

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**



**Technologická hodnota vajec bělovaječných  
a hnědovaječných slepic v závislosti na jejich věku**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Aneta Brázdilová**

**Obor studia: Živočišná produkce**

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

© 2019 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Technologická hodnota vajec bělovaječných a hnědovaječných slepic v závislosti na jejich věku“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 5. 4. 2019

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Lukáši Zitovi, Ph.D. za profesionální přístup, odborné rady, milé a vstřícné jednání a vždy přítomnou ochotu pomoci. Dále Ing. Ludmile Klesalové za pomoc při laboratorních rozborech vajec a v neposlední řadě Milanu Trojkovi za umožnění přístupu k informacím o jeho chovu a poskytnutí vzorků vajec pro tuto diplomovou práci. Také velmi děkuji celé své rodině a zejména manželovi, za obrovskou podporu, kterou mi dávají.

# Technologická hodnota vajec bělovaječných a hnědovaječných slepic v závislosti na jejich věku

## Souhrn

Vejsce jsou nutričně bohatou potravinou, výborným zdrojem bílkovin, a proto mají ve výživě člověka důležitý význam. Vejce jsou také zdrojem vitamínů, minerálních látek i antioxidantů. Spotřebitele stále více zajímají informace o potravinách a jejich kvalitě. Kvalita vajec zahrnuje hodnocení kvality vaječné skořápky a hodnocení kvality vnitřního obsahu vejce. Technologickou kvalitu vajec ovlivňuje mnoho faktorů, mezi tyto patří faktory vnitřní (např. genotyp, věk) a vnější (např. ustájení, výživa, podmínky prostředí, stres).

Cílem diplomové práce bylo posoudit technologickou hodnotu vajec bělovaječných a hnědovaječných slepic nosného typu, ustájených ve výběhovém systému chovu, v závislosti na jejich věku. Posuzována byla vejce od genotypů nosnic Isa Brown a Dekalb White ve věku 24 až 68 týdnů, vždy po 28 dnech, 2 dny po sobě. Celkem bylo analyzováno 4320 ks vajec.

Signifikantní vliv genotypu byl potvrzen u většiny sledovaných parametrů technologické kvality vajec, s výjimkou hmotnosti vejce, hmotnosti bílku a podílu bílku. Vejce nosnic Isa Brown měla ve srovnání s vejci nosnic Dekalb White neprůkazně vyšší hmotnost vajec (59,22 vs. 58,98 g) a hmotnost bílku, avšak průkazně vyšší index vejce, hmotnost skořápky, podíl skořápky, tloušťku skořápky (0,354 vs. 0,338 mm), pevnost skořápky (43,44 vs. 41,73 N.cm<sup>-2</sup>), index žloutku a barvu žloutku. Vejce nosnic Dekalb White měla v tomto srovnání průkazně vyšší index bílku, Haughovy jednotky (86,21 vs. 81,08), hmotnost žloutku a podíl žloutku oproti Isa Brown.

Signifikantní vliv věku nosnic byl zjištěn u všech vybraných parametrů technologické kvality vajec, které byly hodnoceny. Hmotnost žloutku a podíl žloutku se zvyšovaly s věkem nosnic. Naopak bylo pozorováno snížení hmotnosti vejce, indexu vejce, pevnosti skořápky, hmotnosti bílku, podílu bílku, Haughových jednotek a indexu žloutku s věkem nosnic.

Hypotéza, že technologická hodnota vajec nebude ovlivněna genotypem slepic nosného typu a věkem nosnic, byla potvrzena jen částečně, což je patrné z výše uvedeného.

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

# **The effect of age on technological value of eggs from white- and brown- eggshell hens**

## **Summary**

Eggs are nutritionally rich food, an excellent source of protein, and therefore are important in human nutrition. Eggs are also a source of vitamins, minerals and antioxidants. Consumers are more interested in food information and quality. Egg quality includes eggshell quality assessment and assessment of inner egg quality. Many factors influence the technological quality of eggs, including internal factors (e.g. genotype, age) and external factors (e.g. housing, nutrition, environmental conditions, stress).

The aim of this thesis was to assess the technological value of white-eggshell and brown-eggshell laying hens, housed in the free-range system, depending on their age. Eggs from Isa Brown and Dekalb White genotypes at the age from 24 to 68 weeks were assessed every 28 days, 2 days in a row. A total of 4320 eggs were analyzed.

Significant influence of genotype was confirmed in the most of the monitored parameters of technological quality of eggs, with the exception of the egg weight, the albumen weight and the albumen ratio. The eggs from Isa Brown laying hens had non-significantly higher egg weight (59.22 vs. 58.98 g) and albumen weight, but significantly higher egg index, shell weight, shell ratio, shell thickness (0.354 vs. 0.338 mm), shell strength (43.44 vs. 41.73 N.cm<sup>-2</sup>), yolk index, and yolk color compared to eggs from Dekalb White hens. Dekalb White laying hens had eggs with significantly higher albumen index, Haugh units (86.21 vs. 81.08), yolk weight and yolk ratio compared to eggs from Isa Brown hens.

Significant influence of age of laying hens was found in all selected parameters of technological quality of eggs, which were evaluated. The yolk weight and yolk ratio increased with the age of the laying hens. Conversely, the egg weight, the egg index, the shell strength, the albumen weight, the albumen ratio, the Haugh units and the yolk index decreased with the age of the laying hens.

The hypothesis that the technological value of eggs will not be influenced by the genotype and the age of laying hens was only partially confirmed, which is apparent from the above.

**Keywords:** hen, free-range, age, egg

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Význam vajec v lidské výživě.....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Tvorba vejce .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Složení vejce.....</b>	<b>12</b>
3.3.1 Žloutek.....	12
3.3.2 Bílek.....	13
3.3.3 Podskořápečné blány .....	13
3.3.4 Skořápka .....	13
<b>3.4 Hodnocení kvality vejce.....</b>	<b>14</b>
3.4.1 Vnitřní kvalita vejce .....	14
3.4.2 Vnější kvalita vejce.....	16
<b>3.5 Vady konzumních vajec.....</b>	<b>17</b>
<b>3.6 Vybrané faktory a jejich vliv na technologickou kvalitu vajec .....</b>	<b>18</b>
3.6.1 Genotyp.....	18
3.6.2 Věk.....	19
3.6.3 Systém ustájení .....	20
3.6.4 Výživa.....	21
3.6.5 Prostředí a stres.....	22
3.6.6 Kontaminace vajec.....	23
3.6.7 Skladování .....	23
<b>4 Materiál a metody .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1 Charakteristika podniku .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2 Technika a technologie chovu .....</b>	<b>24</b>
<b>4.3 Charakteristika genotypů nosnic.....</b>	<b>25</b>
<b>4.4 Laboratorní rozbor vajec .....</b>	<b>26</b>
<b>4.5 Statistické vyhodnocení .....</b>	<b>27</b>
<b>5 Výsledky.....</b>	<b>29</b>
<b>6 Diskuze .....</b>	<b>36</b>
<b>7 Závěr .....</b>	<b>40</b>
<b>8 Seznam literatury .....</b>	<b>41</b>

# 1 Úvod

Vejsce mají ve výživě člověka velmi důležitý význam. Pro své nutričně bohaté složení a relativní cenovou dostupnost jsou vejce často nakupovanou potravinou. Vejce jsou výborným zdrojem bílkovin, obsahují vyvážené množství aminokyselin. Proteiny obsažené ve vejci jsou využitelné až z 98 % a jsou biologicky hodnotnější než proteiny masa. Vejce mají vysokou energetickou hodnotu a extrémně vysokou využitelnost živin. Energetická hodnota jednoho vejce je cca 320 kJ a stravitelnost vejce je udávána v rozmezí 95-98 %. Dále vejce obsahují vitamíny rozpustné v tucích, vitamíny skupiny B, jsou zdrojem minerálních látek i antioxidantů. V porovnání s ostatními živočišnými komoditami mají vejce relativně delší trvanlivost. Všechny tyto vlastnosti činí vejce zajímavou a žádanou potravinou.

Produkce i spotřeba vajec se celosvětově zvyšuje. V roce 2016 byla celosvětová produkce vajec 72 milionů tun. Přibližně 45 % celosvětové produkce vajec připadá na Čínu. Mezi další světově nejvýznamnější producenty vajec patří Spojené státy americké, Indie, Japonsko a Mexiko. Výhledy, které zveřejnila Food and Agriculture Organization (FAO), dokonce předpokládají, že v roce 2030 bude světová produkce vajec až 90 milionů tun. Celosvětově největší spotřeba vajec je v Mexiku (355 ks/osobu/rok), následuje Čína (344 ks/osobu/rok) a Japonsko (325 ks/osobu/rok). Naproti tomu nejnižší spotřeba vajec na osobu a rok je v Afrických zemích, a to pouhých 300 g. Je zřejmé, že spotřebu vajec v jednotlivých zemích ovlivňuje zejména vyspělost dané země.

V rámci Evropské unie jsou nosnice chovány v několika systémech ustájení. Nejvíce nosnic (cca 55 %) je chováno v obohacených klecích. V halovém systému chovu, tedy na podestýlce, je chováno přibližně 25 % nosnic, v systému s volným výběhem je chováno asi 15 % nosnic a nejméně nosnic je chováno v systému ekologického zemědělství (do 5 %).

V České republice bylo v roce 2017 chováno celkem 9,28 milionu kusů nosnic. Nosnice jsou v České republice chovány nejčastěji v systému obohacených klecí (téměř 88 %). V současné době se však pod tlakem ochránců zvířat mnoho obchodních řetězců zavázalo, že postupně ukončí prodej vajec od nosnic chovaných v obohacených klecích, a to nejpozději do roku 2025. Je tedy otázkou, jak tato situace ovlivní tuzemskou produkci vajec.

V roce 2017 dle Českého statistického úřadu (ČSÚ) byla celková produkce konzumních vajec v České republice v rámci zemědělského sektoru 1 468 936 tisíc kusů a v rámci sektoru domácího odhadem 815 129 tisíc kusů. Odhad produkce vajec v roce 2018 byl v zemědělském sektoru 1 400 000 tisíc kusů a v sektoru domácím 820 000 tisíc kusů. Spotřeba vajec v České republice byla 2 718 200 tisíc kusů v roce 2017 a odhad spotřeby vajec v roce 2018 byl 2 680 000 tisíc kusů. Spotřeba vajec na osobu a rok se v posledních letech v České republice pohybuje okolo 250 ks. V roce 2017 byla 254 ks a odhad roku 2018 byl 253 ks. Soběstačnost České republiky v produkci vajec v roce 2017 byla 84 %. Průměrná spotřebitelská cena vejce v roce 2018 byla dle Českého statistického úřadu stanovena na 3,84 Kč/ks. Nejvyšší spotřebitelská cena za vejce byla v roce 2018 v měsíci lednu. V tomto měsíci byla cena za jedno vejce 4,65 Kč. Nejvyšší cena zemědělských výrobců konzumních vajec byla rovněž v roce 2018 v měsíci lednu, a to 2,58 Kč/ks. Průměrná cena zemědělských výrobců v roce 2018 byla 1,86 Kč/ks.

Z hlediska technologické hodnoty lze u vajec posuzovat několik parametrů u jednotlivých částí vejce. Posuzuje se jak kvalita vnější tzn. skořápky, tak i kvalita vnitřních částí vejce tedy bílku a žloutku. Kvalitu vajec ovlivňuje mnoho faktorů, mezi které se řadí plemeno, věk, zdravotní stav a složení krmné dávky nosnic. Vliv má také systém ustájení nosnic, způsob sběru vajec a dalšího nakládání s nimi, jako například manipulace s vejci, uskladnění a převoz.



## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

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

Cílem diplomové práce bude posoudit technologickou hodnotu vajec bělovaječných a hnědovaječných slepic nosného typu, ustájených ve výběhovém systému chovu, v závislosti na jejich věku.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Význam vajec v lidské výživě

Vejce jako významný zdroj bílkovin, tuků a mikronutrientů zejména vitamínů, minerálních látek a stopových prvků, mají důležitou roli v základní výživě člověka. Vejce jsou průměrným zdrojem kalorií. Obsahují cca 150 kcal/100 g. Bílkoviny ve vejci jsou vynikající kvality (Miranda et al. 2015) a jsou obsaženy ve vejci v množství cca 6,5 g na jedno vejce. Je zde vyvážené množství devíti aminokyselin nezbytných pro lidské zdraví. Mezi tyto aminokyseliny patří histidin, izoleucin, leucin, lysin, methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan a valin. Aminokyseliny jsou nezbytné pro tvorbu některých hormonů a enzymů, pro regulaci metabolických funkcí i jako komponenty deoxyribonukleové kyseliny (DNA). Pro zdraví člověka jsou nezbytné polynenasycené mastné kyseliny, kyselina linolová (n-6) a kyseliny alfa-linolenová (n-3). Druhá zmíněná kyselina alfa-linolenová je metabolizována na kyselinu eikosapentaenovou (EPA) a kyselinu dokosahexaenovou (DHA). Dle Zaheera (2015) jsou tyto kyseliny uváděny jako látky, které snižují rizika vzniku kardiovaskulárních onemocnění i onemocnění centrálního nervového systému. Obsah sacharidů je relativně nízký, asi 12 g sacharidů na 100 g bílkovin a lipidů (Miranda et al. 2015).

Dále vejce obsahují 18 vitamínů a minerálních látek (Miranda et al. 2015). Ze skupiny vitamínů jsou v nich zastoupeny jak vitamíny rozpustné v tucích (A, D, E, K), tak vitamíny ve vodě rozpustné (skupina B). Relativně vysoký je obsah vitamínu B2 a B12. Z minerálních látek je zastoupen vápník, hořčík, sodík, železo, selen, fosfor a zinek (Zaheer 2015).

Miranda et al. (2015) uvádějí, že vejce obsahují důležité látky s antioxidační funkcí, jako například zinek, selen, retinol a tokoferoly. Tyto látky mohou člověka chránit před mnoha degenerativními procesy, včetně kardiovaskulárních chorob. Mezi další biologicky aktivní látky ve vejcích řadí lysozym, ovomukoid, ovom inhibitor a cystatin. Tyto látky svou aktivitou prodlužují trvanlivost konzumních vajec. Vejce jsou také důležitým zdrojem lecitinu a cholinu, kterého obsahují vysoké koncentrace. Lecitin je složkou buněčných membrán a zvyšuje sekreci žluče. Cholin je potřebný pro řadu fyziologických funkcí a je živinou nezbytnou pro normální vývoj mozku.

Další zajímavou složkou, kterou vejce obsahují jsou karotenoidy. Karotenoidy jsou přírodní pigmenty, které zapříčiňují žlutou až oranžovou barvu vaječného žloutku. Karotenoidy mají svou funkci v neurální sítnici jako takzvaný makulární pigment. Mají také údajně roli v redukci makulární degenerace a rozvoji oční katarakty, související s věkem. Je uváděno, že 15 g vajec obsahuje 1300 mg leucinu. Podle nedávných studií leucin stimuluje syntézu kosterní svaloviny. Vejce je nejen díky tomuto zjištění vhodnou potravinou i pro sportovce (Miranda et al. 2015).

Často jsou uváděna určitá rizika spojená s konzumací vajec. Díky obsahu nasycených mastných kyselin a obsahu cholesterolu jsou vejce diskutovanou potravinou. Obsah nasycených mastných kyselin cca 3 g/100 g vejce a obsah cholesterolu cca 200-300 mg/100 g vejce. Diskutována jsou rizika konzumace vajec v souvislosti se vznikem kardiovaskulárních onemocnění. Jsou známy rozsáhlé výzkumné práce zkoumající vliv konzumace vajec na sérový cholesterol. Závěry jsou rozdílné, nicméně klinické studie ukazují, že změny v krevní plazmě,

kteře vyplývají z příjmu cholesterolu potravou, jsou ovlivněny mnoha faktory. Mezi tyto faktory se řadí etnická příslušnost, genetický a hormonální faktor i index tělesné hmotnosti (body mass index). Takové studie ukazují, že pozitiva konzumace vajec u zdravého člověka výrazně převažují nad jejími negativy či riziky (Miranda et al. 2015). Konzumace jednoho vejce denně nezvyšuje u zdravého člověka sérový cholesterol a nezvyšuje riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění (Zaheer 2015).

## 3.2 Tvorba vejce

Je nutné uvědomit si určitá specifika pohlavní soustavy samic ptáků. Pohlavní orgány samic ptáků se skládají z vaječníku (*ovarium*) a vejcovodu (*oviductus*). V raném stadiu inkubace se zakládají oboustranně vaječníky i vejcovody, avšak vývoj pravostranného základu je časově omezen. U kura se tento pravostranný vývoj ukončuje v 7. dnu a dále se vyvíjí jen levý vaječník a vejcovod (Černý 2005). Dle Marvana et al. (2011) se pravostranné orgány někdy vyskytují jako pozůstatkové (*rudimentální*), či jako normálně vyvinuté, ale ve většině případů jsou nefunkční.

