

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Kvalita vajec bělovaječných a hnědovaječných slepic  
v závislosti na jejich věku**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Ladislav Linek**

**Obor studia: Živočišná produkce**

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

**© 2021 ČZU v Praze**



## **Čestné prohlášení**

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

V Praze dne 26. 4. 2021

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu této diplomové práce doc. Ing. Lukáši Zitovi, Ph.D. za jeho ochotu, kladný a pozitivní přístup, odborné rady a trpělivost jakou se mnou měl po celou dobu studia i při psaní této práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Adamu Krausovi za pomoc při rozborech a jeho čas i ochotu mi vždy pomoci. Velké poděkování patří Podniku pro výrobu vajec v Kosičkách, s.r.o., zejména panu Petru Hoškovi, za poskytnutí informací a vajec, která byla předmětem sledování. Dále děkuji zaměstnancům Podniku pro výrobu vajec v Kosičkách, s.r.o., za pomoc při sběru vajec. V neposlední řadě patří velké díky i mé rodině a přítelkyni za podporu a trpělivost.

# Kvalita vajec bělovaječných a hnědovaječných slepic v závislosti na jejich věku

## Souhrn

V současnosti je brán čím dál větší ohled na kvalitu produkce. V případě vajec je kvalita ovlivňována mnoha faktory, především pak genotypem, věkem, systémem ustájení a dalšími. Cílem diplomové práce bylo posoudit kvalitu konzumních vajec, prostřednictvím vybraných parametrů technologické hodnoty, u slepic dvou různých genotypů, produkující vejce s bílou a hnědou barvou skořápky v závislosti na jejich věku.

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

Vejce byla pro potřeby laboratorních analýz odebírána od 24. do 76. týdne věku v pravidelných 28 denních intervalech od hnědovaječných slepic genotypu ISA Brown a bělovaječných nosnic genotypu Dekalb White. Celkem bylo rozborováno 2800 vajec od každého genotypu nosnic.

Z výsledků je patrné, že všechny sledované parametry kvality skořápky byly statisticky významně ovlivněny genotypem nosnic (s výjimkou hmotnosti skořápky a bílku, barvy žloutku) a jejich věkem. Z hlediska genotypové příslušnosti je patrné, že u hnědovaječných nosnic ISA Brown, v porovnání s bělovaječnými nosnicemi Dekalb White, byla lehčí vejce o 1,19 g (60,99 g). U hnědovaječných slepic byla vejce kvalitnější spíše z hlediska skořápky a bílku, vejce nosnic ISA Brown měla nižší podíl žloutku o 1,45 procentního bodu (27,07 %), ale byla kvalitnější z pohledu indexu žloutku (o 0,54 procentního bodu; 41,83 %), dále vyšší podíl skořápky (o 0,11 procentního bodu; 10,26 %), silnější (o 0,005 mm; 0,355 mm) a pevnější skořápku (o 2,58 N.cm<sup>-2</sup>; 44,41 N.cm<sup>-2</sup>). Také u vajec těchto slepic byl vyšší podíl bílku (o 1,33 procentního bodu; 62,67 %), ale nižší index bílku (o 1,12 procentního bodu; 7,77 %) a Haughovy jednotky (o 5,19; 79,23).

Kvalita vajec byla také posuzována z pohledu věku nosnic. Byly potvrzeny některé obecné trendy týkající se vybraných parametrů kvality vajec. Hmotnost vajec a povrch skořápky se s věkem zvyšovaly. Kdežto např. podíl skořápky, její tloušťka a pevnost skořápky, stejně jako index žloutku a bílku nebo Haughovy jednotky se s věkem snižovaly.

Hypotéza, že technologická hodnota vajec nebude ovlivněna genotypem slepic nosného typu a věkem nosnic, nebyla potvrzena.

**Klíčová slova:** kvalita, vejce, skořápka, žloutek, bílek

# The effect of age on egg quality from white- and brown-eggshell hens

## Summary

At present, the quality of production is increasingly taken into account. In the case of eggs, quality is influenced by many factors, especially by genotype, age, housing system and others. The aim of the diploma thesis was to assess the quality of table eggs, through selected parameters of technological value, in hens of two different genotypes, producing eggs with white and brown eggshell color depending on their age.

The hypothesis was that the technological value of eggs will not be affected by the genotype age of the laying hens.

Eggs for laboratory analysis were collected from 24 to 76 weeks of age at regular 28-day intervals from ISA Brown hens and Dekalb White hens. A total of 2,800 eggs from each laying hen genotype were analyzed.

The results show that all monitored quality parameters of the eggshell were statistically significantly affected by the genotype of laying hens (except for the eggshell and albumen weight, yolk color) and their age. From the genotype point of view, it is evident that ISA Brown laying hens, compared to Dekalb White laying hens, had lighter eggs by 1.19 g (60.99 g). In brown-eggshell hens the eggs were better in terms of eggshell and albumen, ISA Brown hens had a lower yolk proportion by 1.45 percentage points (27.07%), but were better in terms of yolk index (by 0.54 percentage points; 41.83%), had higher eggshell proportion (by 0.11 percentage point; 10.26%), thicker (by 0.005 mm; 0.355 mm) and stronger eggshell (by 2.58 N.cm<sup>-2</sup>; 44.41 N.cm<sup>-2</sup>). The eggs of these hens had also higher albumen proportion (by 1.33 percentage points; 62.67%), but lower albumen index (by 1.12 percentage points; 7.77%) and Haugh units (by 5.19; 79.23).

