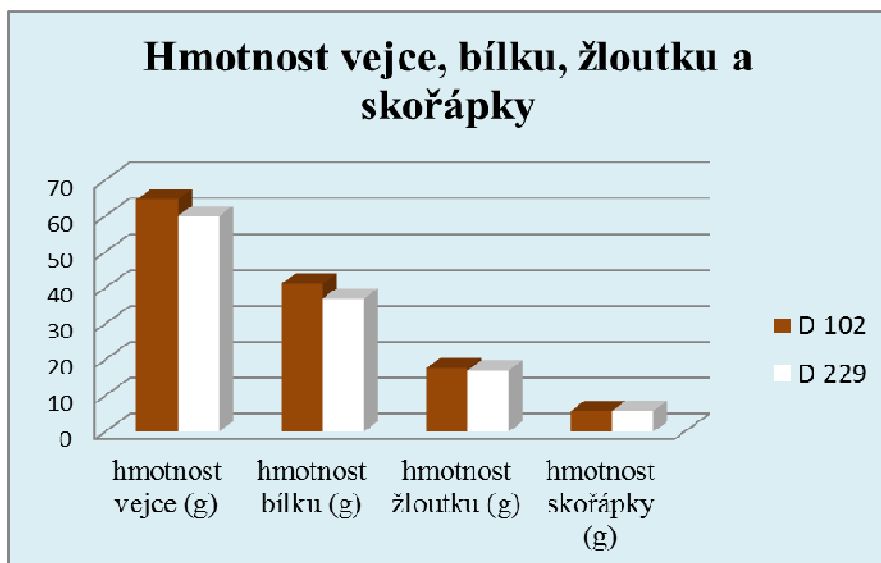
Obr. 1 Krevní skvrna na žloutku (Petra Hebíková, 2015)



Graf 1. Podíl bílku, žloutku a skořápky u jednotlivých genotypů



Graf 2. Hmotnost vejce, bílku, žloutku a skořápky u jednotlivých genotypů



Graf 3. Tloušťka a deformace skořápky u jednotlivých genotypů