Levý vaječník je uložen kraniálně před levou ledvinou a dorzálně přiléhá těsně ke stropu dutiny tělní (Reece 2011). Na povrchu vaječníku je zárodečný epitel a povrch je zpočátku hladký. V důsledku tkáňové diference se na konci druhého měsíce stává povrch vaječníku zrnitým a ve třetím měsíci se již objevují drobné folikuly. Ve věku čtyř měsíců je velikost vaječníku kura asi 1,5 cm a váží 0,5 g (Černý 2005). Dle Marvana et al. (2011) hmotnost vaječníku postupně roste a dosahuje až 60 g. V období pohlavního dospívání a v období snáškovém se vaječník zvětšuje a mění svůj tvar v hroznovitý.

Vejcovod je trubice složená v mnoho kliček, nacházející se mezi vaječníkem a kloakou. V období snášky je vejcovod slepice asi 65 cm dlouhý a jeho hmotnost je okolo 75 g. V období mimo snášku je jeho délka jen 15 cm a hmotnost 5 g. Stěna vejcovodu je složená ze tří vrstev – sliznice, svalová vrstva a seróza (Černý 2005). Marvan et al. (2011) konstatují, že vejcovod se skládá z pěti dobře odlišitelných částí. Tyto části se nazývají *infundibulum* (nálevka), *magnum* (bílkotvorná část), *isthmus* (krček), *uterus* (děloha) a *vagina* (pochva). V nálevce dochází k oplození vajíčka. Magnum je nejdelší úsek a jeho sliznice tvoří řasy a obsahuje žlázy. Krček je relativně krátkým úsekem a děloha je úsekem vakovitě rozšířeným. Stěna pochvy je tvořena tlustou vrstvou svaloviny.

Průběh tvorby vejce v jednotlivých částech pohlavní soustavy je následující. Ve vejcovodu dochází k formování, kompletizaci vejce a jeho transportu do kloaky. Po ovulaci je žloutek zachycen v nálevce vejcovodu. Tubulózní žlázy zde tvoří hustý bílek, který v tenké vrstvě obalí žloutek a na protilehlých koncích se formuje v poutka (*chalazae*) (Černý 2005). Vznikající vejce se v nálevce zdržuje pouze několik minut (Marvan et al. 2011). Tvořící se vejce postupuje do bílkotvorné části (*magnum*). Zde setrvává přibližně 3 hodiny. Žlázy sliznice, které se zde nacházejí, produkují hustý a řídký bílek (Černý 2005). Vnitřní a vnější podskořápečná blána se tvoří v krčku (*isthmus*). Vejce zde setrvává 1-2 hodiny (Marvan et al. 2011). Podskořápečné blány vznikají ze sekretu žláz, které se nacházejí v krčku. Vnější blána je silnější a vnitřní naopak slabší. Na tupém konci vejce se od sebe obě blány oddalují a tvoří se zde vzduchová komůrka (Černý 2005). Podskořápečné blány uzavírají obsah vejce a poskytují podporu pro tvorbu pevné skořápky (Reece 2011). V děloze se nacházejí drobné žlázy, které produkují uhličitany

a fosforečnany vápníku i hořčíku, a tím dochází k tvorbě vaječné skořápky (Marvan et al. 2011). V děloze setrvá vejce nejdelší dobu, asi 20-21 hodin, a v průběhu této doby se formuje skořápka a pigment. Vejce je v děloze uloženo ostrým koncem směrem ke kloace a v této pozici je u kura i sneseno (Černý 2005). Kutikula, která se tvoří v pochvě, je proteinová vrstva na povrchu skořápky. Její funkce spočívá ve snižování ztrát vody a také funguje jako ochranná bariéra proti vstupu bakterií (Reece 2011). Doba průchodu vejce vaginou je různá, ale u kura se uvádí cca 5-10 minut (Černý 2005).

### 3.3 Složení vejce

Slepičí vejce je složeno ze žloutku (30-33 %), bílku (60 %) a vaječné skořápky (9-12 %) (Ahmadi a Rahimi 2011). Několik membrán udržuje organizovanou strukturu vejce. Vnější vrstvička – kutikula, chrání vejce před bakteriemi a prachovými částicemi. Vnitřní a vnější podskořápečná blána odděluje pevnou skořápku od bílku a chrání vejce od bakteriální invaze. Chalázová poutka udržují vaječný žloutek uprostřed vejce. Membrána, která brání úniku žloutku do bílku tím, že obklopuje žloutek, se nazývá membrána vitelinní (Zaheer 2015).

Babička (2016) uvedl, že nutriční hodnota vařeného vejce je následující. Obsah bílkovin 6,3 g/100 g vejce, obsah sacharidů 0,6 g/100 g vejce a obsah tuků 5,6 g/100 g vejce.

#### 3.3.1 Žloutek

Žloutek zaujímá přibližně 30-33 % obsahu celého vejce (Zaheer 2015). Žloutek je složen z koncentricky uspořádaných vrstev světlého a tmavého žloutku. Tyto dva žloutky se liší svým obsahem. Zatímco světlý žloutek obsahuje více vody a bílkovin, žloutek tmavý je bohatší na žloutková zrna (Marvan et al. 2011). Viskózní hmotu žloutku tvoří protein a tuk. Světlý žloutek obsahuje více proteinu a méně tuku a tmavý žloutek naopak. Světlý žloutek má nižší specifickou hmotnost než tmavý (Černý 2005). Hlavní funkcí tmavého žloutku je funkce zásobní (Zaheer 2015).

Z hlediska nutričního žloutek obsahuje 50 % vody, 33 % tuku a 16,5 % bílkovin. Dále obsahuje vitamíny rozpustné v tucích (A, D, E, K), minerální látky (například železo), barviva a lecitin (FAO 2010). Reece (2011) konstatuje, že tvorba proteinů a lipidů žloutku probíhá v játrech. Z jater jsou pak transportovány krví do vaječníku.

Nagy et al. (2009) uvádějí, že žloutek a přímo jeho vitelinní membrána jsou ovlivněny stářím vejce. Čím je vejce starší, tím nižší a širší žloutek má.

Barva žloutku je ovlivněna krmnou dávkou nosnic a bývá světle žlutá až žlutooranžová. Nicméně není souvislost mezi sytostí barvy žloutku a nutriční hodnotou vejce (Zaheer 2015). Preference barvy žloutku je do jisté míry ovlivněna geograficky, protože v různých místech světa jsou preference spotřebitelů různé. Barva žloutku je však pro spotřebitele klíčovým faktorem. Barvu primárně určuje rostlinný pigment xantofyl, jehož množství je ovlivněno přijímaným krmivem. Je možné barvu žloutku ovlivnit přidávkem přírodního nebo syntetického xantofylu do krmné dávky nosnic (Ahmadi a Rahimi 2011). Xantofyly jsou kyslíkaté deriváty karotenů. Vojtěšková moučka a žluté odrůdy kukuřice obsahují takové koncentrace xantofylů, že je díky nim možné ovlivnit barvu drůbežích produktů. Ve vojtěškové moučce je obsah xantofylů 110-250 mg/kg a pro nosnice je zařazována až do výše 5 %. Tato moučka obsahuje zejména žlutý lutein. Ve žlutých odrůdách kukuřice je zastoupení xantofylů 15-20 mg/kg,

a kromě luteinu je zde zastoupen i zeaxantin a  $\beta$ -kryptoxantin, které dodávají zbarvení až žlutooranžové. Také kukuřičný gluten, který je vedlejším produktem při výrobě kukuřičného škrobu, je bohatým zdrojem přírodních pigmentů (obsah xantofylů 180 mg/kg). Do krmné směsi pro nosnice ho lze zařadit do výše 10 %. Aby byla dosažena přiměřená pigmentace žloutku je nezbytná koncentrace alespoň 15 mg xantofylů v 1 kg krmné směsi. Pro intenzivnější zbarvení lze použít přírodních pigmentů (extrakt ze sušené červené papriky nebo moučky z květů aksamitníku), nejčastěji jsou však využívána barviva syntetická. Mezi tyto patří etylester kyseliny apokarotenové (žlutá barva) a kantaxantin (červená barva). Etylester kyseliny apokarotenové je obsažen i v přírodních krmivech zejména ve vojtěšce a travách (Zelenka 2018).

### 3.3.2 Bílek

Bílek tvoří asi 60 % hmotnosti vejce. Obsahuje 10 % bílkovin a zbylých 90 % je voda (Zaheer 2015). Lze říci, že vaječný bílek je koloidní roztok bílkovinných látek ve vodě (Kovářová 2013). Na vitelinní membránu žloutku přiléhá chalázový bílek, který je nejhustší. Tento bílek tvoří poutka zvaná chalázy, která udržují žloutek ve středu vejce. Ostatní bílek tvoří vnější a vnitřní řídký bílek (Marvan et al. 2011). V bílku existují vrstvy hustého bílku, který má formu gelovitou a vrstvy bílku řídkého, který má konzistenci solu (Halaj a Golian 2011). Bílek se na řídký a hustý rozděluje dle obsahu proteinu ovomucinu. Hustý bílek obsahuje ovomucinu více (Černý 2005). Z celkového bílku tvoří 3 % chalázový bílek, 17 % vnitřní řídký bílek, 57 % vnější tuhý bílek a 23 % vnější řídký bílek. Hlavní funkcí bílku je ochrana, kterou zajišťuje svou baktericidností. Baktericidnost je dána obsahem lysozymu (Kovářová 2013).

Z nutričního hlediska bílek obsahuje 88,5 % vody, dále 10,5 % bílkovin, riboflavin a vitamíny skupiny B. Pouze ve stopovém množství je v bílku obsažen tuk (FAO 2010). Mezi bílkoviny bílku se řadí ovoalbumin, ovotransferin, ovomukoid,  $\alpha$  a  $\beta$  ovomucin (Ahmadi a Rahimi 2011).

### 3.3.3 Podskořápečné blány

Ve vejci se nachází dvě podskořápečné blány – vnitřní a vnější. Obě tyto blány se tvoří v krčku vejcovodu (Kovářová 2013). Podskořápečné blány jsou složeny z husté, plst'ovité sítě vláken. Vnitřní blána obklopuje bílek a vnější blána je pevně spojena s vnitřní plochou skořápky (Černý 2005). Obě tyto blány oddělují bílek od skořápky. Poskytují ochranu proti bakteriálnímu znečištění a posytlují základnu pro tvorbu skořápky. Na tupém konci se od sebe obě blány oddalují a vytváří tak vzduchovou komůrku (Zaheer 2015). Stárnutím vejce ztrácí vodu a vzduchová komůrka se zvětšuje. Vzduch v komůrce slouží jako zásoba vzduchu pro zárodek v období líhnutí (Černý 2005).

### 3.3.4 Skořápka

Skořápka je vnějším pevným obalem ptačího vejce a vzniká kalcifikací sekretu žláz sliznice vejcovodu, přesněji se tento proces děje v části vejcovodu nazývané děloha (*uterus*). Složení skořápky z největší části připadá na anorganickou substanci (95-98 %), pouze 2-5 % tvoří organická složka a 1,6 % je vody. Anorganická substance je složena z uhličitanu vápenatého, fosforečnanu vápenatého a fosforečnanu hořečnatého. Uhličitan vápenatý je

zastoupen z 89-97 % (Černý 2005). Zaheer (2015) uvedl, že vaječná skořápka je z 94 % složena z krystalů uhličitanu vápenatého a tvoří 9-12 % vejce.

Skořápka je struktura, která obsahuje mnoho pórů. Tyto póry slouží k dostupnosti kyslíku pro vyvíjející se kuře (FAO 2010). Pórovitost skořápky se u jednotlivých vajec liší a liší se i v jednotlivých místech jednoho vejce. Na obou pólech vejce je skořápka poréznější než ve svém středu (Kovářová 2013).

Skořápka je často zbarvena bíle nebo hnědě, ale vyskytuje se i barva modrá nebo zelená. Barva vaječné skořápky je ovlivněna genetikou nosnic. Ovlivňuje v určité míře poptávku po vejcích, ale nijak neovlivňuje kvalitu vejce ani jeho chuť (Zaheer 2015). Barva skořápky je tvořena pigmenty ze skupiny ovoporfyrinů. Tyto pigmenty syntetizuje v průběhu tvorby vejce sliznice vejcovodu (Kovářová 2013). Protoforfyrin je odpovědný za odstíny hnědé barvy, biliverdin IX a chelát zinku je odpovědný za modré a zelené zbarvení skořápky. Množství pigmentu uloženého do skořápky je údajně řízeno estradiolem a progesteronem (Kilner 2006).

Na povrchu skořápky se nachází vrstva zvaná kutikula, která v souvislé vrstvě překrývá povrch vejce včetně jednotlivých pórů skořápky. Kutikula je složena především z peptidů a její tloušťka je cca 10 μm (Černý 2005). Kutikula je tvořena v pochvě. Má ochrannou funkci, brání průniku nečistot a bakterií a usnadňuje snesení vejce (Kovářová 2013).

### **3.4 Hodnocení kvality vejce**

Kvalitu lze obecně nazvat souhrnem charakteristik, které ovlivňují přijatelnost a preferenci této potraviny spotřebitelem. V těchto preferencích existuje velká individualita (Gerber 2006). Kvalita vajec je ovlivněna mnoha faktory. Tyto faktory lze rozdělit na vnitřní a vnější (Tůmová et al. 2009). Kvalita vajec zahrnuje hodnocení kvality vnitřního obsahu vejce a kvalitu vnější, zaměřenou na vaječnou skořápku. Důležitá je také hmotnost vejce (Van Niekerk 2014).

Spotřebitelé vyžadují stále více informací o potravinách a jejich kvalitě. Jsou si vědomi své možnosti volby a požadují informace o zemědělských produktech. Stále častěji jsou k dispozici výrobky s určitým zdravotním benefitem. Vejce není výjimkou, a tak je žádanější i vejce jako funkční potravina (Jones et al. 2010).

Vnitřní a vnější kvalita je také pro produkci vajec velmi důležitá z hlediska jejího vlivu na ziskovost a ekonomiku produkce této komodity (Kul a Seker 2004).

#### **3.4.1 Vnitřní kvalita vejce**

Složení vaječného žloutku a bílku, přítomnost abnormalit jako jsou krevní a masové skvrny a v neposlední řadě čerstvost vejce, jsou parametry určující vnitřní kvalitu vejce (Van Niekerk 2014). Kvalitní vejce by mělo být bez výskytu skvrn krevních, pigmentových i masových. Na vnitřní kvalitu vejce působí mnoho faktorů, které tuto kvalitu ovlivňují. Mezi tyto faktory patří zcela jistě genotypová příslušnost nosnice, výživa a věk (Ahmadi a Rahimi 2011).

Pro posouzení kvality žloutku se hodnotí jeho dvě vlastnosti. Těmito vlastnostmi jsou barva žloutku a pevnost vitelinní membrány, která žloutek obklopuje. Pokud je tato membrána slabá, daleko snadněji dochází k poškození žloutku (Ahmadi a Rahimi 2011). Vaječný žloutek

čerstvě sneseného vejce je kulatý a pevný. Stárnutím vejce se žloutek v důsledku absorpce vody z bílku zvětšuje a vzhledově se stává plošší (Zaheer 2015).

Dle Kovářové (2013) se posuzuje tvar a poloha žloutku, stav žloutku a barva žloutku. Tvar žloutku je u čerstvého vejce kulovitý a zaujímá polohu uprostřed vejce. Stav žloutku se zjišťuje prosvěcováním. Ideální obrys je matný a nezřetelný, centrálně pevně uložený. Barvu žloutku lze měřit dle stupnice *La Roche*. Objektivním hodnocením barvy žloutku je hodnocení pomocí spektrofotometrie (Nagy et al. 2009). Český spotřebitel odmítá příliš světlý žloutek, neboť takový žloutek považuje za méně kvalitní (Kovářová 2013).

Nagy et al. (2009) uvedli, že kvalita žloutku je navíc hodnocena stanovením hmotnosti žloutku a stanovením indexu tvaru žloutku. Index žloutku je relativní poměr výšky k šířce, který je vynásobený stem. Jeho hodnoty jsou od 32 % až do 58 %.

Stanovení procentuálního podílu žloutku je získáno podílem hmotnosti žloutku a hmotnosti vejce, přičemž výsledek je pak vynásoben stem (Ahmadi a Rahimi 2011). Poměr žloutku a bílku je u malých vajec ve prospěch žloutku, neboť u malých vajec je bílek zastoupen v menším množství. U velkých vajec je naopak bílek zastoupen ve větším množství, a proto se poměr žloutku a bílku zvyšuje ve prospěch bílku (Kovářová 2013).

Při posuzování kvality bílku lze měřit výšku bílku a posuzovat jeho viskozitu. Za důležité pro posuzování vnitřní kvality vejce se považuje stanovení Haughových jednotek. Z hlediska funkčního lze také stanovovat šlehatelnost bílku a stabilitu vyšlehané pěny (Holt et al. 2011). Výška bílku, jako ukazatel kvality bílku, je obvykle měřena ve vzdálenosti 1 cm od okraje žloutku. Tato výška je následně převáděna na Haughovy jednotky. Haughovy jednotky jsou ale ve velké míře ovlivněny věkem nosnic a skladováním vajec (Ahmadi a Rahimi 2011).