The quality of the eggs was also assessed in terms of the age of the laying hens. Some general trends concerning selected egg quality parameters were confirmed. The weight of the eggs and the surface of the eggshell increased with age. Whereas, for example, the eggshell proportion, its thickness and the eggshell strength, as well as the yolk and albumen index or Haugh units, decreased with age.

The hypothesis that the technological value of eggs will not be affected by the genotype of laying hens and by the age of the laying hens, was not confirmed.

**Keywords:** quality, egg, eggshell, yolk, albumen

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>Produkce vajec</b>	<b>12</b>
<b>3.2</b>	<b>Spotřeba vajec</b>	<b>12</b>
<b>3.3</b>	<b>Vznik vejce</b>	<b>13</b>
<b>3.4</b>	<b>Složení vejce</b>	<b>14</b>
3.4.1	Vaječný žloutek	15
3.4.2	Vaječný bílek	15
3.4.3	Vaječná skořápka	16
<b>3.5</b>	<b>Kvalita vejce</b>	<b>17</b>
3.5.1	Vnější kvalita vajec	17
3.5.1.1	Hmotnost vajec	17
3.5.1.2	Tvar vejce	18
3.5.1.3	Kvalita vaječné skořápky	18
3.5.2	Vnitřní kvalita vajec	19
3.5.2.1	Kvalita bílku	19
3.5.2.2	Kvalita žloutku	21
<b>3.6</b>	<b>Faktory ovlivňující kvalitu vajec</b>	<b>22</b>
3.6.1	Vnitřní faktory	22
3.6.1.1	Genotyp	22
3.6.1.2	Věk	23
3.6.2	Vnější faktory	23
3.6.2.1	Výživa a krmení	23
3.6.2.2	System ustájení	24
3.6.2.3	Skladování vajec	25
<b>4</b>	<b>Metodika</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>Charakteristika podniku</b>	<b>26</b>
<b>4.2</b>	<b>Laboratorní analýzy vajec</b>	<b>28</b>
<b>4.3</b>	<b>Statistické vyhodnocení</b>	<b>30</b>

<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>45</b>
<b>9</b>	<b>Samostatné přílohy.....</b>	<b>I</b>



# 1 Úvod

Vejde je považováno za základní potravinu v lidském jídelníčku, a to jak v pozici hlavní, jako čerstvá vejce, vařená či smažená, tak i z pozice doplňkové jako vaječné výrobky a přísady ostatních potravin (pečivo, piškoty, těstoviny, majonézy vaječný koňak atd.).

Vejde svým složením patří k potravině s nejlepší stravitelností, zejména pak bílek, který je řazen na úplný vrchol, co se týče stravitelnosti, ta je dosahována až z 98 %, a je využíván pro porovnávání stravitelnosti i ostatních potravin. Bílkoviny obsažené ve vejci jsou též kvalitnější, než proteiny masa či mléka. Pro velké zastoupení esenciálních aminokyselin, které si lidské tělo neumí samo vyrobit, musí je přijímat ve stravě, je vejce též vhodnou komponentou stravy. Dále se ve vejci nachází vitamíny rozpustné v tucích (A, D, E, K), vitamíny skupiny B a minerální látky.

Veliký zájem o vejce je nejen z hlediska jeho nutričních hodnot a dobré stravitelnosti, ale i jeho cenová dostupnost, díky které si i méně bohatí můžou dovolit kvalitní bílkovinu.

Další výhodou je ta skutečnost, že vejce se dá skladovat relativně dlouhou dobu bez úpravy, aniž by se zkazilo nebo ztratilo svou nutriční hodnotu oproti např. masu, které podléhá okamžité degradaci.

S celosvětovým nárůstem populace se zvyšuje i produkce a spotřeba potravin. Státy se rozmáhají a bohatnou a z tohoto hlediska se mění i složení stravy obyvatel, které z rostlinné stravy přechází více na živočišnou, a tudíž i po vejci jakožto živočišné bílkovině je zvýšená poptávka.

Celosvětová produkce vajec nabírá obrovských rozměrů, kdy největší producent vajec je Čína, následována USA, Indií, Mexikem, Japonskem a Brazílií. Mezi hlavní producenty vajec v EU patří Francie, Německo, Španělsko, Itálie, Polsko.

Ve světě i v Evropské unii jsou nosnice chovány hned několika způsoby a v různých typech technologií. Nejvíce jsou zastoupeny konvenční klecové chovy, které v roce 2012 v EU nahradily klece obohacené. Obohacené klece představují v současné době cca 54 % chovů v EU. Další možné způsoby chovu jsou halové systémy (cca 26 %), dále s volným výběhem (15 %) a naposledním místě s 5 % chovy ekologické.

V ČR je produkce vajec rozdělena na dva sektory, a to na zemědělský sektor, kde je chováno 5,26 milionu kusů nosnic a sektor domácích hospodářství, kde je odhadem chováno 4,1 milionů kusů nosnic. Rozdílem v chovu nosnic je především jejich průměrná snáška. V zemědělském sektoru je roční produkce vajec na jednu nosnici přibližně 305 ks oproti tomu v domácím sektoru je cca 180 ks konzumních vajec na nosnici a rok. Roční produkce vajec

zemědělského sektoru je 1 608 824 tisíc ks a domácí sektor produkuje 752 581 tisíc ks, to činí produkci vajec v ČR celkem 2 361 505 tisíc kusů vajec, což při průměrné spotřebě 260 ks vajec na obyvatele a rok pokrývá soběstačnost z cca 83 %.

V současné době, byl v ČR, Poslaneckou sněmovnou, prosazen pozměňovací návrh o zákazu klecového chovu slepic. Klecový chov slepic by měl být umožněn do prosince roku 2026 a od 1. 1. 2027 bude zakázán. K tomuto faktu přispívá i skutečnost, že většina obchodních řetězců a některé nadnárodní společnosti se zavázali, že od roku 2025 nebudou nabízet vejce od slepic chovaných v klecích.

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

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

Cílem diplomové práce bylo posoudit kvalitu konzumních vajec, prostřednictvím vybraných parametrů technologické hodnoty, u slepic dvou různých genotypů, produkujících vejce s bílou a hnědou barvou skořápky v závislosti na jejich věku.

## **3 Literární rešerše**

### **3.1 Produkce vajec**

Dle Českého statistického úřadu bylo v České republice v roce 2020 chováno celkem 22 992 048 kusů drůbeže. Z toho nosnic bylo 5 693 824 kusů, to je o 406 257 kusů více než pro rok 2019. Průměrný stav nosnic v zemědělském sektoru činil 5 191 962 ks a v domácím sektoru 4 012 509 ks. Průměrný stav nosnic v zemědělském sektoru pomalu roste, v roce 2018 byl stav nosnic na čísle 4 915 005 ks, v roce 2016 to bylo jen 4 341 024 ks. Celková snáška konzumních vajec byla, pro rok 2020, v zemědělském sektoru 1 607 826 tis. ks vajec a v domácím sektoru 722 252 tis. ks vajec. Průměrná snáška na nosnici činí v zemědělském sektoru pro rok 2020 celkem 309,7 ks vajec, to je o 3,8 ks více než v roce 2019 a o 8,6 ks více než v roce 2015, kdy byla průměrná snáška na nosnici 301,1 ks vajec, v domácím sektoru byla snáška 180 ks vajec (ČSÚ 2020).

Cena zemědělských výrobců na počátku roku 2020 stagnovala na úrovni 1,86 – 1,88 Kč/ks, posléze se snížila pod hranici 1,80 Kč/ks a byla se v rozmezí 1,71 – 1,78 Kč/ks a ke konci roku opět překročila hranici 1,80 Kč/ks a v prosinci byla na úrovni 1,88 Kč/ks. Spotřebitelské ceny se v roce 2020 pohybovaly v rozmezí 2,54 – 3,09 Kč/ks, v průměru pak 2,87 Kč/ks (eAgri 2021).

Světová produkce vajec pro rok 2012 tvořila téměř 70 milionů tun, z čehož Čína tvořila přibližně 45 %, další významní producenti jsou Spojené státy americké, Indie, Japonsko a Mexiko (Zaheer 2015).

Za posledních třicet let se zvýšila produkce vajec o více jak 150 %. Největší podíl na růstu byl v Asii, kde bylo zaznamenáno zvýšení produkce až čtyřnásobně. Aby byla uspokojena zvyšující se poptávka, byla světová produkce vajec navýšena mezi lety 1961 až 2017 z 15 na 87 milionů tun (FAO 2021).

### **3.2 Spotřeba vajec**

Dle Českého statistického úřadu byla spotřeba vajec na obyvatele České republiky v roce 2019 celkem 261 ks, což je mírné snížení oproti roku 2018, kdy spotřeba činila 263 ks vajec a byla nejvyšší za posledních deset let, oproti tomu nejnižší spotřeba byla v roce 2010 s 242 kusy (ČSÚ 2019).

Vejce jakožto levný zdroj kvalitních bílkovin, vitaminů a minerálů je v lidské stravě důležitou složkou, jen za posledních 40 let se zvýšila celosvětová spotřeba trojnásobně. Rozdílná spotřeba v jednotlivých státech je pak dána konkrétní zemí, vyspělostí a bohatostí země. Roční spotřeba se v afrických zemích pohybuje od 300 g, pouze menšina zemí v Africe má spotřebu vyšší než 2 kg vajec na osobu a rok. Oproti tomu v Japonsku je spotřeba vajec až 19,1 kg na osobu a rok. Vejce, jako levný zdroj kvalitních bílkovin, tak mohou být jistým řešením v otázce podvýživy v rozvojových zemích (Zaheer 2015).

### 3.3 Vznik vejce

Ptačí pohlavní soustava má oproti savcům určitá specifika. Pohlavní soustavu samic ptáků tvoří orgány skládající se z vaječníku (*ovarium*) a vejcovodu (*oviductus*). Z počátku inkubace jsou založeny oba vaječníky i vejcovody, po určitém čase, u kura do sedmého dne inkubace, se však přestane pravá strana vyvíjet a zůstává jen levý vaječník a vejcovod (Černý 2005). Dle Cibulky et al. (2004) vzniká vejce v samičí pohlavní soustavě, kde je vyvinut pouze levý vaječník a vejcovod. Levý vaječník přiléhá dorzálně ke stropu dutiny břišní a je uložen kraniálně před levou ledninou (Reece 2011). Ledvinka et al. (2009) konstatují, že vlastní vajíčko, jakožto samičí pohlavní buňka, je část vejce označována jako žloutek, který se vytváří na vaječníku. Zbytek vejce se dotváří postupem času ve vejcovodu.