Při stárnutí vajec dochází v důsledku odpařování vody z vejce skrz skořápku ke snížení výšky bílku. Tento proces je ovlivněn teplotou skladování a také relativní vlhkostí. Haughovy jednotky se používají jako indikátor čerstvosti vajec (Van Niekerk 2014). Haughovy jednotky jsou vypočítány z výšky hustého bílku a hmotnosti vejce. Minimální hodnota Haughových jednotek u vejce, které se dostane ke spotřebiteli, je 60. Naštěstí většina vajec, která opouští farmu má tuto hodnotu mezi 75 a 85 (Ahmadi a Rahimi 2011). Dle Tůmové a Charvátové (2009) se považují vejce za čerstvá, pokud je hodnota Haughových jednotek v rozmezí 75-85. Dle Kovářové (2013) mají čerstvá vejce hodnotu Haughových jednotek 72 a vyšší, vejce s dobrou kvalitou mají hodnotu 70-60 a vejce s hodnotou nižší než 60 již nejsou přijata pro přímý prodej.

Z technologického a jakostního hlediska má největší význam tuhý bílek. Podle podílu tuhého bílku lze určit nejen jakost, ale i čerstvost vejce. Jeho kvalitu lze objektivně stanovit měřením tzv. indexu bílku (Kovářová 2013). Výpočet indexu tvaru bílku vychází z podílu výšky tuhého bílku ku průměru délky a šířky bílku, následně násobeno stem (Nagy et al. 2009). Průměrné hodnoty indexu bílku se pohybují v hodnotách od 30 do 130 a čím je hodnota vyšší, tím je vejce kvalitnější (Kovářová 2013).

Ahmadi a Rahimi (2011) konstatovali, že existuje mnoho faktorů, které ovlivňují kvalitu bílku. Mezi tyto faktory zařadili genotypovou příslušnost nosnice, její věk, výživu i systém ustájení. Také podmínky skladování vajec mají velký vliv na kvalitu bílku. Skladování při teplotách 7-13 °C a vlhkosti 50-60 % snižuje rychlost degenerace tuhého bílku a kvalita bílku bude zachována po delší dobu.

### 3.4.2 Vnější kvalita vejce

Mezi vnější kvalitu vejce lze zahrnout tvar vejce, čistotu a celistvost skořápky. Trhliny ve skořápce nejsou vždy lehce viditelné, avšak lze je vidět při prosvěcování nebo se používají speciální detektory zvuku (vejce s naprasklou skořápkou má jinou rezonanci zvuku). Celistvost skořápky souvisí i s pevností skořápky, která je také měřena (Van Niekerk 2014). Skořápka každého vejce by měla být hladká, čistá a bez prasklin. Mezi hlavní ukazatele kvality skořápky patří integrita, struktura, tvar, barva a čistota (Zaheer 2015). Mezi vnější ukazatele také patří hmotnost vejce (Kovářová 2013). Vnější kvalita vajec je ovlivněna mnoha faktory (Ahmadi a Rahimi 2011).

Tvar slepičího vejce je oválný a zužuje se směrem k ostrému konci. Stěny vejcovodu vyvíjí na tvořící se vejce tlak a tím vzniká tvar vejce (Kovářová 2013). K vyjádření se používá výpočet indexu tvaru vejce. Lze jej vypočítat podílem šířky vejce a výšky vejce, přičemž výsledek je vynásoben stem. Index tvaru vejce je pak procentuální hodnota a je v rozmezí 63 až 85 % (Kul a Seker 2004). Symetrické vejce kulatého tvaru by mělo hodnotu indexu tvaru vejce 100 %, vejce tvaru asymetrického má hodnotu 70-75 % (Halaj a Golian 2011). Dědivost (heritabilita) pro tvar vejce je nízká (Ledvinka a Klesalová 2002). Havlíček et al. (2008) uvedli, že je značná variabilita ve tvaru vejce. Vyhodnocení tvaru je buď pomocí matematických rovnic nebo pomocí stanovení různých indexů. Tyto indexy vyjadřují odchylku tvaru vejce od modelového objektu. Index standardního vejce vejčitého tvaru (SI) je 0,75. Pokud má vejce  $SI < 0,72$  je hodnoceno jako ostré, pokud má  $SI > 0,76$  je hodnoceno jako kulaté. Tvar vejce je ovlivněn mnoha faktory, zejména je však ovlivněn věkem nosnice a v průběhu snášky se mění. Tvar vejce je důležitý pro skladování vajec, pro jejich balení a transportování (Halaj a Golian 2011).

Hmotnost slepičího vejce se zjišťuje vážením a je v rozmezí od 40 do 80 gramů (Kovářová 2013). Užší rozmezí hmotnosti vajec uvádějí Steinhauserová et al. (2003) a to 58 až 62 gramů. Hmotnost vajec určuje jejich zařazení do jednotlivých hmotnostních tříd. Čerstvá vejce první jakostní skupiny jsou dle hmotnosti rozdělena do skupin XL, L, M a S. Velmi velká vejce skupiny XL mají hmotnost 73 a více gramů. Velká vejce skupiny L mají hmotnost 63-73 g, střední vejce skupiny M mají hmotnost 53-63 g a do skupiny malých vajec S jsou zařazena vejce o hmotnosti nižší než 53 g (Kovářová 2013). Hmotnost vejce, hmotnost vaječného žloutku, bílku a skořápky jsou ve vysoké korelaci. Dědivost (heritabilita) pro hmotnost vejce je dle výzkumů v rozmezí hodnot 0,52 až 0,71 (Zhang et al. 2005). Ledvinka a Klesalová (2002) uvádějí koeficient dědivosti pro hmotnost vajec v rozmezí 0,51 až 0,63. Na hmotnost vejce má vliv mnoho vrozených faktorů a uplatňují se i faktory vnější. Významný je vliv plemene, věku, ale i výživy a systému chovu.

Kvalita skořápky je dalším ukazatelem vnější kvality vejce. Vaječná skořápka je složena ze dvou vrstev. Hodnocena je například tloušťka skořápky a její barva. Tloušťka skořápky se pohybuje v rozmezí hodnot 0,30-0,35 mm (Kovářová 2013). Barva skořápky může být subjektivně hodnocena vizuálně porovnáním se vzorníkem barev, objektivně ji lze měřit prosvěcováním (Ahmadi a Rahimi 2011). Barvu lze měřit ručním spektrofotometrem Konica Minolta, který měří odraz světla. Odraz světla se mění dle množství pigmentu protoporfyrinu IX, který je uložen ve vaječné skořápce (Samiullah et al. 2014). Existuje mnoho možností měření kvality skořápky. Některé z metod vyžadují destrukci vejce. Metody lze rozdělit na



přímé a nepřímé. Mezi přímé metody patří hodnocení pevnosti skořápky pomocí stanovení síly nutné k jejímu prasknutí. K zjištění porušení celistvosti skořápky lze používat prosvěcování nebo speciální elektronický detektor. Nepřímé metody zahrnují zjištění specifické hmotnosti skořápky, nedestruktivní deformaci skořápky, tloušťku skořápky a procentuální stanovení křapů (Ahmadi a Rahimi 2011). Nedestruktivní metoda zjišťuje prohnutí skořápky při daném zatížení (Tůmová a Charvátová 2009). Kvalita skořápky je ovlivněna mnoha faktory. Mezi tyto patří věk a genotyp nosnice, kvalita krmné dávky i vody, stres, zdravotní stav nosnice i systém ustájení (Ahmadi a Rahimi 2011).

### 3.5 Vady konzumních vajec

Podle původu lze vady vajec rozdělit na fyziologické, fyzikální a mikrobiologické (Kovářová 2013). Výskyt vajec s vadami a sníženou kvalitou představuje důležitý zdroj ekonomických ztrát (Mazzuco a Bertechini 2014).

Mezi fyziologické vady jsou řazena vejce s vyvinutým zárodkem, který je detekovatelný při prosvícení. Taková vejce jsou z hlediska konzumních účelů nepoživatelná. Dále sem patří vejce s cizím tělesem, krvavá vejce, vejce s abnormálně slabou skořápkou a vejce se dvěma a více žloutky (Kovářová 2013). Jakékoli podmínky, negativně působící na nosnici v období 10-14 hodin před snesením vejce, pravděpodobně zvyšují výskyt vad a abnormalit skořápky (Mazzuco a Bertechini 2014).

K fyzikálním vadám většinou dochází v důsledku mechanického poškození vejce. Mezi tyto vady patří vejce s prasklinami ve skořápce, vejce s porušenou skořápkou (křapy), rozbitá vejce a vady vnitřního složení vejce, při kterých dochází například k mísení žloutku s bílkem (Kovářová 2013).

Mikrobiologické vady jsou rozděleny na endogenní, ke kterým dochází již při tvorbě vejce ve vejcovodu a exogenní, při kterých dochází ke kontaminaci vejce skrz skořáčku. Endogenní mikrobiologické vady vajec jsou málo časté. Daleko častější je exogenní kontaminace vajec bakteriemi nebo plísněmi, v důsledku kterých, dochází ke znehodnocení kvality vejce, případně až k hnilobě vaječného obsahu (Kovářová 2013). Častější výskyt bakteriální kontaminace je u podestýlkových chovů, což ukazuje na významný vliv ustájení na kontaminaci vajec (Englmaierová et al. 2014). S ohledem na kvalitu vajec je výhodou ustájení klecové, kde je díky konstrukci klece malý až žádný kontakt nosnice s trusem, což má příznivý vliv na nižší kontaminaci vaječných skořápek (Ledvinka et al. 2012).

Krevní skvrny vznikají při tvorbě vejce v důsledku prasknutí některé malé cévy vaječníku. Z tohoto důvodu jsou krevní skvrny ve většině případů pouze ve žloutku, pouze v málo případech dochází k jejich difuzi do bílku. Důležitou roli ve vzniku krevních skvrn hraje deficit vitamínu K (Chukwuka et al. 2011). Ledvinka a Klesalová (2003) konstatovali, že krevní skvrny mají nejčastěji jasně červenou barvu. Výskyt skvrn je ovlivněn genotypem nosnice a tato vlastnost má vysoký koeficient heritability, tedy je vysoce dědivá. Vejce jsou při kontrole kvality prosvěcována a ta, která obsahují velké krevní skvrny, jsou vyřazena. Krevní skvrny menšího rozsahu většinou nemají vliv na kvalitu vejce, neznehodnocují ji, ale jsou estetickou vadou.

Ahmadi a Rahimi (2011) popsali, že masové skvrny jsou tvořeny malými částmi tkáně a obvykle se, narozdíl od krevních skvrn, vyskytují v bílku. Někdy mohou být tvořeny

pigmenty. Masové skvrny mohou být někdy tvořeny částmi rozložených krevních skvrn (Chukwuka et al. 2011). Výskyt masových skvrn je častější než výskyt skvrn krevních. Tyto skvrny mohou být části sliznice vejcovodu a vznikají v době průchodu vejce vejcovodem, respektive jeho bílkotvornými kličkami. Barva takových skvrn může být rozmanitá. Od šedavé až po černou. Stejně jako u skvrn krevních je u výskytu masových skvrn vysoká dědivost (Ledvinka a Klesalová 2003).

Další vadou jsou dvoužloutková vejce. Tato vejce vznikají poruchami při tvorbě vejce (Kovářová 2013). Ke vzniku dochází v důsledku ovulace dvou vajíček, díky které se následně vytvoří dva žloutky. Vejce s vyšší hmotností obsahují častěji dva žloutky. Dvoužloutková vejce se také častěji vyskytují u vysokoprodukčních nosnic. Výskyt vajec se dvěma žloutky má vysokou heritabilitu. Pozitivní genetická korelace je mezi výskytem dvoužloutkového vejce, hmotností vejce, hmotností bílku a výškou tuhého bílku (Wolc et al. 2012).

Mezi vady vajec patří i vady vaječné skořápky. Ahmadi a Rahimi (2011) popsali, že kvalitu vaječné skořápky významně ovlivňuje řada faktorů, vnějších i vnitřních. Z těchto například věk a genotyp nosnice, zdravotní stav, stres, systém ustájení a výživa. Mazzuco a Bertechini (2014) konstatovali, že abnormality vaječných skořápek mohou být ukazatelem welfare nosnic, respektive ukazatelem přítomnosti stresu v hejnu. Stres a s ním spojené opožděné snesení vejce ovlivňují výskyt abnormálních skořápek i stupeň skořápkové abnormality. Stres také ovlivňuje pigmentaci vaječné skořápky. Poškození vaječné skořápky je často způsobeno špatnou manipulací s vejci při sběru, skladování či transportu (Kovářová 2013).

### **3.6 Vybrané faktory a jejich vliv na technologickou kvalitu vajec**

Existuje mnoho faktorů, které ovlivňují kvalitu vaječné skořápky i vnitřní kvalitu vejce (Ledvinka et al. 2012). Ahmadi a Rahimi (2011) považují za nejdůležitější genotyp a věk nosnice, faktory výživové zahrnující dostatek vápníku, fosforu a vitamínů, kvalitu vody, stres, tepelný stres, onemocnění, systém chovu a způsob skladování vajec. Pro produkci vajec vysoké kvality je nezbytná znalost těchto faktorů a jejich účinků na kvalitu vejce.

Tůmová a Charvátová (2009) uvádějí, že faktory, které ovlivňují kvalitu vajec lze rozdělit na vnitřní (např. genotyp, věk) a vnější (např. výživa, ustájení, teplota).

#### **3.6.1 Genotyp**

Jedním z nejdůležitějších faktorů, ovlivňujících kvalitu vajec, je genotyp. Ovlivňuje hmotnost vajec a další vlastnosti, zejména kvalitu skořápky (Zita et al. 2009).

Hmotnost vajec je významně ovlivněná genotypem nosnic, což je nejzřetelněji znát při porovnání nosnic hnědovaječných a bělovaječných. Bělovaječné nosnice jsou lehčí stavby těla a jejich vejce mají hmotnosti 57-62 g, zatímco hnědovaječné nosnice jsou typu těžšího a snáší vejce o hmotnosti v rozmezí 60-63 g. Hmotnost nosnice, která je specifická pro určitý genotyp, ovlivňuje hmotnost vajec. Genotypová korelace mezi hmotností vejce a hmotností nosnice nabývá hodnot od 0,2 do 0,3 a korelace fenotypová pak 0,4 až 0,7 (Ledvinka a Klesalová 2002). Rozdíl v hmotnosti vajec mezi vejci s bílou barvou skořápky a vejci s hnědou barvou skořápky potvrdili i Basmacioglu a Ergül (2005), kteří ve svém výzkumu zjistili, že hmotnost vajec s bílou barvou skořápky byla o 3,04 g nižší než hmotnost vajec s hnědou barvou skořápky.

Shodný výsledek potvrzují Kocevski et al. (2011), kteří prokázali vyšší hmotnost vajec u nosnic Isa Brown (vejce s hnědou barvou skořápky) ve srovnání s vejci nosnic Dekalb White (vejce s bílou barvou skořápky). Silversides a Scott (2001) zjistili vyšší hmotnost vajec u nosnic Isa Brown než u nosnic Isa White. V rozporu s tímto je výsledek Kucukyilmaz et al. (2012), kteří zjistili vyšší hmotnost vajec od bělovaječných nosnic.

Wolc et al. (2012) uvedli, že dědivost u hmotnosti vejce je vysoká. V jejich výzkumu byla prokázána dědivost 0,74. Ahmadi a Rahimi (2011) konstatovali, že selekce na jednu produkční vlastnost, například produkci vajec nebo jejich hmotnost, může ovlivnit jiné vlastnosti, například kvalitu vaječné skořápky. Při genetické selekci je nutné si toto uvědomit.

Genotyp významně ovlivňuje i kvalitu skořápky a vnitřní kvalitu vajec (Krawczyk 2009; Kucukyilmaz et al. 2012). Jones et al. (2010) prokázali vyšší pevnost skořápky u vajec od hnědovaječných nosnic a rovněž popsali, že vejce s hnědou skořápkou měla v porovnání s vejci s bílou skořápkou vyšší hmotnost skořápky i tloušťku skořápky. Zároveň měla vejce s hnědou barvou skořápky v porovnání s vejci s bílou barvou skořápky silnější vitelinní membránu žloutku. Vyšší hmotnost vaječné skořápky u vajec s hnědou barvou skořápky ve srovnání s vejci s bílou barvou skořápky rovněž potvrdili Basmacioglu a Ergül (2005). Ve výzkumu Zity et al. (2009) porovnávajícím kvalitu vajec nosnic tří různých genotypů (Isa Brown, Hisex Brown a Moravia BSL) bylo zjištěno, že vejce s nejvyšší tloušťkou skořápky měly nosnice genotypu Isa Brown. Naopak Stojčić et al. (2012) uvedli lepší parametry kvality skořápky u bělovaječných nosnic. Silversides a Scott (2001) prokázali, že snížení procentuálního podílu skořápky s věkem nosnic bylo významnější u genotypu Isa White ve srovnání s genotypem Isa Brown.