Černý (2005) popisuje povrch vaječníku a jeho epitelu jako zpočátku hladký, postupnou tkáňovou diferenciací se na konci druhého měsíce stává povrch vaječníku zrnitým a již třetím měsícem se zde objevují drobné folikuly. Po dosažení věku čtyř měsíců je vaječník kura cca 1,5 cm veliký a jeho hmotnost činí 0,5 g. V době růstu folikulů, kdy slepice (nosnice) snáší, se vaječník zvětšuje, a to mnohonásobně a mění svůj tvar na hroznovitý. Pohlavně dospělá slepice má založeno 1000 až 1500 primárních folikulů, což je oproti tomu, co má založeno v embryonálním stádiu, jen nepatrný počet. Při prasknutí a uvolnění zralého folikulu zůstává zbytek po folikulu na vaječníku. Žluté tělíčko se u samic ptáků nevytváří (Cibulka et al. 2004).

Černý (2005) označuje, jako další úsek ptačí pohlavní soustavy, vejcovod. Ten se nachází mezi vaječníkem a kloakou a tvoří ho trubice složená z mnoha kliček. Mimo snáškové období je vejcovod dlouhý 15 cm a jeho hmotnost činí 5 g. V období snášky svou velikost zvětší až na 65 cm a hmotnost se zvýší až na 75 g. Skladba stěny vejcovodu je ze tří vrstev, a to ze sliznice, svalové vrstvy a serózy. Obdobně Marvan et al. (2011) konstatují, že na vaječník navazuje vejcovod, který v době snášky představuje tenkostěnná trubice o délce u slepic 60 až 80 cm. V době pohlavní aktivity se rozlišuje u vejcovodu celkem pět částí a to nálevka (*infundibulum*),

bílkotvorná část (*magnum*), krček (*isthmus*), děloha (*uterus*) a pochva (*vagina*). *Infundibulum* je kraniální část vejcovodu, která se rozšiřuje v tenkostěnnou nálevku. Před ovulací do této nálevky vstupuje folikul. Uvolněné vajíčko se v nálevce vejcovodu zdržuje jen několik málo minut. Během pobytu vajíčka v nálevce může dojít k jeho oplození. Dalším úsekem vejcovodu je *magnum*, představuje bílkotvornou část, která je nejdelší částí vejcovodu. *Magnum* má oproti *infundibulu* silnější stěnu, vnitřní sliznice vytváří vysoké řasy s velkým počtem žláz, ty tvoří hustý bílek. Po bílkotvorné části následuje krátký úsek krčku (*isthmus*), zde se vejce obalí podskořápkovými blanami. Po jedné až dvou hodinách se vejce přesouvá do předposlední části *uterus*. *Uterus* neboli děloha je rozšířená část vejcovodu. Sliznice zde netvoří řasy ale četné zploštělé bradavky. V tomto úseku produkují drobné žlázy uhličitany i fosforečnany vápníku a hořčíku. Za pomoci těchto látek se zde vytváří vaječná skořápka. Po vytvoření vaječné skořápky se vejce přesouvá do posledního úseku vejcovodu. Tento úsek se nazývá *vagina*. Jedná se o velmi krátký úsek, kde se vejce obalí hlenem a rychle postupuje do kloaky.

### 3.4 Složení vejce

Simons (2017) udává, že vejce je složeno ze tří základních částí a to skořápky, bílku a žloutku. Popisuje, že vejce o hmotnosti 60 gramů má zastoupení jednotlivých částí v procentech: skořápka 10 %, 28-30 % žloutek a 60-62 % bílek. Dále uvádí, že z chemického hlediska vejce tvoří z 65 % voda, z 12 % protein, 11 % tuk a 11 % minerální látky. Při porovnání bílku se žloutkem, má bílek 88 % vody, 11 % proteinů, 0,2 % tuku a 0,8 % minerálních látek. Žloutek obsahuje 48 % vody, 17,5 % bílkovin, 32,5 % tuku a 2 % minerálních látek. V hmotnostním vyjádření to pak činí 10 g vody, 6 g tuku, 3 g bílkovin, 0,125 g sacharidů a 0,3 g vitaminů s minerálními látkami. Ahmadi & Rahimi (2011) zjistili, že voda představuje ve vejci 75,8 % a je tudíž nejvíce zastoupenou složkou. Simeonovová et al. (2001) uvádějí, že z chemického složení bílku je nejvíce zastoupena voda (87,6 %), druhou nejvíce zastoupenou složkou jsou bílkoviny (10,6 %), menší podíl připadá na sacharidy (0,9 %), minerální látky (0,6 %) a nejméně na lipidy (0,3 %).

Dle Zaheera (2015) udržuje strukturu vejce několik membrán. První vnější vrstva – kutikula, chrání vejce před prachovými částicemi a bakteriemi. Pod skořápkou se nachází vnitřní a vnější podskořápečné blány, ty oddělují pevnou skořápku od bílku a chrání bílek před bakteriemi. Dalším útvarem ve vejci jsou chalázová poutka, ty udržují vaječný žloutek uprostřed vejce. Aby žloutek neunikl do bílku, je obalen vitelinní membránou, která tomuto procesu zabrání.

### 3.4.1 Vaječný žloutek

Žloutek tvoří z celého vejce cca 30-32 % (Zaheer 2015). Je výživově nejbohatší složkou vejce. Nachází se zde zárodečný terčík, který slouží k vývoji a zásobě živin pro vyvíjející se zárodek (Walters 2007). Celý žloutek je tvořen z koncentricky uspořádaných vrstev tmavého a světlého žloutku. Rozdíl v barvě je dán složením, kdy tmavý žloutek obsahuje větší množství žloutkových zrn a světlý žloutek má větší podíl vody a bílkovin (Marvan et al. 2011). Černý (2005) uvádí, že viskózní hmota žloutku je tvořena tukem a proteinem. Světlý žloutek má vyšší zastoupení proteinu a menší zastoupení tuku a tmavý žloutek to má naopak, více tuku a méně proteinu. Hlavní funkcí tmavého žloutku je zásobní funkce. Světlý žloutek se nachází těsně pod vitelinní membránou a také na středu žloutku. Z celkové hmotnosti žloutku zaujímá světlý žloutek 5 %, ze kterých tvoří voda 90 %, zbytek připadá na bílkoviny a tuky. Tmavý žloutek obsahuje 35 % tuků, 16 % bílkovin a velké množství karotenoidních barviv lipofilního charakteru (Zaheer 2015). Z nutričního hlediska obsahuje žloutek 50 % vody, 33 % tuku a 16,5 % bílkovin. Dále obsahuje vitaminy rozpustné v tucích (A, D, E, K), minerální látky (železo), barviva a lecitin (FAO 2010).

Dle Zaheera (2015) se barva žloutku mění v závislosti na krmění slepic od světle žluté po žlutooranžovou. Barva žloutku však nemá vliv na jeho nutriční hodnotu. Kljak et al. (2012) uvádějí, že za přirozené zbarvení vaječného žloutku jsou zodpovědné především karotenoidy, které se ve žloutku akumulují. Barva je jedním ze základních faktorů, který ovlivňuje přijatelnost vejce u spotřebitele. Barevná škála je od světle žluté po tmavě oranžovou. Spotřebitelé upřednostňují vejce s tmavší barvou žloutku a považují je za kvalitnější. Václavovský et al. (2000) udávají, že hmotnost žloutku od dospělých slepic se pohybuje v rozmezí 15-20 g, má tvar zploštělé koule o průměru 30-40 mm. Dle Simeonovové (2001) je žloutek kulovitěho tvaru, o průměru 3,5-4 cm a je mírně zploštělý. Hejlová (2001) uvádí, že hmotnost žloutku tvoří 30 % z celkové hmotnosti vejce. Žloutek je ve většině případů u čerstvých vajec tvaru koule a jeho velikost je v rozmezí 3,4-3,1 cm.

### 3.4.2 Vaječný bílek

Zaheera (2005) konstatuje, že bílek zaujímá 60 % z hmotnosti vejce, tvoří ho 10 % bílkovin a 90 % voda. Hejlová (2001) popisuje bílek jako viskózní, průhlednou tekutinu, která vyplňuje prostor mezi žloutkem a podskořápečnou membránou. Sušina bílku je z 92 % tvořena plnohodnotnými bílkoviny, tyto bílkoviny jsou z 12 % vaječné proteiny a z 88 % enzymy a inhibitory. Filnerová (2007) uvádí, že bílek chrání embryo a představuje zásobu bílkovin

a vody. Voda v bílku zaujímá 84-89 % a tvoří tak hlavní složku bílku. Bílek se skládá ze čtyř samostatných vrstev. První vrstva se nachází u podskořápečné membrány, označuje se jako vnější řídká vrstva a tvoří 23,3 %. Druhá vrstva se označuje jako vnější tuhá a zaujímá 57,2 %, třetí vrstvu tvoří vnitřní řídký bílek a to z 16,8 % a poslední vrstvou je vnitřní tuhá vrstva, tvoří 2,7 % a je též označována jako chalázový bílek. Poslední vrstva pokrývá celý žloutek, je mírně elastická a umožňuje mírné otáčení žloutku (Mine 2008). Kovářová (2013) uvádí, že zastoupení jednotlivých částí bílku je v poměru 23 % vnější řídký bílek, 57 % vnější tuhý bílek, 17 % vnitřní řídký bílek a 3 % chalázový bílek. Mine (2008) konstatuje, že poměry vrstev bílku se mohou lišit v závislosti na velikosti vejce, genotypu slepic a podmínkách prostředí. Mezi bílkoviny obsažené v bílku se řadí ovoalbumin, ovotransferrin, ovomukoid,  $\alpha$  a  $\beta$ -ovomucin a lysozym. Nejdůležitější bílkovinou je ovoalbumin, který zaujímá 54 %, následuje ovotransferrin (13 %), ovomukoid (11 %),  $\alpha$  a  $\beta$ -ovomucin (1,5-3 %) a lysozym 3,5 %. Lysozym má důležitou funkci a to, chránit zárodek, který ještě nemá vyvinuté vlastní imunoglobuliny, proti vniknutí mikroorganismů od skořápky ke žloutku (Ahadi & Rahimi 2011).