U vlivu genotypu na parametry vnitřní kvality vajec stojí za zmínku výška tuhého bílku a Haughovy jednotky. Obojí bylo prokázáno vyšší u vajec s bílou barvou skořápky ve srovnání s vejci s hnědou barvou skořápky (Kucukyilmaz et al. 2012). Honkatukia et al. (2013) konstatovali, že geny, které jsou zodpovědné za kvalitu bílku, jsou různorodé a působí přímo či nepřímo prostřednictvím různých mechanismů. Byly identifikovány čtyři genomické oblasti, které ovlivňují kvalitu bílku.

Kovářová (2013) uvedla, že barva skořápky je ovlivněna zejména genotypem nosnice. To potvrdili Tůmová et al. (2009) a uvedli, že v porovnání tří různých genotypů (Isa Brown, Hisex Brown a Moravia BSL) byla zjištěna nejsvětější skořápka u genotypu Moravia BSL.

Rovněž výskyt vnitřních vad vajec je ovlivněn genotypem nosnice. Ledvinka a Klesalová (2003) zjistili, že častěji se krevní skvrny vyskytují u hnědovaječných nosnic. Výskyt masových skvrn je rovněž častější u nosnic hnědovaječných a stejně jako u skvrn krevních je zde vysoká dědivost.

Basmacioglu a Ergül (2005) zjistili, že existuje vztah mezi genotypem nosnice a obsahem cholesterolu ve vejcích. Prokázali, že obsah cholesterolu ve vejcích s bílou barvou skořápky byl významně nižší než u vajec s hnědou barvou skořápky.

### **3.6.2 Věk**

Travel et al. (2010) uvedli, že kvalita vajec je velmi ovlivněna věkem nosnic. Zita et al. (2009) potvrdili, že hmotnost vejce se zvyšuje s věkem nosnic. Stejně tak se s věkem zvyšuje hmotnost žloutku. Suk a Park (2001), Silversides a Scott (2001) a Nagy et al. (2009) souhlasí

s tím, že procentuální podíl žloutku se zvyšuje s věkem nosnic, stejně tak se zvyšuje i hmotnost žloutku. Naopak se s věkem snižuje procentuální podíl bílku a skořápky (Zita et al. 2009).

Dikmen et al. (2017) uvedli, že hmotnost vejce, žloutku i bílku se zvyšuje s věkem nosnic nepřetržitě. Naopak hmotnost skořápky se zvyšovala pouze do věku 40 týdnů.

Puyalto a Mallo (2014) uvedli, že kvalita bílku je nejvíce ovlivněna právě věkem nosnice. Podíl tuhého bílku se s věkem nosnice zvyšuje (Kovářová 2013).

Na počátku snášky vejce nemají typický tvar. Délka vejce se prodlužuje s postupující snáškou (s věkem nosnice), avšak navyšuje se i počet tvarově abnormálních vajec a vajec abnormálně velikých (Ledvinka a Klesalová 2002).

Kvalita skořápky se naopak zhoršuje s věkem nosnic (Ahmadi a Rahimi 2011; Samiullah et al. 2014). U mladých nosnic se mohou vyskytovat vejce snesená bez skořápky nebo vejce s velmi tenkou skořápkou (Gerber 2006). Zita et al. (2009) uvedli, že intenzita barvy skořápky se s věkem snižuje, bez ohledu na genotyp nosnice.

Wolc et al. (2012) ve svém výzkumu zjistili, že výskyt dvoužloutkových vajec a vajec bez skořápky se s věkem nosnice snižuje, naproti tomu počet deformovaných vajec se zvyšuje až do doby vrcholu snášky. Také uvedli, že počet vajec vhodných k prodeji se s věkem nosnice zvyšuje.

### 3.6.3 Systém ustájení

Existuje několik systémů ustájení nosnic. Tato ustájení lze rozdělit na klece a alternativní systémy. V Evropské unii lze používat pouze klece obohacené, které umožňují přirozené chování drůběže. Mezi alternativní systémy patří podestýlkové chovy, chovy ve voliérách, chovy výběhové (free-range) a ekologické. Nejnovějším výběhovým systémem je tzv. Rondeel. Nevýhodou chovu nosnic na podestýlce je nutnost umístění nižšího počtu zvířat v hale a vyšší sociální stres nosnic, ve srovnání s chovy klecovými. V podlahových systémech je častější sociální agrese a kanibalismus. Ve výběhových chovech existuje vyšší riziko kontaminace vajec. Systém ustájení je faktorem, který má vliv na snášku vajec, na jejich hmotnost, spotřebu krmiva i úhyn nosnic (Tůmová 2018). Ekologický chov podléhá přísným normám a nosnice musí mít přístup do venkovního výběhu (Kucukyilmaz et al. 2012). Povinnost chovat nosnice produkující konzumní vejce pouze v obohacených klecích nebo v alternativních systémech nastala v rámci Evropské unie od 1. 1. 2012. Plocha na jednu nosnici je v obohacené kleci 750 cm<sup>2</sup>, klec je vybavena snáškovým hnízdem, místem pro hrabání, hřady a prostředky pro zkracování drápů. Chov na podlahách je většinou realizován v bezokenních halách a ve velkých skupinách. Chov ve voliérách je kombinací klecí a podestýlky (Jedlička 2018).

Van Niekerk (2014) uvedl, že nosnice chované v alternativních systémech ustájení spotřebují více energie pro pohyb a v důsledku toho mohou produkovat vejce o nižší hmotnosti, avšak často je ve srovnávacích studiích prokázán pozitivní vliv výběhového ustájení na tloušťku skořápky a na barvu žloutku, která bývá tmavší díky zastoupení zelené vegetace v krmné dávce nosnic.

Ketta a Tůmová (2018) konstatovali, že hmotnost vajec z klecového systému byla prokazatelně vyšší než hmotnost vajec od nosnic chovaných na podestýlce. Vyšší hmotnost vajec od nosnic chovaných v klecích ve srovnání s nosnicemi chovanými v systému free-range také uvedli Samiullah et al. (2014). Naopak Basmacioglu a Ergül (2005) neprokázali žádný

rozdíl mezi hmotností vajec při porovnání vajec od nosnic chovaných v klecovém systému s vejci od nosnic chovaných v podlahovém systému. Tůmová et al. (2017) popsali vyšší hmotnost u vajec z podestýlky ve srovnání s vejci z klecí, což pravděpodobně souviselo s vyšší produkcí vajec v klecovém systému ustájení.

Pevnost skořápky je v korelaci s hmotností skořápky a ve výzkumu Tůmové et al. (2009) byla prokázána vyšší u vajec snesených nosnicemi, které byly chovány v klecovém systému. Ke shodnému výsledku dospěli Samiullah et al. (2014), kteří prokázali vyšší hmotnost skořápky i tloušťku skořápky u vajec od nosnic chovaných v klecích v porovnání s vejci od nosnic chovaných v systému free-range. Jones et al. (2010) naopak konstatovali, že hmotnost skořápky u vajec snesených nosnicemi v klecích byla nižší v porovnání s jinými systémy ustájení. Pevnost vitelinní membrány a její pružnost však byla vyšší u vajec od nosnic chovaných v klecovém systému. Dikmen et al. (2017), kteří se zabývali vlivem různých typů ustájení na kvalitu vajec, došli k jinému závěru. Porovnávali vejce z konvenčních klecí, obohacených klecí a ze systému free-range a zjistili minimální rozdíly, tedy velmi podobnou pevnost a tloušťku skořápky u všech tří systémů. Naopak hmotnost vejce, žloutku, bílku a skořápky i Haughovy jednotky byly prokázány nepatrně vyšší u nosnic ustájených v systému free-range. Basmacioglu a Ergül (2005) popsali významně vyšší hmotnost bílku u vajec z podestýlkového chovu nosnic ve srovnání s vejci z chovu klecového. Samiullah et al. (2014) naopak uvádějí vyšší hodnotu Haughových jednotek u vajec od nosnic chovaných v klecích v porovnání s vejci od nosnic ze systému free-range. Tůmová et al. (2017) zjistili vyšší hodnotu Haughových jednotek u vajec od nosnic v klecích ve srovnání s voliérovým a podestýlkovým ustájením. Hidalgo et al. (2008) popsali nižší hodnotu Haughových jednotek u vajec z ekologického systému ustájení ve srovnání s vejci z chovu v obohacených klecích.

Mertens et al. (2006) uvedli, že existuje vyšší četnost křapů vajec u klecových systémů ustájení, avšak často k defektům vajec dochází kvůli technickým problémům s dopravníky.

Dle výzkumů je zřejmé, že ustájení ovlivňuje i obsah cholesterolu ve vejcích. Ten byl prokazatelně vyšší u vajec z podestýlkového systému chovu než u vajec z klecového systému chovu (Basmacioglu a Ergül 2005).

Kontaminace vajec je častější u podestýlkového ustájení, ustájení ve voliérách i výběhového ustájení oproti ustájení v obohacených klecích. To s největší pravděpodobností souvisí s čistotou prostředí v jednotlivých systémech ustájení (Tůmová et al. 2017). Kaufmann et al. (2011) zjistili, že ve výzkumu se 740 nosnicemi chovanými ve výběhovém systému ustájení bylo 99,6 % z nich nakaženo alespoň jedním druhem parazitů. Nejvíce převládaly hlístice, zejména *Heterakis gallinarum*, *Ascaridia galli* a *Capilaria spp.* Nižší byl výskyt tasemnic. Téměř 55 % nosnic bylo infikováno třemi druhy parazitů.

#### 3.6.4 Výživa

Tufarelli et al. (2018) konstatovali, že drůbež je zvláště citlivá na kvalitu krmiva a má specifické požadavky na esenciální aminokyseliny, zejména lysin a methionin. Výživa nosnic má zásadní význam pro udržení vysoké kvality vajec. Zejména některé složky mohou zlepšit kvalitu vajec (Puyalto a Mallo 2014).

Van Niekerk (2014) konstatoval, že existuje přímý vztah mezi dostatkem bílkovin v krmné dávce nosnic a hmotností vajec. Při nedostatku bílkovin, methioninu nebo jiných

esenciálních aminokyselin dochází k produkci vajec o nižší hmotnosti. Uvedl také, že pro produkci kvalitních vajec v systému free-range je nezbytná vyvážená krmná dávka obohacená o minerální látky a s vysokým obsahem bílkovin. Hmotnost vajec je také ovlivněna množstvím tuků v krmné dávce. Na hmotnost vajec má pozitivní vliv přídavek rostlinných olejů, které jsou bohaté na nenasycené mastné kyseliny. Také vnitřní kvalita vajec je ovlivněna výživou nosnice. Doplněk vitamínu C a vitamínu D do krmné dávky má pozitivní vliv na hodnotu Haughových jednotek, naopak nadbytek lysinu tyto jednotky snižuje.

Zelenka (2014) konstatoval, že 5-10 % vyprodukovaných vajec má nekvalitní nebo poškozenou skořápku a největší ztráty v chovu nosnic jsou způsobeny právě špatnou kvalitou vaječných skořápek. Karcher et al. (2015) popsali, že změna v složení krmné dávky má přímý vliv na parametry kvality skořápky. Puyalto a Mallo (2014) uvedli, že minerální látky jsou důležitou součástí krmné dávky a mají vliv na kvalitu vaječné skořápky. Přídavek minerálních látek má pozitivní efekt na tloušťku skořápky a její pevnost. Ahmadi a Rahimi (2011) popsali, že každá vaječná skořápka je tvořena více než 3 g vápníku, proto je nezbytné, aby krmná dávka pro nosnice obsahovala adekvátní množství vápníku, který je organismem lehce využitelný. Fosfor je nezbytný pro ukládání vápníku v kostech a následně pro dostupnost tohoto vápníku pro tvorbu skořápky.

Pro tvorbu skořápky je také nezbytný vitamín C. Přídavek vitamínu C zejména při tepelném stresu nosnic pozitivně ovlivní produkci vajec, kvalitu skořápky, hmotnost vajec i kvalitu bílku. Nedostatek vitamínu D3 způsobí sníženou hladinu estradiolu a progesteronu v organismu nosnice, který má za následek sníženou ovulaci a tím způsobenou sníženou produkci vajec (Puyalto a Mallo 2014). Dle Ahmadi a Rahimi (2011) způsobuje nízká hladina vitamínu A častější výskyt krevních skvrn ve vejcích.

Yörük et al. (2004) zkoumali vliv přídavku probiotik na produkci a kvalitu vajec. Bylo prokázáno, že přídavek probiotik do krmné dávky nosnic zvýšil produkci vajec. Navíc se zvýšením množství přidaných probiotik lineárně zvýšila i produkce vajec. Přídavek probiotik však neměl žádný vliv na kvalitu vajec.

Kvalita krmiva je zásadní. Kontaminace krmiva mykotoxiny může snížit produkci vajec a kvalitu vaječné skořápky. Nezbytnou součástí kvalitní výživy je i dostatečné množství kvalitní vody. Zejména v období vysokých teplot je velmi důležitá i teplota vody. Je prokázáno, že nosnice přijímají prokazatelně méně vody, pokud je tato voda teplá v období vyšších teplot prostředí (Ahmadi a Rahimi 2011).

### **3.6.5 Prostředí a stres**

Podmínky mikroklimatu výrazně ovlivňují welfare nosnic a produkci i kvalitu vajec (Tůmová 2018).

Hmotnost vejce je v rozmezí až 3 g ovlivněna podmínkami vnějšího prostředí (Tůmová 2007). Mashaly et al. (2004) ve svém výzkumu potvrdili, že na hmotnost vajec má významný vliv teplota prostředí. V rámci jejich výzkumu bylo prokázáno, že nosnice vystavené tepelnému stresu snášely vejce prokazatelně horší kvality a nižší hmotnosti. Stejně tak Tůmová a Gous (2012) popsali významný negativní účinek vysoké teploty na hmotnost vajec, který pravděpodobně souvisí s nižší spotřebou krmiva v prostředí s vysokou teplotou. Puyalto

a Mallo (2014) konstatovali, že vysoké teploty prostředí mohou snížit příjem krmiva nosnicemi až o 20 %.

Al-Obaidi a Al-Shadeedi (2018) konstatovali, že dlouhodobé působení vysoké teploty prostředí má vliv na kvalitu vajec, respektive má vliv na výskyt abnormalit vajec.

Některé studie prokázaly, že podávání studené vody nosnicím ovlivněným tepelným stresem může zmírnit projevy tepelného stresu a zlepšit kvalitu vaječné skořápky. Přídavek tuku do krmné dávky v období teplého počasí (nad 25 °C) má pozitivní efekt na produkci vajec (Ahmadi a Rahimi 2011).

Van Niekerk (2014) popsal, že stres může způsobit tmavší nebo světlejší barvu vaječné skořápky.

### **3.6.6 Kontaminace vajec**

Vyhodnocení kontaminace vajec je nezbytné pro zajištění bezpečnosti potravin konzumních vajec. Častěji dochází ke kontaminaci skořápky v systémech podlahového ustájení a ustájení free-range. V těchto systémech ustájení je mnohonásobně vyšší infekční tlak. Mezi nejčastější kontaminant patří čeleď *Enterobacteriaceae* – rod *Salmonella* (Samiullah et al. 2014). Také Van Niekerk (2014) uvedl, že kontaminace skořápky je vyšší u alternativních systémů chovu. Přístup do venkovního výběhu zvyšuje riziko kontaminace vajec, které je způsobeno vyšším výskytem infekčních agens ve venkovním prostředí a horší udržitelností hygienických standardů při produkci vajec (Knierim 2006). Tůmová et al. (2017) popsali, že vejce s horší kvalitou skořápky a nedostatečným pokryvem kutikulou jsou snadněji prostupná pro mikroorganismy, které pak snadněji penetrují do vejce. Zjistili, že prokazatelně vyšší penetrace mikroorganismů na podskořápečnou membránu byla u vajec z podestýlky. Vejce z podlahových chovů (podestýlka, voliéra, výběh) jsou 100-1000 krát více kontaminována různými druhy mikroorganismů, mezi které náleží i mikroorganismy patogenní.

Ke kontaminaci vajec dochází také v prostředí vlivem koncentrace prachu. Ta je až pětkrát vyšší v alternativních systémech chovu než v chovech klecových. Existuje vysoká korelace mezi prašností a počtem bakterií na skořápce vajec. Bakterie pronikají do vejce skrz skořápku. Jednou z možností, jak omezit průnik bakterií do vejce a tím zlepšit bezpečnost vajec jako potravin je dezinfekce vajec po snesení (Tůmová 2007).

### **3.6.7 Skladování**

Van Niekerk (2014) konstatoval, že dlouhodobé skladování vajec v neadekvátních podmínkách ovlivňuje vnitřní kvalitu vajec. Po týdnu skladování vajec v prostředí s teplotou 25 °C se hodnota Haughových jednotek sníží na 70. Naopak po týdnu skladování vajec v prostředí s teplotou 8 °C je hodnota Haughových jednotek v rozmezí 85-90.