### 3.4.3 Vaječná skořápka

Skořápka představuje nejpevnější obal vejce (Hejlová 2001). Představuje důležitou ochranu pro vyvíjející se embryo. Není však jen ochranou embrya, je totiž prostoupena póry (kanálky), díky kterým je umožněno vstupu kyslíku dovnitř, a naopak uniká oxid uhličitý a vodní pára. Tento proces umožňuje dýchání vyvíjejícího se mláděte. Dále skořápka slouží jako bariéra proti vniknutí mikroorganismů do vejce (Walters 2007). Pórovitost ve skořápce se liší, a to jak u jednotlivých druhů vajec, tak i v různých místech jednoho vejce. Více pórů se nachází na pólech než ve středu vejce (Kovářová 2013). Skořápka vzniká kalcifikací sekretu žláz ze sliznice ve vejcovodu, konkrétně v části vejcovodu označované jako *uterus* (děloha). Složení skořápky je z 95-98 % tvořeno anorganickou substancí a jen z 2-5 % organickou složkou. Voda tvoří ve skořápce asi 1,6 %. Anorganická substance je zastoupena uhličitánem vápenatým, fosforečnanem vápenatým a fosforečnanem hořečnatým. Nejvíce je zastoupen uhličitán vápenatý a to z 89-97 % (Černý 2005). Zaheer (2015) uvádí, že skořápka je tvořena z 94 % z krystalů uhličitánu vápenatého. Celkový podíl skořápky je 9-12 % z vejce. Rozdílem ve skořápkách může být i její barva, která je od bílé, hnědé až po modrou či zelenou. O tom, jakou barvu bude mít skořápka, rozhodne genetika slepice. Kovářová (2013) uvádí, že barvu skořápky ovlivňují pigmenty ze skupiny ovoporfyrinů. Tyto pigmenty syntetizuje sliznice vejcovodu v průběhu tvorby vejce. Kilner (2006) popisuje, že odpovědný za odstíny hnědé je



protoporfyrin, za modré a zelené zbarvení je zodpovědný biliverdin IX a chelát zinku. Množství uloženého pigmentu do skořápky je řízeno progesteronem a estradiolem.

Na vnější straně skořápky se nachází kutikula. Kutikula je průhledná, velmi tenká blána, která je pevně spojena s vaječnou skořápkou. Její funkcí je překrýt póry na skořápce, a tak zabránit průniku mikroorganismům do vejce (Zaheer 2015). Tloušťka kutikuly je cca 10  $\mu\text{m}$  a je složena převážně z peptidů (Černý 2005).

### **3.5 Kvalita vejce**

Kvalitu vejce lze vyjádřit jeho technologickými vlastnostmi a hodnotami. Tyto hodnoty se mohou sledovat jak na celém vejci, tak i na jeho jednotlivých částech. Englmaierová et al. (2014) udávají, že technologickým posouzením se vejce hodnotí jako celek, kde hodnotíme jeho hmotnost, tvar, ale také komponenty, ze kterých se vejce skládá. Tůmová et al. (2009) uvádějí, že kvalita vajec je ovlivněna několika faktory, které lze rozdělit na vnější a vnitřní.

#### **3.5.1 Vnější kvalita vajec**

##### **3.5.1.1 Hmotnost vajec**

Jedním z hlavních sledovaných parametrů vajec je jejich hmotnost, která je u slepičích vajec nejčastěji v rozmezí od 50 do 70 g. Hmotnost vajec se nejvíce využívá při třídění vajec, což má vliv na jejich tržní hodnotu. Většina nosných hybridů produkuje vejce ve věku 26 týdnů o hmotnosti 60 g. Od 26. týdne se hmotnost zvyšuje, kdy kolem 50. týdne má v průměru 65,5 g a tuto hmotnost si vejce drží až do konce snášky, která nastává ve věku 72 až 74 týdnů (Nys et al. 2008). Dle Tůmové & Charvátové (2009) je prvním krokem při sledování kvality slepičích vajec jejich hmotnost, která je většinou v rozmezí 63-68 g. Vejce jsou zařazována dle hmotnosti od nejmenšího po největší. Nejmenší vejce mají hmotnost menší než 53 g a vejce největší mají hmotnost vyšší než 73 g. Hmotnostní skupiny vajec se označují písmeny, a to vzestupně od S, M, L až XL. Toto označení může být přímo na vaječné skořápce či na spotřebitelském balení. Označení písmenem S jsou vejce do hmotnosti 53 g, písmeno M označuje hmotnostní třídu od 53 g do 63 g, písmenem L se označují vejce o hmotnosti 63 až 73 g a označení XL připadá na vejce o hmotnosti vyšší jak 73 g (Boháčková 2014).

Simons (2017) popisuje hmotnostní třídění v USA do šesti tříd. V USA je jako hmotnostní měřítko použita unce, kdy jedna unce se rovná 28,3495 g. Nejmenší vejce jsou označovány jako Peewee, jejich hmotnost je 1,25-1,5 unce, dále jsou vejce Small o hmotnosti

1,5-1,75 unce, následuje označení Medium s hmotností 1,75-2 unce, dále Large s hmotností 2-2,25 unce, předposlední skupinou jsou vejce s hmotností 2,25-2,5 unce označována jako Extra Large a poslední hmotnostní skupinou jsou vejce Jumbo, jejichž hmotnost přesahuje 2,5 unce a více.

Marzec et al. (2019) uvádějí, že vejce od starších slepic mají výrazně vyšší hmotnost a během skladování se jejich hmotnost snižuje méně.