Tůmová et al. (2017) popsali, že ke stárnutí vajec dochází rychleji u vajec s nižší kvalitou skořápky. Při skladování vajec dochází ke snížení hmotnosti bílku. Hmotnost žloutku a skořápky se nemění (Scott a Silversides 2000). Silversides a Scott (2001) však zjistili, že hmotnost vajec se skladováním snižuje a hmotnost žloutku se naopak zvyšuje.

## 4 Materiál a metody

### 4.1 Charakteristika podniku

Farma Trojek je malým rodinným podnikem zabývajícím se živočišnou i rostlinnou výrobou. Byla založena v roce 2016 a v této době byly ve vlastnictví majitele Milana Trojka pozemky o rozloze 11 ha. Nyní hospodaří na pozemcích o rozloze 35 ha. V odvětví živočišné výroby se v současné době věnuje chovu nosnic a prodeji konzumních vajec, výkrmu a prodeji brojlerových kuřat a sezónně výkrmu a prodeji hus a pekingských kachen. Dále se zabývá chovem masného skotu plemene Aberdeen Angus a chovem ovcí plemene Romney Marsh. V odvětví rostlinné výroby pěstuje a prodává obiloviny, produkce sena je především pro potřeby vlastního chovu. Dále je vlastníkem několika zemědělských strojů a nabízí zemědělské a polní práce.

Chov nosnic je realizován v zemědělském areálu v obci Nedachlebice. Součástí tohoto areálu je hala využívaná k chovu nosnic, která přímo sousedí s nově vybudovanou podnikovou prodejnou. V této prodejně jsou prodávána vyprodukovaná vejce. Vejce jsou označena razítkem Trojek 1-CZ-9498.

### 4.2 Technika a technologie chovu

Nosnice genotypu Isa Brown a Dekalb White jsou nakupovány od šlechtitelské firmy, kde jsou odchovány v podlahovém systému ustájení v hale na podestýlce. V odchovu jsou kompletně vakcinovány dle veterinárního zákona České republiky. Na farmu jsou dovezeny ve věku 15 týdnů.

Pro ustájení nosnic je určena hala o délce 32 metrů a šířce 10 metrů. Hala je příčně rozdělena na dvě sekce z důvodu oddělení chovu dvou různě starých věkových skupin nosnic. V každé skupině je 800 ks nosnic, celkem tedy 1600 ks nosnic v hale. Nosnice jsou ustájeny na podestýlce, s volným pohybem v hale. Jako podestýlka je využívána sláma, která je dle potřeby doplňována, cca jednou týdně. Vyhrnování podestýlky jednou měsíčně ručně. V hale jsou umístěny hřady ve výšce 20 cm a 60 cm. Délka hřadů odpovídá požadavkům 15 cm hřadu na jednu nosnici.

V každé sekci jsou na jedné straně snášková hnízda. Celkový rozměr skupinového snáškového hnízda je 750 cm x 60 cm x 70 cm. Povrch uvnitř snáškového hnízda je pokryt umělou trávou a vstup do hnízda je zakryt gumovou plachtou. Vejce je po snesení vykuleno do sběrného žlábků. Vejce jsou ručně sbírána zaměstnanci každý den od 7.00h do 11.00h průběžně.

Na halu navazuje venkovní výběh o celkové ploše 4000 m<sup>2</sup>, který je rovněž rozdělen na dvě části tak, aby nedocházelo ke kontaktu nosnic dvou různých věkových skupin. Výběh je oplocen poplastovaným pletivem. Výška oplocení je 185 cm. Ve výběhu jsou stromy sloužící nosnicím jako přirozené úkryty. Výběh není zastřešen ani chráněn sítí, není zde tedy žádná ochrana před dravci. Venkovní výběh nosnicím slouží také jako místo k hrabání a popelení se. Přístup do venkovního výběhu nosnicím není omezen.

Krmivo je jednou denně zakládáno do závěsných tubusových samokrmítek. Jedno tubusové samokrmítko má obsah 20 litrů. Krmítka jsou pravidelně kontrolována a udržována v čistotě.



Po naskladnění nosnic ve věku 15 týdnů je až do věku 18 týdnů krmena kompletní krmná směs KZK. Od 18. týdne do 21. týdne věku je krmena kompletní krmná směs N1 a od 21. týdne se přechází na vlastní krmnou směs (16,60 % NL a 11,60 MJ ME). Ve vlastní krmné směsi je pšenice, kukuřice, sója, hrách, vojtěška a minerální látky. S věkem nosnic je směs obohacena o tuky. Grit není k dispozici neomezeně, ale je podáván dávkovaně v množství 2 % z krmné směsi na den. Procentuální zastoupení jednotlivých komponent je součástí know-how chovatele a z tohoto důvodu není uvedeno.

K napájení vodou jsou využity automatické kapátkové napáječky. Napáječky jsou pravidelně kontrolovány a udržovány v čistotě.

V chovu je používán přirozený světelný režim. Pouze v zimním období je využito prodloužení světleného dne umělým světlem, ale vždy je zachována nepřetržitá tma 8 hodin.

V hale jsou umístěny automatické ventilátory. Čidlo vyhodnocuje koncentraci čpavku a po překročení určité hodnoty spíná ventilátory. Čidla i ventilátory jsou několikrát ročně kontrolovány a je realizována jejich revize.

### **4.3 Charakteristika genotypů nosnic**

Ve sledování byly použity dva genotypy nosných hybridů, které jsou na Farmě Trojek chovány. Hybrid snášející vejce s hnědou barvou skořápky Isa Brown a hybrid snášející vejce s bílou barvou skořápky Dekalb White.

Hybrid Isa Brown je výsledkem špičkové plemenitby společnosti Hendrix Genetics. Je považován za jedničku ve světovém trhu s vejci s hnědou barvou skořápky. Tento hybrid má vysokou užitkovost a výbornou konverzi krmiva. Je vhodný do rozmanitých klimatických podmínek a rovněž je vhodný do různých systémů ustájení. Produkuje vejce optimální velikosti a pevnosti skořápky je ve snášce velmi vytrvalý. Díky tomuto je vhodný k použití v delších snáškových cyklech (72-90 týdnů). Isa Brown patří mezi nejprodávanější genotyp nosnic produkující vejce s hnědou skořápkou, který společnost Integra nabízí (Integra 2019).

Genotyp Dekalb White je produktem šlechtění společnosti Hendrix Genetics. Tento nosný hybrid vyniká výbornou životaschopností, výbornou vytrvalostí ve snášce a mimořádně příznivou konverzí krmiva. Snáší vysoký počet vajec a je vhodný k chovu s prodlouženým snáškovým cyklem. Díky výborné životaschopnosti a také odolnosti je vhodný pro různé systémy ustájení, kterým se dobře přizpůsobuje. Je vhodný i pro alternativní systémy ustájení. Snáší vejce s vynikající vnitřní kvalitou, která jsou vhodná jak k přímé spotřebě, tak k dalšímu zpracování. Dekalb White patří k nejprodávanějším genotypům bělovaječných nosnic společnosti Interga patřící do skupiny Hendrix Genetics (Integra 2019).

V tabulce č.1 jsou uvedeny vybrané informace o užitkovosti obou nosných hybridů, kteří byli využiti ve sledování.

Tabulka č. 1: Informace o užitkovosti nosného hybridu Isa Brown a Dekalb White (Integra 2019)

Parametr	Genotyp	
	Isa Brown	Dekalb White
<b>Období růstu, věk 0-17 týdnů</b>		
Životaschopnost	98 %	98 %
Živá hmotnost ve věku 5 týdnů	388-408 g	341-359 g
Živá hmotnost ve věku 17 týdnů	1476-1552 g	1255-1319 g
Spotřeba krmiva ve věku 17 týdnů	5,9-6,2 kg	5,2-5,4 kg
<b>Období snášky, věk 18-90 týdnů</b>		
Životaschopnost	94 %	95 %
Věk při 50 % snášce	144 dní	141 dní
Vrchol snášky	96 %	96 %
Průměrná hmotnost vajec	62,9 g	62,5 g
Snáška na počáteční stav	420 ks	427 ks
Vaječná hmota na počáteční stav	26,4 kg	26,7 kg
Průměrná spotřeba krmiva na krmný den	112 g	109 g
Konverze krmiva	2,1	2,02
Živá hmotnost ve věku 90 týdnů	2000 g	1725 g

#### 4.4 Laboratorní rozbor vajec

Vejce od obou genotypů byla sbírána v pravidelném intervalu čtyř týdnů, vždy dva dny po sobě. Nosnice byly v počátku sledování ve věku 24 týdnů a sběr vajec byl ukončen ve věku 68 týdnů, kdy byly odebrány poslední vzorky. Po sběru byla vejce skladována při chladničkové teplotě 5 °C do doby laboratorní analýzy. Rozbor vajec byly uskutečněny v laboratoři Katedry chovu hospodářských zvířat České zemědělské univerzity v Praze. Při každém rozboru bylo vyhodnoceno 180 vajec nosného hybridu Isa Brown a 180 vajec nosného hybridu Dekalb White. Celkem bylo vyhodnoceno 4320 ks vajec, z toho 2160 ks vajec od nosnic Isa Brown a 2160 ks vajec od nosnic Dekalb White. Byly stanoveny vybrané parametry technologické kvality vajec. Mezi tyto hodnocené parametry patří hmotnost vejce, index tvaru vejce, hmotnost skořápky, podíl skořápky, tloušťka skořápky, pevnost skořápky, hmotnost bílku, podíl bílku, index bílku, Haughovy jednotky, hmotnost žloutku, podíl žloutku, index žloutku a barva žloutku.

Hmotnost vajec byla měřena digitálními laboratorními vahami a byla stanovena v gramech (g).

Index tvaru vejce je procentuální hodnota. Je nutné nejprve změřit délku vejce a šířku vejce. Tyto hodnoty byly měřeny elektronickým posuvným měřidlem. Délka vejce (d) i šířka vejce (š) byla stanovena v milimetrech (mm) a následně dosazena do vzorce pro výpočet indexu tvaru vejce. Vzorec je následující:  $Iv=(š/d) *100$ .

Hmotnost skořápky je hodnota uvedená v gramech (g). Byla stanovena po vysušení vaječné skořápky, zvážením na digitálních laboratorních vahách.

Podíl skořápky je procentuální hodnota zjištěná výpočtem. Byla vypočtena z hmotnosti celého vejce a hmotnosti skořápky po vysušení.

Tloušťka skořápky byla měřena ve středu skořápky po jejím rozbití, bez podskořápečných blan. Měření bylo pomocí digitálního mikrometru. Tloušťka skořápky je hodnota v milimetrech (mm).

Pevnost skořápky je hodnota v jednotkách Newton na centimetr čtvereční ( $N.cm^{-2}$ ). Pevnost skořápky se stanovuje měřením síly potřebné k prasknutí skořápky. Ke stanovení této hodnoty byla použita destruktivní metoda pomocí přístroje Instron Universal Testing Machine.

Hmotnost bílku byla měřena digitálními laboratorními vahami. Naměřená hodnota je uvedena v gramech (g).

Podíl bílku je procentuální hodnota. Pro jeho zjištění bylo nejprve nutno změřit výšku bílku (a) cca 1 cm od žloutku a průměr šířky a délky bílku (b). Tyto hodnoty byly stanoveny v milimetrech (mm) pomocí elektronických posuvných měřidel a následně byly dosazeny do vzorce. Vzorec je  $Ib=(a/b) *100$ .

Haughovy jednotky jsou procentuální hodnotou zjištěnou dle vzorce. Nejprve byla změřena výška bílku (H) a hmotnost celého vejce (W). Výška bílku byla stanovena v milimetrech (mm) a změřena elektronickým měřidlem. Hmotnost vejce byla stanovena v gramech (g) pomocí digitálních laboratorních vah. Naměřené hodnoty byly dosazeny do vzorce pro výpočet Haughových jednotek (HU).  $HU=100 \log (H - 1,7 W^{0,37} + 7,6)$ .

Hmotnost žloutku byla změřena vážením na digitálních laboratorních vahách. Hodnota hmotnosti žloutku je v gramech (g).

Podíl žloutku je procentuální hodnota stanovená výpočtem. Je stanovena z hodnoty hmotnosti celého vejce a hmotnosti žloutku. Obě tyto hodnoty byly stanoveny vážením na digitální laboratorní váze. Následně byl vypočítán podíl žloutku (%).

Index žloutku byl stanoven pomocí výpočtu ze vzorce. Nejprve byla pomocí elektronických měřidel změřena výška žloutku (a) a průměr dvou rozměrů žloutku (b). Obě tyto hodnoty byly stanoveny v milimetrech a následně byly dosazeny do vzorce pro výpočet indexu žloutku.  $Iž=(a/b) *100$ .

Barva žloutku byla stanovena subjektivně porovnáním s barevnou stupnicí DMS YolcFan™.

## 4.5 Statistické vyhodnocení

Hodnoty získané při rozborech vajec byly statisticky vyhodnoceny. Pro statistické zpracování byl použit počítačový program SAS (SAS Institute Inc.).

Byl posuzován vliv věku nosnic a jejich genotypu na vybrané parametry technologické hodnoty vajec. Využit byl model MIXED procedure, který používá následující smíšený SAS postup.

$$y_{ijk} = \mu + G_i + V_j + (G*V)_{ij} + e_{ijk}, \text{ kde}$$

$y_{ijk}$  = hodnota parametru,

$G_i$  = vliv genotypu (Isa Brown, Dekalb White),

$V_j$  = vliv věku (týdny 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64 a 68),

$(G*V)_{ij}$  = vliv interakce mezi genotypem a věkem,

$e_{ijk}$  = náhodná chyba.

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

## 5 Výsledky

Výsledky sledování získané při rozborech vajec a statisticky zpracované jsou uvedeny v tabulkách č. 2-5. Byl zkoumán vliv genotypu a věku nosnic na vybrané parametry technologické hodnoty vajec.

Tabulka č. 2: Vybrané parametry kvality vajec jako celku v závislosti na genotypu nosnic a jejich věku

Ukazatel		Parametr	
Genotyp	Věk (týdny)	Hmotnost vejce (g)	Index tvaru vejce (%)
Dekalb White		58,98	76,43 <sup>b</sup>
Isa Brown		59,22	77,64 <sup>a</sup>
	24	54,67 <sup>h</sup>	78,62 <sup>a</sup>
	28	57,29 <sup>fg</sup>	76,69 <sup>abc</sup>
	32	58,31 <sup>ef</sup>	77,89 <sup>ab</sup>
	36	62,06 <sup>a</sup>	78,65 <sup>a</sup>
	40	58,21 <sup>ef</sup>	76,29 <sup>bc</sup>
	44	60,01 <sup>cd</sup>	77,05 <sup>abc</sup>
	48	59,01 <sup>de</sup>	77,02 <sup>abc</sup>
	52	60,67 <sup>bc</sup>	76,35 <sup>bc</sup>
	56	61,62 <sup>ab</sup>	77,34 <sup>abc</sup>
	60	60,54 <sup>bc</sup>	75,72 <sup>c</sup>
	64	59,70 <sup>cd</sup>	76,26 <sup>bc</sup>
	68	56,58 <sup>g</sup>	76,46 <sup>bc</sup>
Průkaznost	Genotyp	0,3786	0,0007
	Věk	0,0001	0,0294
SEM		0,135	0,184

SEM – Standard Error of Mean (střední chyba průměru).

<sup>abcde</sup> $P \leq 0,05$  – průměry parametrů ve stejném sloupci (v rámci daného ukazatele) označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší.

Tabulka č. 2 popisuje hodnoty hmotnosti vejce a indexu tvaru vejce a současně vliv věku nosnic a jejich genotypu na tyto hodnoty.

Hmotnost vajec byla neprůkazně ovlivněna genotypem nosnic ( $P=0,3786$ ), ale byla průkazně ovlivněna věkem nosnic ( $P=0,0001$ ). Průměrná hmotnost vajec nosnic genotypu Dekalb White byla 58,98 g a genotypu Isa Brown byla 59,22 g. Vývoj hmotnosti vajec s věkem nosnic měl kolísavý charakter. Nejvyšší hmotnost vajec byla u nosnic ve věku 36 týdnů (62,06 g). Naopak nejnižší hmotnost vajec byla zjištěna ve věku 24 týdnů (54,67 g).

Index tvaru vejce byl průkazně ovlivněn jak genotypem nosnic ( $P=0,0007$ ), tak i věkem nosnic ( $P=0,0294$ ). Průměrná hodnota indexu tvaru vejce u nosnic genotypu Dekalb White byla 76,43 %, u nosnic genotypu Isa Brown byla 77,64 %. Vývoj hodnot indexu tvaru vejce měl s věkem nosnic kolísavý charakter. Byly zaznamenány vyšší hodnoty indexu tvaru vejce v první polovině pozorování, ve věku 24-48 týdnů. Ve druhé polovině pozorování byly hodnoty nižší než v jeho první polovině. Nejvyšší hodnota indexu tvaru vejce byla zjištěna ve věku 36 týdnů (78,65 %). Oproti tomu nejnižší hodnota 75,72 % byla ve věku 60 týdnů.