### 3.5.1.2 Tvar vejce

Simeonovová et al. (2001) uvádějí, že tvar vejce je poměr příčné osy k ose podélné. Tímto poměrem se určí, jestli má vejce tvar kulovitý, oválný, podlouhlý či vejčitý. Vejčitý tvar je charakterizován jako ovál s jedním koncem tupým a druhým koncem ostrým. Každé plemeno má svůj specifický tvar vejce a je tudíž dědičný. Tvar může být též ovlivněn tlakem svalů ve vejcovodu, objemem a průchodností vejcovodu či množstvím bílku. Halaj & Golian (2011) konstatují, že tvar vejce ovlivní věk nosnice a jeho tvar se mění během snáškového cyklu. Tvar vejce hraje velkou roli především v balení, skladování a transportu. Van der Brand et al. (2004) udávají, že na začátku snášky nemají vejce typický tvar, ten přichází až s věkem nosnic, kdy se vejce protahují. Z tohoto plyne, že vejce od starších nosnic mají častěji nadstandardní velikost či tvarové modifikace.

Vzorec pro tvar vejce vyjádřen pomocí indexu tvaru vejce (Ledvinka et al. 2009):

$$I_v = \frac{\check{s}}{d} \times 100$$

Ve vzorci nám **d** značí délku vejce a **š** jeho šířku. Pro získání hodnoty v procentech se celý zlomek násobí 100. Optimální vejce má index tvaru v rozmezí 73 – 75 % (Ledvinka et al. 2009). Kdyby bylo vejce dokonale kulaté, je jeho index roven 100, naopak vejce podlouhlé by mělo index 10. U běžných vajec index kolísá od 63 do 85 %. Klasický vejčitý tvar má index 75 % a s odchylkou ± 5 % je tak nejvhodnější pro průmyslové zpracování a balení, kdy nepůsobí žádné problémy při manipulaci, balení a transportu jako vejce s abnormálním indexem tvaru (Simeonovová et al. 2001).

### 3.5.1.3 Kvalita vaječné skořápky

Kříž (1997) uvádí, že kvalita vaječné skořápky je významná z hlediska efektivnosti produkce, a to jak konzumních, tak i násadových vajec. Kvalita skořápky je jedním z kritérií

selektce u plemen určených do intenzivních chovů. Kvalitu vaječné skořápky ovlivňují faktory: péče o nosnice, zdravotní stav, výživa, vyrovnaný poměr minerálních látek a vitaminů, vhodné ustájení, technologie krmení, napájení a sběru vajec. Dle Hejlové (2001) jsou nejdůležitější vlastnosti skořápky: pevnost, tloušťka, barva a propustnost. Ledvinka et al. (2009) popisují, že k získání pevnosti skořápky lze využít metodu přímou nedestruktivní, jejíž výsledky jsou v milimetrech, či metodu destruktivní, která vyjde buď v  $\text{g.cm}^{-2}$  nebo  $\text{N.cm}^{-2}$ .

Hejlová (2001) uvádí, že tloušťka skořápky se měří v mm, a to bez podskořápečných blan. Vliv na tloušťku může mít např. vitamin D, množství minerálních látek, velikost vajec, věk nosnice. Dle Kovářové (2013) je tloušťka vaječné skořápky v rozmezí 0,30 až 0,35 mm.

Barvu skořápky zapříčiňují pigmenty, které se ukládají do skořápky během posledních 5 hodin před koncem tvorby skořápky. Vejce se nachází ve vejcovodu v části zvané děloha (Lazar 1990). Ahmadi & Rahimi (2011) uvádějí, že barva skořápky může být hodnocena subjektivně, a to porovnáváním se vzorníkem či objektivně, kdy je měřena prosvěcováním. Samiullah et al. (2014) uvádějí, že barvu lze měřit pomocí ručního spektrometru Konica Minolta, který měří odraz světla. Odraz světla se mění s množstvím pigmentu protoporfyrinu IX, který se nachází ve skořápce. Intenzita barvy je ovlivněna délkou tvorby skořápky, délkou snáškového cyklu, intenzitou snášky, dědičností, složením krmné dávky a individualitou jedince (Václavovský et al. 2000). Simeonovová et al. (2001) popisují, že tmavší barva vaječné skořápky bývá na počátku a na konci snášky. U hnědovaječných vysokoužitkových nosnic se snižuje intenzita barvy skořápky s počtem snesených vajec.

### **3.5.2 Vnitřní kvalita vajec**

Vnitřní kvalita vejce se hodnotí pomocí bílku, žloutku, masových či krevních skvrn (Habtamu et al. 2019).

#### **3.5.2.1 Kvalita bílku**

Nagy et al. (2009) popisují, že u bílku se hodnotí šest parametrů a to: hmotnost, procentuální podíl bílku z celého vejce, tvar bílku, Haughovy jednotky, šlehatelnost pěny a trvanlivost pěny. Simeonovová (2013) uvádí, že kvalita vaječného bílku se hodnotí pomocí výšky hustého bílku, indexu bílku, pH bílku a Haughových jednotek.

Ledvinka et al. (2009) udávají, že velice důležitým ukazatelem čerstvosti vajec je tvar bílku. Tvar bílku se hodnotí pomocí indexu tvaru bílku, zvláště pak u vnějšího hustého bílku.