V další tabulce (tabulka č. 3) jsou uvedeny parametry posuzující kvalitu skořápky. Byla hodnocena hmotnost skořápky, procentuální podíl skořápky z celého vejce, tloušťka skořápky a pevnost skořápky. Byl zjišťován vliv genotypu nosnic a věku nosnic na tyto parametry.

Hmotnost skořápky byla signifikantně ovlivněna genotypem nosnice ( $P=0,0001$ ). Průměrná hmotnost skořápky u nosnic genotypu Dekalb White byla 5,94 g. Průměrná hodnota u nosnic genotypu Isa Brown byla vyšší a to 6,24 g. Hmotnost skořápky byla rovněž prokazatelně ovlivněna věkem nosnic ( $P=0,0001$ ). Hmotnost skořápky se zvyšovala až do věku 36 týdnů. Ve věku 36 týdnů byla zaznamenána nejvyšší hmotnost skořápky a to 6,48 g. Od 40. týdne věku začala mít hmotnost skořápky kolísavý charakter, který byl pozorován až do 68 týdnů věku. Nejnižší hmotnost skořápky byla zjištěna v počátku pozorování ve věku 24 týdnů a byla 5,67 g.

Podíl skořápky byl prokazatelně ovlivněn genotypem nosnic ( $P=0,0001$ ) i jejich věkem ( $P=0,0001$ ). Průměrný podíl skořápky vajec od bělovaječných nosnic Dekalb White byl 10,08 %. U vajec hnědovaječných nosnic Isa Brown byl průměrný podíl skořápky vyšší a to 10,53 %. Nejvyšší procentuální podíl skořápky byl zjištěn ve věku 32 týdnů (10,64 %). Naopak nejnižší podíl skořápky (9,95 %) byl zjištěn ve věku 40 týdnů. Lze konstatovat, že v průběhu celého sledování byl pozorován kolísavý charakter hodnot podílu skořápky.

Tloušťka skořápky byla stanovena v milimetrech. Byl zjištěn průkazný vliv genotypu nosnice ( $P=0,0001$ ) i věku nosnice ( $P=0,0001$ ) na tento parametr. Nižší průměrná tloušťka skořápky byla zjištěna u nosnic genotypu Dekalb White (0,338 mm). Ve srovnání s tím byla nalezena průkazně vyšší průměrná tloušťka skořápky u nosnic genotypu Isa Brown (0,354 mm). Během celého sledovaného období (24-68 týdnů věku nosnic) tloušťka skořápky kolísala. Do věku 36 týdnů se zvyšovala, ale v pozdějších týdnech byly zaznamenány výkyvy. V následujícím 40. týdnu byla zjištěna dokonce nejnižší tloušťka skořápky (0,325 mm). Naproti tomu nejvyšší tloušťka skořápky byla 0,369 mm ve věku 64 týdnů.

Posledním sledovaným parametrem skořápky je pevnost skořápky. Z výsledků je zřejmý statisticky významný vliv genotypu na tento parametr. Průkaznost tohoto vlivu je  $P=0,0005$ . Průměrná pevnost skořápky u nosnic Dekalb White byla o 1,71 N.cm<sup>-2</sup> nižší než průměrná pevnost skořápky u nosnic Isa Brown. Zároveň byl zjištěn statisticky významný vliv věku na

pevnost skořápky ( $P=0,0001$ ). S věkem nosnic je zřejmé zhoršení pevnosti skořápky, i když snížení nebylo konstantní. U vajec od nosnic ve věku 32 týdnů byla pevnost skořápky nejvyšší ( $47,62 \text{ N.cm}^{-2}$ ), naopak vejce od nosnic ve věku 68 týdnů měla pevnost skořápky nejnižší ( $39,27 \text{ N.cm}^{-2}$ ).

Tabulka č. 3: Vybrané parametry kvality skořápky v závislosti na genotypu nosnic a jejich věku

Ukazatel		Parametr			
Genotyp	Věk (týdny)	Hmotnost skořápky (g)	Podíl skořápky (%)	Tloušťka skořápky (mm)	Pevnost skořápky ( $\text{N.cm}^{-2}$ )
Dekalb White		5,94 <sup>b</sup>	10,08 <sup>b</sup>	0,338 <sup>b</sup>	41,73 <sup>b</sup>
Isa Brown		6,24 <sup>a</sup>	10,53 <sup>a</sup>	0,354 <sup>a</sup>	43,44 <sup>a</sup>
	24	5,67 <sup>f</sup>	10,36 <sup>abc</sup>	0,337 <sup>de</sup>	45,26 <sup>ab</sup>
	28	5,79 <sup>ef</sup>	10,10 <sup>cde</sup>	0,337 <sup>de</sup>	43,20 <sup>bcde</sup>
	32	6,20 <sup>bc</sup>	10,64 <sup>a</sup>	0,355 <sup>bc</sup>	47,62 <sup>a</sup>
	36	6,48 <sup>a</sup>	10,44 <sup>ab</sup>	0,356 <sup>b</sup>	44,25 <sup>bc</sup>
	40	5,80 <sup>ef</sup>	9,95 <sup>e</sup>	0,325 <sup>f</sup>	41,56 <sup>cdef</sup>
	44	6,18 <sup>bc</sup>	10,31 <sup>bc</sup>	0,351 <sup>bc</sup>	43,66 <sup>bcd</sup>
	48	6,05 <sup>cd</sup>	10,28 <sup>bcd</sup>	0,346 <sup>bcd</sup>	41,90 <sup>cdef</sup>
	52	6,42 <sup>a</sup>	10,58 <sup>ab</sup>	0,344 <sup>cd</sup>	40,15 <sup>f</sup>
	56	6,36 <sup>ab</sup>	10,32 <sup>bc</sup>	0,353 <sup>bc</sup>	40,97 <sup>def</sup>
	60	6,05 <sup>cd</sup>	10,00 <sup>de</sup>	0,330 <sup>ef</sup>	41,76 <sup>cdef</sup>
	64	6,15 <sup>c</sup>	10,32 <sup>bc</sup>	0,369 <sup>a</sup>	40,75 <sup>ef</sup>
	68	5,90 <sup>de</sup>	10,42 <sup>ab</sup>	0,345 <sup>bcd</sup>	39,27 <sup>f</sup>
Průkaznost	Genotyp	0,0001	0,0001	0,0001	0,0005
	Věk	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
SEM		0,021	0,029	0,001	0,264

SEM – Standard Error of Mean (střední chyba průměru).

<sup>abcdef</sup> $P \leq 0,05$  – průměry parametrů ve stejném sloupci (v rámci daného ukazatele) označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší.

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

Ukazatel		Parametr			
Genotyp	Věk (týdny)	Hmotnost bílku (g)	Podíl bílku (%)	Index bílku (%)	Haughovy jednotky
Dekalb White		36,09	61,21	9,97 <sup>a</sup>	86,21 <sup>a</sup>
Isa Brown		36,24	61,21	8,51 <sup>b</sup>	81,08 <sup>b</sup>
	24	36,67 <sup>bcd</sup>	67,08 <sup>a</sup>	13,97 <sup>a</sup>	97,64 <sup>a</sup>
	28	36,12 <sup>cdef</sup>	63,02 <sup>b</sup>	9,44 <sup>cd</sup>	84,61 <sup>cde</sup>
	32	37,07 <sup>bc</sup>	63,52 <sup>b</sup>	11,65 <sup>b</sup>	92,98 <sup>b</sup>
	36	38,22 <sup>a</sup>	61,58 <sup>c</sup>	9,61 <sup>c</sup>	85,74 <sup>cd</sup>
	40	35,75 <sup>def</sup>	61,40 <sup>c</sup>	9,61 <sup>c</sup>	86,26 <sup>c</sup>
	44	36,32 <sup>bcd</sup>	60,48 <sup>d</sup>	8,99 <sup>cd</sup>	82,04 <sup>e</sup>
	48	35,17 <sup>f</sup>	59,61 <sup>de</sup>	7,74 <sup>e</sup>	78,46 <sup>f</sup>
	52	35,95 <sup>def</sup>	59,24 <sup>e</sup>	8,66 <sup>d</sup>	82,87 <sup>de</sup>
	56	37,22 <sup>b</sup>	60,39 <sup>d</sup>	9,25 <sup>cd</sup>	85,08 <sup>cde</sup>
	60	37,12 <sup>bc</sup>	61,31 <sup>c</sup>	9,44 <sup>cd</sup>	85,54 <sup>cd</sup>
	64	35,61 <sup>ef</sup>	59,63 <sup>de</sup>	6,62 <sup>f</sup>	73,71 <sup>g</sup>
	68	33,52 <sup>g</sup>	59,23 <sup>e</sup>	7,11 <sup>ef</sup>	73,92 <sup>g</sup>
Průkaznost	Genotyp	0,3547	0,7767	0,0001	0,0001
	Věk	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
SEM		0,099	0,108	0,097	0,371

SEM – Standard Error of Mean (střední chyba průměru).

<sup>abcdefg</sup>P≤0,05 – průměry parametrů ve stejném sloupci (v rámci daného ukazatele) označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší.

V další tabulce (tabulka č. 4) jsou uvedeny zjištěné hodnoty, které definují kvalitu bílku. Hmotnost bílku nebyla průkazně ovlivněna genotypem nosnice (P=0,3547). Nosnice Dekalb White produkovaly vejce s průměrnou hmotností bílku 36,09 g a nosnice Isa Brown vejce s průměrnou hmotností bílku 36,24 g. Naopak věk nosnic tento parametr prokazatelně ovlivnil (P=0,0001). Vývoj hmotnosti bílku vajec byl v průběhu věku kolísavý. Lze však konstatovat, že v první polovině sledovaného období (věk nosnic 24-44 týdnů) byla hmotnost bílku v průměru vyšší, než v druhé polovině sledovaného období (věk nosnic 48-68 týdnů). To



dokazuje i nejvyšší hmotnost bílku (38,22 g), která byla u vajec od nosnic ve věku 36 týdnů, zatímco nejnižší hmotnost bílku (33,52 g) byla u vajec od nosnic ve věku 68 týdnů.

Dalším posuzovaným parametrem byl podíl bílku, který byl neprůkazně ovlivněn genotypem nosnic ( $P=0,7767$ ), ale prokazatelně ovlivněn věkem nosnic ( $P=0,0001$ ). Průměrný podíl bílku za sledované období byl dokonce u obou genotypů zcela shodný (61,21 %). Lze konstatovat, že podíl bílku se s věkem nosnic snižoval, i když toto snížení nebylo konstantní. Dle výsledků je zřejmé, že se podíl bílku od 24. týdne věku nosnic do jejich věku 52 týdnů snižoval. V následujícím období se podíl bílku ve vejcích krátce zvyšoval (ve věku 56-60 týdnů), ale posléze se opět snižoval až do věku 68 týdnů. Nejvyšší podíl bílku byl ve věku 24 týdnů (67,08 %), naopak nejnižší podíl bílku (59,23 %) byl zjištěn u nosnic ve věku 68 týdnů.

Třetím ukazatelem technologické kvality bílku, který byl posuzován je index bílku. Index bílku byl signifikantně ovlivněn genotypem nosnic i jejich věkem, což dokazuje jejich shodná průkaznost ( $P=0,0001$ ). Průměrná hodnota indexu bílku u nosnic Dekalb White byla 9,97 %, u nosnic Isa Brown byla 8,51 %. Lze konstatovat, že index bílku byl průměrně o 1,46 procentního bodu vyšší u vajec od bělovaječných nosnic. Hodnoty indexu bílku měly v průběhu pozorování kolísavý charakter. Průměrně vyšší hodnoty však byly v první polovině sledovaného období (24-44 týdnů věku). Důkazem je nejvyšší hodnota indexu bílku 13,97 %, která byla zjištěna v prvním zkoumaném období (věk nosnic 24 týdnů). Ve věku 64 týdnů byla zjištěna nejnižší hodnota indexu bílku (6,62 %).

Posledním parametrem kvality bílku jsou Haughovy jednotky. Tento parametr byl prokazatelně ovlivněn genotypem nosnic ( $P=0,0001$ ) i jejich věkem ( $P=0,0001$ ). Bylo prokázáno, že hodnota Haughových jednotek byla průměrně o 5,13 vyšší u genotypu Dekalb White (86,21). U genotypu Isa Brown byla zjištěna průměrná hodnota 81,08. S věkem nosnic měl tento parametr tendenci se snižovat, avšak snížení nebylo konstantní. Lze však konstatovat, že vyšší hodnoty Haughových jednotek byly v první polovině sledovaného období, tedy ve věku 24-44 týdnů. Nejvyšší hodnota Haughových jednotek byla zjištěna u vajec 24týdenních nosnic (97,64). Naopak nejnižší hodnota (73,71) byla zjištěna u vajec od nosnic ve věku 64 týdnů.

V tabulce č. 5 jsou uvedeny vybrané parametry hodnotící kvalitu žloutku. Prvním z nich je hmotnost žloutku. Hmotnost žloutku byla statisticky významně ovlivněna genotypem nosnic ( $P=0,0197$ ). Průměrná hmotnost žloutku u vajec vyprodukovaných nosnicemi Dekalb White byla 16,96 g, naproti tomu od nosnic genotypu Isa Brown byla 16,74 g. Vejce nosnic Dekalb White měla tedy v průměru o 0,22 g těžší žloutek než vejce nosnic Isa Brown. Věk nosnic rovněž prokazatelně ovlivnil hmotnost žloutku ( $P=0,0001$ ). Nebylo zjištěno konstantní zvyšování hmotnosti žloutku s věkem nosnic, ale lze konstatovat, že u starších nosnic byla hmotnost žloutku vyšší. Nejvyšší hmotnost byla zjištěna u vajec od nosnic ve věku 52 týdnů (18,30 g). Ve věku 24 týdnů byla pozorována nejnižší hmotnost žloutku (12,31 g).

Tabulka č. 5: Vybrané parametry kvality žloutku v závislosti na genotypu nosnic a jejich věku

Ukazatel		Parametr			
Genotyp	Věk (týdny)	Hmotnost žloutku (g)	Podíl žloutku (%)	Index žloutku (%)	Barva žloutku
Dekalb White		16,96 <sup>a</sup>	28,71 <sup>a</sup>	41,24 <sup>b</sup>	10,67 <sup>b</sup>
Isa Brown		16,74 <sup>b</sup>	28,26 <sup>b</sup>	41,66 <sup>a</sup>	11,79 <sup>a</sup>
	24	12,31 <sup>g</sup>	22,55 <sup>g</sup>	48,67 <sup>a</sup>	12,05 <sup>a</sup>
	28	15,39 <sup>f</sup>	26,88 <sup>e</sup>	42,75 <sup>c</sup>	11,13 <sup>bc</sup>
	32	15,04 <sup>f</sup>	25,84 <sup>f</sup>	44,63 <sup>b</sup>	11,47 <sup>abc</sup>
	36	17,36 <sup>cd</sup>	27,98 <sup>d</sup>	41,23 <sup>de</sup>	11,63 <sup>ab</sup>
	40	16,66 <sup>e</sup>	28,65 <sup>cd</sup>	41,85 <sup>d</sup>	11,32 <sup>abc</sup>
	44	17,51 <sup>bcd</sup>	29,20 <sup>c</sup>	41,21 <sup>de</sup>	11,43 <sup>abc</sup>
	48	17,78 <sup>abc</sup>	30,11 <sup>a</sup>	39,52 <sup>gh</sup>	10,74 <sup>c</sup>
	52	18,30 <sup>a</sup>	30,18 <sup>a</sup>	39,94 <sup>fg</sup>	10,80 <sup>c</sup>
	56	18,04 <sup>ab</sup>	29,28 <sup>bc</sup>	40,59 <sup>ef</sup>	12,03 <sup>a</sup>
	60	17,37 <sup>cd</sup>	28,69 <sup>cd</sup>	41,48 <sup>d</sup>	11,38 <sup>abc</sup>
	64	17,94 <sup>abc</sup>	30,05 <sup>ab</sup>	38,82 <sup>hi</sup>	11,64 <sup>ab</sup>
	68	17,17 <sup>de</sup>	30,35 <sup>a</sup>	38,43 <sup>i</sup>	9,52 <sup>d</sup>
Průkaznost	Genotyp	0,0197	0,0015	0,0022	0,0001
	Věk	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
SEM		0,077	0,106	0,119	0,075

SEM – Standard Error of Mean (střední chyba průměru).

<sup>abcdefghi</sup>P≤0,05 – průměry parametrů ve stejném sloupci (v rámci daného ukazatele) označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší.

Druhým ukazatelem kvality žloutku byl podíl žloutku. Podíl žloutku byl signifikantně ovlivněn genotypem nosnic (P=0,0015) i jejich věkem (P=0,0001). Průkazně vyšší podíl žloutku byl zjištěn u vajec od nosnic genotypu Dekalb White, u kterých byla průměrná hodnota podílu žloutku 28,71 %. U vajec nosnic Isa Brown byl průměrný podíl žloutku 28,26 %, což je o 0,45 procentního bodu nižší hodnota ve srovnání s nosnicemi Dekalb White. Bylo zjištěno vyšší procentuální zastoupení žloutku u nosnic ve druhé polovině sledovaného období. Zvyšování podílu žloutku však nebylo konstantní a byly pozorovány výkyvy

naměřených hodnot. Nicméně nejnižší hodnota podílu žloutku byla ve věku 24 týdnů (22,55 %) a nejvyšší hodnota (30,35 %) byla u nosnic ve věku 68 týdnů.

Dalším hodnoceným parametrem byl index žloutku. Genotyp nosnic prokazatelně ovlivnil index žloutku ( $P=0,0022$ ). Index žloutku byl průměrně o 0,42 procentního bodu vyšší u vajec nosnic Isa Brown. Tento parametr byl rovněž statisticky významně ovlivněn věkem nosnic ( $P=0,0001$ ). Index žloutku měl s věkem nosnic značně kolísavý charakter. Nejvyšší hodnota indexu žloutku (48,67 %) byla u nosnic ve věku 24 týdnů. V následujícím období docházelo ke kolísavému střídání nižších a vyšších hodnot se snižující se tendencí až do věku 48 týdnů. Od 48. týdne věku do 60. týdne věku se naopak index žloutku zvyšoval, avšak u nosnic starších 60 týdnů byl opět pozorován snižující se index žloutku, který potvrzuje nejnižší naměřená hodnota 38,43 % ve věku 68 týdnů.

Jako poslední ukazatel byla hodnocena barva žloutku. Barva žloutku byla signifikantně ovlivněna genotypem nosnic i jejich věkem, což dokazuje jejich shodná průkaznost  $P=0,0001$ . Průměrná hodnota barvy žloutku u nosnic Dekalb White byla 10,67. O 1,12 vyšší hodnota byla u žloutků nosnic genotypu Isa Brown (11,79). Žloutek nosnic Isa Brown byl tedy tmavší oproti žloutku nosnic Dekalb White. Barva žloutku měla v závislosti na věku nosnic kolísavý charakter. V první polovině sledovaného období však byly pozorovány průměrně vyšší hodnoty než ve druhé polovině sledovaného období. Nejvyšší hodnota byla změřena ve věku 24 týdnů a to 12,05. Nejnižší hodnota 9,52 byla zjištěna u vajec od nosnic ve věku 68 týdnů. Barva žloutku byla s věkem nosnic světlejší.

## 6 Diskuze

Na parametry technologické kvality vajec má vliv mnoho vnějších i vnitřních faktorů (Tůmová a Charvátová 2009; Ledvinka et al. 2012).

Zita et al. (2009) konstatovali, že hmotnost vajec je významně ovlivněna genotypem. Výsledkem našeho sledování však nebyl potvrzen signifikantní vliv genotypu nosnice na hmotnost vejce. Byla zjištěna vyšší průměrná hmotnost vajec od nosnic Isa Brown (59,22 g) než u vajec od nosnic Dekalb White (58,98 g). To je v souladu se zjištěním Kocevski et al. (2011), kteří rovněž prokázali vyšší hmotnost vajec od nosnic Isa Brown ve srovnání s vejci od nosnic Dekalb White. Také Basmacioglu a Ergül (2005) popsali vyšší hmotnost vajec s hnědou barvou skořápky ve srovnání s vejci s bílou barvou skořápky. Opačný výsledek zjistili Kucukyilmaz et al. (2012), kteří uvedli vyšší hmotnost vajec od bělovaječných nosnic.

V našem sledování byl zjištěn průkazný vliv věku nosnic na hmotnost vajec. Mnoho autorů uvedlo, že hmotnost vajec se zvyšuje s věkem nosnic (Akyurek a Okur 2009; Zita et al. 2009; Dikmen et al. 2017). Vývoj hmotnosti vajec v našem sledování měl s věkem nosnic spíše kolísavý charakter. Nejvyšší hmotnost vajec (62,06 g) byla zaznamenána ve věku 36 týdnů, naopak druhá nejnižší hmotnost (56,58 g) byla zjištěna ve věku 68 týdnů, což ukazuje spíše na klesající tendenci hmotnosti vajec s věkem nosnic.

Index tvaru vejce byl signifikantně ovlivněn jak genotypem nosnic, tak i věkem nosnic. Vyšší průměrný index tvaru vejce byl u genotypu Isa Brown (77,64 %) oproti indexu tvaru vejce u Dekalb White (76,43 %). Signifikantní vliv věku na index tvaru vejce prokázali Rakib et al. (2016), kteří konstatovali, že s věkem nosnic se hodnota indexu tvaru vejce snižuje. I v našem sledování byly zjištěny průměrně vyšší hodnoty indexu tvaru vejce v první polovině sledovaného období (24-48 týdnů) ve srovnání s druhou polovinou sledovaného období (48-68 týdnů). Hodnoty indexu tvaru vejce uvedli Kul a Seker (2004) v rozmezí 63-85 %. V našem sledování byly zjištěny hodnoty od 75,72 % do 78,65 %, které tomuto rozmezí odpovídají.

Byl zjištěn prokazatelný vliv genotypu i věku nosnic na hmotnost skořápky. U vajec s hnědou barvou skořápky byla průměrná hmotnost vaječné skořápky (6,24 g) vyšší než vajec s bílou barvou skořápky (5,94 g). Tento výsledek je v souladu s Jones et al. (2010), kteří rovněž prokázali vyšší hmotnost skořápky u vajec s hnědou barvou skořápky ve srovnání s vejci s bílou barvou skořápky. Dikmen et al. (2017) konstatovali, že se hmotnost skořápky zvyšuje pouze do věku 40 týdnů. Podobný výsledek byl zjištěn v našem sledování, kdy se hmotnost skořápky zvyšovala do věku 36 týdnů, kde byla zaznamenána nejvyšší hodnota (6,48 g). Od 40. týdne věku hodnoty hmotnosti skořápky značně kolísaly.

U podílu skořápky byl zjištěn signifikantní vliv genotypu i věku nosnic. Vyšší podíl skořápky byl u vajec od nosnic genotypu Isa Brown (10,53 %) oproti genotypu Dekalb White (10,08 %). Silversides a Scott (2001) konstatovali snížení procentuálního podílu skořápky s věkem nosnic, které bylo výraznější u genotypu bělovaječných nosnic Isa White ve srovnání s hnědovaječnými nosnicemi Isa Brown. Zita et al. (2009) rovněž popsali, že s věkem nosnic se procentuální podíl skořápky snižuje, zatímco Samiullah et al. (2014) konstatovali, že podíl skořápky se s věkem nosnic zvyšuje. V našem sledování měly hodnoty podílu skořápky kolísavý charakter. Nejnižší podíl skořápky (9,95 %) byl ve věku 40 týdnů, naopak nejvyšší (10,64 %) ve věku 32 týdnů.

Tloušťka skořápky byla průkazně ovlivněna genotypem nosnic i věkem nosnic. V našem sledování byla zjištěna vyšší průměrná tloušťka skořápky u vajec s hnědou barvou skořápky (0,354 mm) oproti vejcím s bílou barvou skořápky kde byla průměrná tloušťka skořápky 0,338 mm. Vyšší hodnoty tloušťky skořápky u vajec s hnědou barvou skořápky potvrdili i Jones et al. (2010). Naopak Kucukyilmaz et al. (2012) zjistili vyšší tloušťku skořápky u vajec s bílou barvou skořápky. Gerber (2006) uvedl, že u mladých nosnic se mohou vyskytovat vejce s velmi tenkou skořápkou. Rovněž Ahmadi a Rahimi (2011) konstatovali, že mladé nosnice často snášejí vejce s velmi tenkou skořápkou. V našem sledování byla nejnižší hodnota tloušťky skořápky (0,325 mm) ve věku 40 týdnů, naopak nejvyšší (0,369 mm) ve věku 64 týdnů. Během celého sledování měla tloušťka skořápky kolísavý charakter. Zita et al. (2009) a Samiullah et al. (2014) popsali, že s věkem nosnic se zvyšuje tloušťka skořápky. Ketta a Tůmová (2018) uvedli tloušťku skořápky v rozmezí 0,28-0,41 mm, hodnoty zjištěné v našem sledování jsou v tomto rozmezí.

Posledním hodnoceným parametrem kvality skořápky byla pevnost skořápky. I u tohoto parametru byl zjištěn statisticky významný vliv genotypu i věku nosnic. Pevnější skořápka (43,44 N.cm<sup>-2</sup>) byla u vajec od nosnic Isa Brown. Vejce bělovaječných nosnic Dekalb White měla průměrnou pevnost skořápky 41,73 N.cm<sup>-2</sup>. To je v souladu se zjištěním Jones et al. (2010), kteří rovněž prokázali pevnější skořápku u vajec od hnědovaječných nosnic. Kocevski et al. (2011) konstatovali, že genotyp nosnic ovlivňuje z parametrů kvality skořápky zejména pevnost skořápky. V našem sledování bylo zřejmé zhoršení pevnosti skořápky s věkem nosnic. Snížení hodnot pevnosti skořápky nebylo konstatováno, byly zaznamenány výkyvy hodnot, avšak nejnižší pevnost skořápky byla zjištěna u nosnic ve věku 68 týdnů (39,27 N.cm<sup>-2</sup>).

Prvním hodnoceným parametrem kvality bílku byla hmotnost bílku. V našem sledování nebyla průkazně ovlivněna genotypem nosnic. Mezi průměrnou hmotností bílku u vajec od nosnic Isa Brown (36,24 g) a Dekalb White (36,09 g) byl minimální rozdíl. Toto zjištění je v rozporu se Zhang et al. (2005), kteří konstatovali, že hmotnost bílku je významně ovlivněna genotypem nosnic. Naopak věk nosnic měl v našem sledování na hmotnost bílku prokazatelný vliv. Byl pozorován kolísavý trend hmotnosti bílku, avšak průměrně vyšší hodnoty byly v první polovině sledovaného období (věk nosnic 24-44 týdnů). Nejvyšší hmotnost bílku (38,22 g) byla ve věku 36 týdnů, naopak nejnižší hmotnost bílku (33,52 g) byla ve věku 68 týdnů. Tůmová a Ledvinka (2009) i Dikmen et al. (2017) zjistili, že hmotnost bílku se s věkem nosnic zvyšuje. Výsledky tohoto sledování to nepotvrdily.

Ahmadi a Rahimi (2011) popsali, že podíl bílku je 60 % z celého vejce. Podíl bílku, stejně jako hmotnost bílku, nebyl v našem sledování prokazatelně ovlivněn genotypem nosnic. Ve sledovaném období byl zjištěn shodný průměrný podíl bílku u obou genotypů (61,21 %). Naopak věk nosnic podíl bílku průkazně ovlivnil. I přes mírné kolísání zjištěných hodnot lze konstatovat, že podíl bílku se s věkem nosnic snižoval. Nejvyšší podíl bílku (67,08 %) byl ve věku 24 týdnů a následně se snižoval až do věku 52 týdnů. Krátkodobé zvýšení podílu bílku bylo pozorováno ve věku 56-60 týdnů, ale poté došlo opět ke snížení až do věku 68 týdnů, kdy byl nejnižší (59,23 %). Silversides a Scott (2001) a Zita et al. (2009) zjistili, že podíl bílku se s věkem nosnic snižuje, což je v souladu s našimi výsledky.

Index bílku byl signifikantně ovlivněn genotypem nosnic i jejich věkem. Vyšší index bílku byl u vajec od nosnic Dekalb White (9,97 %) ve srovnání s vejci od nosnic Isa Brown (8,51 %). V průběhu sledování měly hodnoty indexu bílku kolísavý charakter. V první polovině

sledovaného období (24-44 týdnů) byly hodnoty vyšší, což dokazuje nejvyšší hodnota indexu bílku (13,97 %) ve věku 24 týdnů. Nejnižší index bílku (6,62 %) byl ve věku 64 týdnů. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou indexu bílku byl markantní. Dikmen et al. (2017) uvedli, že s věkem nosnic se index bílku snižuje.

Haughovy jednotky byly posledním parametrem kvality bílku. Tento parametr byl rovněž signifikantně ovlivněn genotypem nosnic i jejich věkem. Vyšší průměrné hodnoty Haughových jednotek byly u vajec od bělovaječných nosnic (86,21) než u vajec od hnědovaječných nosnic (81,08). To je v souladu s Kucukyilmaz et al. (2012), kteří uvedli vyšší hodnotu Haughových jednotek u vajec s bílou barvou skořápky. Ahmadi a Rahimi (2011) konstatovali, že Haughovy jednotky jsou významně ovlivněny věkem nosnic. V našem sledování s věkem nosnic hodnota Haughových jednotek kolísala, avšak měla klesající tendenci. Tomu odpovídá nejvyšší hodnota ve věku 24 týdnů (97,64) a nejnižší hodnota ve věku 64 týdnů (73,71). Tyto výsledky jsou shodné s Akyurek a Okur (2009), Tůmová a Gous (2012) a Samiullah et al. (2014), kteří zjistili, že Haughovy jednotky se s věkem nosnic snižují.

Prvním parametrem hodnotícím kvalitu žloutku byla jeho hmotnost. Genotyp nosnic měl statisticky významný vliv na hmotnost žloutku. U vajec od nosnic Dekalb White byla zjištěna o 0,22 g vyšší průměrná hmotnost žloutku ve srovnání s vejci od nosnic Isa Brown. Průměrná hmotnost žloutku u Dekalb White byla 16,96 g a u Isa Brown 16,74 g. V našem sledování věk nosnic signifikantně ovlivnil hmotnost žloutku. Mnoho autorů uvedlo, že s věkem nosnic se hmotnost žloutku zvyšuje (Silversides a Scott 2001; Nagy et al. 2009; Zita et al. 2009). Dle výsledků sledování lze toto tvrzení potvrdit. Nejnižší hmotnost žloutku byla ve 24 týdnech (12,31 g) a nejvyšší v 52 týdnech (18,30 g). Zvyšování hmotnosti žloutku s věkem nosnic nebylo konstantní, ale vyšší hmotnosti žloutku byly u starších nosnic.

Dalším parametrem byl podíl žloutku, který byl prokazatelně ovlivněn genotypem nosnic. U vajec nosnic Dekalb White byl vyšší podíl žloutku (28,71 %) než u vajec nosnic Isa Brown (28,26 %). Podíl žloutku na složení vejce je dle Zaheera (2015) 30-33 %. V našem sledování byl podíl žloutku v rozmezí 22,55-30,35 %. Nejnižší podíl žloutku (22,55 %) byl ve věku 24 týdnů, naopak nejvyšší podíl žloutku (30,35 %) byl ve věku 68 týdnů. Podíl žloutku byl významně ovlivněn věkem nosnic. Během pozorování byla zjištěna tendence zvyšování podílu žloutku s věkem nosnic. Shodný závěr popsali Suk a Park (2001), Nagy et al. (2009) i Mitrovic et al. (2010).

Index žloutku byl signifikantně ovlivněn genotypem nosnic i jejich věkem. Vyšší index žloutku byl u vajec nosnic Isa Brown (41,66 %) ve srovnání s vejci nosnic Dekalb White (41,24 %), i když tento rozdíl byl pouze o 0,42 procentního bodu. Ve věku 24 týdnů byl index žloutku nejvyšší (48,67 %) a ve věku 68 týdnů byl index žloutku naopak nejnižší (38,43 %). Toto rozmezí odpovídá rozmezí 32-58 %, které uvedli Nagy et al. (2009). S věkem nosnic bylo pozorováno značné kolísání indexu žloutku, ale je zřejmé jeho postupné snižování. Shodně popsali snížení indexu žloutku s věkem nosnic Akyurek a Okur (2009).

Posledním ukazatelem kvality žloutku byla barva žloutku, která byla prokazatelně ovlivněna genotypem nosnic i jejich věkem. O 1,12 vyšší hodnotu barvy žloutku měla vejce nosnic Isa Brown (11,79) v porovnání s barvou žloutku nosnic Dekalb White (10,67). S věkem nosnic byly pozorovány výrazné výkyvy hodnot barvy žloutku. Vyšší průměrné hodnoty byly v první polovině sledovaného období (24-44 týdnů věku) ve srovnání s hodnotami v druhé

polovině sledovaného období (48-68 týdnů). Tomu odpovídá nejvyšší hodnota (12,05) ve věku 24 týdnů a nejnižší hodnota (9,52) ve věku 68 týdnů.

## 7 Závěr

Vejsce jsou nutričně bohatou a cenově dostupnou potravinou, což z nich činí důležitou a žádanou složku výživy člověka. Jsou zdrojem bílkovin, vitamínů, minerálních látek i antioxidantů. Stravitelnost vejce je až 98 %. Celosvětově se zvyšuje produkce vajec i jejich spotřeba. Zvyšuje se i zájem o informace o kvalitě potravin ze strany spotřebitelů. Kvalita vajec je ovlivněna mnoha vnitřními i vnějšími faktory.

V rámci diplomové práce byl hodnocen vliv genotypu a věku nosnic na technologickou hodnotu vajec. Nosnice obou genotypů byly ustájeny v hale na podestýlce s přístupem do venkovního výběhu. U vajec byly stanoveny vybrané parametry technologické kvality, mezi které patří hmotnost vejce, index tvaru vejce, hmotnost skořápky, podíl skořápky, tloušťka skořápky, pevnost skořápky, hmotnost bílku, podíl bílku, index bílku, Haughovy jednotky, hmotnost žloutku, podíl žloutku, index žloutku a barva žloutku.

Z výsledků tohoto sledování je zřejmý signifikantní vliv genotypu nosnice na většinu uvedených parametrů technologické kvality vajec, výjimkou je hmotnost vejce, hmotnost bílku a podíl bílku. Při porovnání vajec od nosnic genotypu Isa Brown a vajec od nosnic Dekalb White bylo zjištěno mnoho rozdílů, daných právě touto genotypovou a fenotypovou příslušností nosnic (hnědovaječné vs. bělovaječné nosnice). U Isa Brown byla v porovnání s Dekalb White zjištěna vyšší hmotnost vejce, index vejce, hmotnost skořápky, podíl skořápky, tloušťka skořápky, pevnost skořápky, hmotnost bílku, index žloutku a barva žloutku. Naopak u Dekalb White byl ve srovnání s Isa Brown zjištěn vyšší index bílku, Haughovy jednotky, hmotnost žloutku a podíl žloutku. Z toho vyplývá, že všechny ukazatele kvality vaječné skořápky byly prokazatelně lepší u Isa Brown.

Signifikantní vliv věku nosnic byl prokázán u všech hodnocených parametrů technologické kvality vajec. S věkem nosnic bylo pozorováno zvýšení hmotnosti žloutku a podílu žloutku. Kolísavý charakter hodnot v závislosti na věku byl pozorován u hmotnosti skořápky, podílu skořápky, tloušťky skořápky a indexu bílku. Naopak s věkem došlo k prokazatelnému snížení hmotnosti vejce, indexu vejce, pevnosti skořápky, hmotnosti bílku, podílu bílku, Haughových jednotek a indexu žloutku.

Volba vhodného genotypu pro chov v daném prostředí je zásadní. Na základě výše uvedených výsledků lze doporučit nosnice genotypu Isa Brown do podmínek výběhového chovu pro vyšší hmotnost vajec a lepší hodnoty vybraných parametrů kvality skořápky. Naopak genotyp Dekalb White by bylo možné doporučit pro lepší hodnoty vybraných parametrů vnitřní kvality vajec (index bílku, Haughovy jednotky, hmotnost a podíl žloutku). Bělovaječné nosnice jsou v chovech v rámci České republiky chovány velmi omezeně, a to především s ohledem na poptávku po vejcích s bílou barvou skořápky v období Velikonoc.

Hypotéza, že technologická hodnota vajec nebude ovlivněna genotypem slepic nosného typu a věkem nosnic, byla potvrzena jen částečně, co je patrné z výše uvedeného.



## 8 Seznam literatury

- Ahmadi F, Rahimi F. 2011. Factors Affecting Quality and Quantity of Egg Production in Laying Hens: a review. *World Applied Sciences Journal*. **12(3)**:372–384.
- Akyurek H a Okur AA. 2009. Effect of Storage Time, Temperature and Hen Age on Egg Quality in Free-Range Layer Hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. **8(10)**:1953–1958.
- Al-Obaidi FA a Al-Shadeedi SMJ. 2018. Effect of Summer and Winter Seasons on Egg Abnormalities of Outdoor Rearing Some Native Chicken Strains. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. **12(3)**:220–225.
- Babička L. 2016. *Nutričně významné látky v potravinách. Česká technologická platforma pro potraviny a Potravinářská komora České republiky, Praha*. ISBN 978-80-88019-15-2.
- Basmacioglu H a Ergül M. 2005. Research on the Factors Affecting Cholesterol Content and Some Other Characteristics of Eggs in Laying Hens. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. **29**:157–164.
- Černý H. 2005. *Anatomie domácích ptáků. Metoda spol. s. r. o., Brno*. ISBN: 80-239-4966-7.
- ČSÚ. Český statistický úřad. *Výsledky chovu drůbeže*. 2017. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/domov>.
- Dikmen BY, Ipek A, Sahan Ü, Sözcü A, Baycan SC. 2017. Impact of Different Housing Systems and Age of Layers on Egg Quality Characteristics. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. **41**:77–84.
- Englmaierová M, Tůmová E, Charvátová V, Skřivan M. 2014. Effects of Laying Hens Housing System on Laying Performance, Egg Quality Characteristics, and Egg Microbial Contamination. *Czech Journal of Animal Sciences*. **59(8)**:345–352.
- FAO. Food and Agriculture Organization. 2010. *Agribusiness handbook. Poultry Meat & Eggs*. Investment Centre Division. Viale delle Terme di Caracalla. Rome. Italy.
- Gerber N. 2006. Factors Affecting Egg Quality in the Commercial Laying Hen: a review. *Egg Producers Federation of New Zealand/Poultry Industry Association of New Zealand*.
- Halaj M, Golian J. 2011. *Vajce biologické, technické a potravinárske využitie*. Nitra: Garmond. ISBN 978-80-89148-70-7.
- Havlíček M, Nedomová Š, Simeonovová J, Severa L, Křivánek I. 2008. On the Evaluation of Chicken Egg Shape Variability. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. **56(5)**:69–74.
- Hidalgo A, Rossi M, Clerici F, Ratti S. 2008. A Market Study on the Quality Characteristics of Eggs from Different Housing Systems. *Food Chemistry*. **106(3)**:1031–1038.
- Holt PS, Davies RH, Dewulf J, Gast RK, Huwe JK, Jones DR, Waltman D, Willian KR. 2011. The Impact of Different Housing Systems on Egg Safety and Quality. *Poultry Science*. **90**:251–262.

- Honkatukia M, Tuiskula-Haavisto M, Arango J, Tabell J, Schmutz M, Preisinger R, Vilkki J. 2013. QTL Mapping of Egg Albumen Quality in Egg Layers. *Genetics Selection Evolution*. **45**:31.
- Chukwuka OK, Okoli IC, Okeudo NJ, Udedibie ABI, Ogbuewu IP, Aladi NO, Iheshiolor OOM, Omede AA. 2011. Egg Quality Defects in Poultry Management and Food Safety. *Asian Journal of Agricultural Research*. **5(1)**:1–16.
- Integra–Dekalb White. 2019. Available from <https://www.integrazabcice.cz/cs/produkty/dekalb-white-cz/> (accessed March 25, 2019).
- Integra–ISA Brown. 2019. Available from <https://www.integrazabcice.cz/cs/produkty/isa-brown-cz/> (accessed March 25, 2019).
- Jedlička M. 2018. Komerční chov nosnic ve voliérách. *Náš chov*, ročník 78:37–39.
- Jones DR, Musgrove MT, Anderson KE, Thesmar HS. 2010. Physical Quality and Composition of Retail Shell Eggs. *Poultry Science*. **89(3)**:582–587.
- Karcher MD, Jones DR, Abdo Z, Zhao Y, Shepherd TA, Xin H. 2015. Impact of Commercial Housing System and Nutrient and Energy Intake on Laying Hen Performance and Egg Quality Parameters. *Poultry Science*. **94(3)**:485–501.
- Kaufmann F, Das G, Sohnrey B, Gauly M. 2011. Helminth Infections in Laying Hens Kept in Organic Free Range Systems in Germany. *Livestock Science*. **141**:182–187.
- Ketta M, Tůmová E. 2018. Relationship Between Eggshell Tickness and Other Eggshell Measurements in Eggs from Litter and Cages. *Italian Journal of Animal Science*. **17(1)**:234–239.
- Kilner RM. 2006. The Evolution of Egg Colour and Patterning in Birds. *Biological Reviews*. **81**:383–406.
- Knierim U. 2006. Animal Welfare Aspects of Outdoor Runs for Laying Hens: a review. *NJAS*. **54(2)**:135–145.
- Kocevski D, Nikolova N, Kuzelov A. 2011. The Influence of Strain and Age of Some Egg Quality Parameters of Commercial Laying Hens. *Biotechnology in Animal Husbandry*. **27(4)**:1649–1658.
- Kovářová K. 2013. *Jakost a zpeněžování zemědělských komodit*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. ISBN 978-80-213-2219-6.
- 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. *Ann Animal Science*. **9**:185–193.
- Kucukyilmaz K, Bozkurt M, Herken EN, Cinar M, Cath AU, Bintas E, Coven F. 2012. Effects of Rearing Systems on Performance, Egg Characteristics and Immune Response in Two Layer Hen Genotype. *Asian – Australasian Journal of Animal Sciences*. **25(4)**:559–568.

- Kul S, Seker I. 2004. Phenotypic Correlations Between Some External and Internal Egg Quality Traits in the Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). *International Journal of Poultry Science*. **3(6)**:400–405.
- Ledvinka Z, Klesalová L. 2002. Hmotnost vajec a faktory, které ji ovlivňují. *Náš chov*. **62(7)**:54. ISSN 0027-8068.
- Ledvinka Z, Klesalová L. 2003. Výskyt krevních a masových skvrn ve vejcích slepic. *Náš chov*. **63(1)**:52. ISSN 0027-8068.
- Ledvinka Z, Zita L, Klesalová L. 2012. Egg Quality and Some Factors Influencing it: a review. *Scientia agriculturae bohemica*. **43(1)**:46–52.
- Marvan F, Hampl A, Hložánková E, Kresan J, Massanyi L, Vernerová E. 2011. Morfologie hospodářských zvířat. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. ISBN: 978-80-213-1658-4.
- Mashaly MM, Hendricks GL, Kalama MA, Gehad AE, Abbas AO, Patterson PH. 2004. Effect of Heat Stress on Production Parameters and Immune Responses of Commercial Laying Hens. *Poultry Science*. **83**:889–894.
- Mazzuco H, Bertechini AG. 2014. Critical Points on Egg Production: Causes, Importance and Incidence of Eggshell Breakage and Defects. *Ciência e Agrotecnologia*. **38(1)**:07–14.
- Mertens K, Bamelis F, Kemps B, Kamers B, Verhoelst E, De Ketelaere B, Bain M, Decuyper E, De Baerdemaekert J. 2006. Monitoring of Eggshell Breakage and Eggshell Strength in Different Production Chains of Consumption Eggs. *Poultry Science*. **85**:1670–1677.
- Miranda JM, Anton X, Redondo-Valbuena C, Roca-Saavedra P, Rodriguez JA, Lamas A, Franco CM, Cepeda A. 2015. Egg and Egg-Derived Foods: Effects on Human Health and Use as Functional Foods. *Nutrients*. **7(1)**:706–729.
- 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 and Environment*. **8(3-4)**:580–583.
- Nagy J, Baranová M, Bartáková K, Bystrický P, Cabadaj R, Danko J, Dousek J, Dračková M, Golian J, Janto R, Jevinová P, Kožárová I, Lazar P, Luptáková O, Maľa P, Marcinčák S, Máté D, Nagyová A, Paulsen P, Pipová M, Popelka P, Přidal A, Purkartová Z, Sojáková D, Steinhauser L, Steinhauserová I, Suchý P, Turek P, Vorlová L, Voslářová E. 2009. Hygiena mäsa hydiny, vajec a zveriny – 1. diel. Univerzita veterinárskeho lekárstva. Košice. 371 s. ISBN: 978-80-8077-179-9.
- Puyalto M, Mallo J. 2014. Nutrition of Laying Hens Plays a Major Role in Maintaining Egg Quality. *International Poultry Production*. **22(6)**:15–17.
- Reece WO. 2011. Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. Grada Publishing, a. s., Praha. ISBN: 978-80-247-3282-4.
- Rakib TM, Akter L, Barua SR, Azam NE, Erfan R, Islam MS, Farut AA, Farut MO, Miazi OF. 2016. Effects of Age, Rearing System and Their Interaction on Phenotypic Characteristics in Hisex Brown Laying Hens. *Scientific Journal of Veterinary Advances*. **5(5)**:87–96.

- Samiullah S, Roberts JR, Chousalkar KK. 2014. Effect of Production System and Flock Age on Egg Quality and Total Bacterial Load in Commercial Laying Hens. *Journal of Applied Poultry Research*. **23(1)**:59–70.
- Scott TA, Silversides FG. 2000. The Effect of Storage and Strain of Hen on Egg Quality. *Poultry Science*. **79**:1725–1729.
- Silversides FG, Scott TA. 2001. Effect of Storage and Layer Age on Quality of Eggs From Two Lines of Hens. *Poultry Science*. **80**:1240–1245.
- Steinhausarová I, Simeonovová J, Nápravníková E, Tremlová B. 2003. Produkce a zpracování vajec, drůbeže a medu. *Veterinární a farmaceutická univerzita, Brno*. 82 s. ISBN: 80-7305-462-0.
- Stojčić MD, Peric L, Milošević N, Rodic V, Glamocic D, Skrbic Z, Lukic M. 2012. Effect of Genotype and Housing System on Egg Production, Egg Quality and Welfare of Laying Hens. *Journal of Food Agriculture & Environment*. **2(10)**:556–559.
- Suk Y. O. a Park C. 2001. Effect of Breed and Age of Hens on the Yolk to Albumen Ratio in Two Different Genetic Stocks. *Poultry Science*. **80**:855–858.
- Travel A, Nys Y, Lopes E. 2010. Physiological and Environmental Factors Affecting Egg Quality. *Productions animals*. **23(2)**:155–166.
- Tufarelli V, Ragni M, Laudadio V. 2018. Feeding Forage in Poultry: A Promising Alternative for the Future of Production Systems. *Agriculture*. **8(6)**:81.
- Tůmová E. 2007. Vliv systému ustájení a výživy na kvalitu masa a vajec drůbeže. *Vědecký výbor výživy zvířat. Výzkumný ústav živočišné výroby*. Praha. 53 s.
- Tůmová E. 2018. Vliv systému ustájení na welfare a užitkovost slepic nosného typu. *Drůbežář* **12**:24–27.
- Tůmová E, Gous RM. 2012. Interaction of Hen Production Type, Age and Temperature on Laying Pattern and Egg Quality. *Poultry Science*. **91**:1269–1275.
- Tůmová E, Charvátová V. 2009. Doba snesení vejce a jeho kvalita. *Náš chov*. **69(12)**:44–45.
- Tůmová E, Ledvinka Z. 2009. The Effect of Time of Oviposition and Age on Weight, Egg Components Weight and Eggshell Quality. *Arch Geflügelkde*. **73(2)**:110–115.
- Tůmová E, Skřivan M, Englmaierová M, Zita L. 2009. The Effect of Genotype, Housing System and Collection Time on Egg Quality in Egg Type Hens. *Czech Journal of Animal Science*. **54(1)**:17–23.
- Tůmová E, Skřivanová V, Chodová D, Vlčková J. 2017. Vliv vápníku na kvalitu skořápky a bezpečnost produkce vajec v různých systémech ustájení. *Výzkumný ústav živočišné výroby*.
- Van Niekerk T. 2014. Egg quality. LowinputBreeds technical note. Newcastle University. UK. Available from [http://www.lowinputbreeds.org/fileadmin/documents\\_organicresearch/lowinputbreeds/tn-4-4-niekerk-2014-egg-quality.pdf](http://www.lowinputbreeds.org/fileadmin/documents_organicresearch/lowinputbreeds/tn-4-4-niekerk-2014-egg-quality.pdf) (accessed February 2019).

- Wolc A, Arango J, Settar P, O'Sullivan NP, Olori VE, White MS, Hill VG, Dekkers JCM. 2012. Genetic Parameters of Egg Defects and Egg Quality in Layer Chickens. *Poultry Science*. **91**:1292–1298.
- Yörük MA, Gül M, Hayirli A, Macit M. 2004. The Effects of Supplementation of Humate and Probiotic on Egg Production and Quality Parameters During the Late Laying Period in Hens. *Poultry Science*. **83**:84–88.
- Zaheer K. 2015. An Updated Review on Chicken Eggs: Production, Consumption, Management Aspects and Nutritional Benefits to Human Health. *Food and Nutrition Sciences*. **6**:1208–1220.
- Zelenka J. 2014. *Výživa a krmení drůbeže*. Agripint, Olomouc. 160 s. ISBN 978-80-87091-53-1.
- Zelenka J. 2018. Aditiva ovlivňující senzorycké vlastnosti krmiv a živočišných produktů. *Náš chov*, **78**:85–86.
- Zhang LC, Ning ZH, Xu GY, Hou ZC, Yang N. 2005. Heritabilities and Genetic and Phenotypic Correlations of Egg Quality Traits in Brown-Egg Dwarf Layers. *Poultry Science*. **84**:1209–1213.
- Zita L, 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 Samostatné přílohy



Obrázek č. 1: Isa Brown (Integra 2019)



Obrázek č. 2: Dekalb White (Integra 2019)



Obrázek č. 3: Zemědělská budova Farmy Trojek (Aneta Brázdilová)



Obrázek č. 4: Prodejna vajec (Aneta Brázdilová)





Obrázek č. 5: Vnitřní ustájení na podestýlce (Aneta Brázdilová)



Obrázek č. 6: Venkovní výběh (Aneta Brázdilová)