Čerstvá vejce nabývají hodnot od 5 do 12 %. Toto číslo se získá pomocí rovnice (Ledvinky et al. 2009):

$$I_b = \frac{a}{b} \times 100$$

Kdy,  $I_b$  (index tvaru bílku) se rovná **a** lomeno **b** krát 100. Písmeno **a** označuje výšku bílku v mm, písmeno **b** udává průměr největší šířky a délky bílku v mm. Pro získání konečného čísla v procentech se násobí celý zlomek stem.

Pro další hodnocení čerstvosti vajec se užívá Haughových jednotek. Tento parametr se určí ze vztahu mezi hmotností vejce a výšky bílku pomocí rovnice dle Schmidta & Rybárové (1981):

$$HU = 100 \times \log(H - 1,7W^{0,37} + 7,6)$$

Ve vzorci výšku tuhého bílku v mm značí **H** a hmotnost vejce **W**, která je v gramech. Výsledné hodnoty čerstvých vajec jsou od 105 až po hodnotu 0 u dlouhodobě skladovaných (Schmidt & Rybárová 1981). Ahmadi & Rahimi (2011) hodnotí jako čerstvá vejce s hodnotou Haughových jednotek vyšší než 72 a vejce s dobrou kvalitou v rozmezí 59 až 72 Haughových jednotek. Pokud jsou vejce skladována při nižších teplotách, je omezena ztráta hmotnosti a těž jsou pozitivně ovlivněny Haughovy jednotky (de Menezes et al. 2012).

Dalším parametrem při hodnocení kvality bílku je šlehatelnost. Hejlová (2001) uvádí, že čím je vejce starší, tím je šlehatelnost menší. Šlehatelnost jakožto schopnost bílku tvořit pěnu se určí dle indexu šlehatelnosti pomocí rovnice:

$$S_p = \frac{V_2}{V_1} \times 100$$

V rovnici je pod písmenem **V<sub>1</sub>** zaznamenán objem bílku před šleháním a pod písmenem **V<sub>2</sub>** je objem bílku po šlehání. Celý zlomek se násobí 100 pro získání hodnot v procentech.

Hodnoty šlehatelnosti jsou v rozmezí od 200 do 1000 a čím je hodnota vyšší, tím je bílek kvalitnější (Hejlová 2001).

Posledním parametrem je trvanlivost pěny. Trvanlivost pěny udává, o kolik se změní původní objem pěny za určitý čas. Trvanlivost pěny hodnotí index trvanlivosti pěny, který se získá z rovnice:

$$S_{tp} = \frac{V_2 - V_3}{V_1} \times 100$$

V rovnici pod symbolem  $V_1$  je objem bílku před našleháním,  $V_2$  je objem bílku hned po našlehání a symbol  $V_3$  je objem pěny bílku po určitém čase, nejčastěji jedné hodiny. Pokud index trvanlivosti neklesne po uplynutí časové jednotky (1 hodina) pod 600 %, hovoří se o kvalitním vejci (Hejlová 2001).

### 3.5.2.2 Kvalita žloutku

Zaheer (2015) uvádí, že čerstvě snesené vejce má žloutek pevný a kulatý. Jak vejce stárne, tak se žloutek stává, důsledkem absorpce vody z bílku, větší a plošší. Ahmadi & Rahimi (2011) posuzují vaječný žloutek dle barvy a pevnosti vitelinní membrány, která žloutek obklopuje. Dle Nagyho et al. (2009) se u žloutku hodnotí hmotnost, barva, procentuální zastoupení z celého vejce a tvar žloutku, který se vyjádří pomocí indexu tvaru žloutku. Simons (2017) uvádí, že hmotnost žloutku se vyjadřuje v g, a to po odstranění chalázových poutek, která jsou ke žloutku pevně přichycena. Hmotnost žloutku se s věkem nosnic zvyšuje, stejně tak i jeho procentuálního zastoupení (Nagy et al. 2009).

Ledvinka et al. (2009) popisují rovnici pro index tvaru žloutku jako:

$$I_{\bar{z}} = \frac{a}{b} \times 100$$

V rovnici indexu tvaru žloutku je pod písmenem **a** výška žloutku v mm a písmeno **b** zastupuje průměr dvou na sebe kolmých délek žloutku v mm. Násobením stem se získá výsledek v procentech. Pro čerstvé vejce je optimální hodnota indexu v rozmezí 35-45 %. Nagy et al. (2009) uvádějí, že index tvaru žloutku je v hodnotách 32-58 %.

Barva žloutku je ovlivněna barvivy ze skupiny karotenoidů či xantofylů. Žlutá barviva jsou zastoupena luteinem, zeaxantinem či apoesterem. Mezi červená barviva se řadí

kantaxantin, citraxantin či astaxantin (Kljak et al. 2012). Simeonovová et al. (2001) konstatují, že barva žloutku nesouvisí s jeho nutriční hodnotou. Barva žloutku je od světle žluté až po tmavě oranžovou a může se stanovit buď subjektivně, pomocí stupnice La Roche, či objektivně za pomoci spektrofotometrie (Nagy et al. 2009). Pro subjektivní hodnocení se nejvíce využívá Rocheův vějíř, který je seřazen od světle žluté po oranžovo-červenou (Overfield 1996). Václavovský et al. (2000) popisují, že nosnice svým metabolismem nedokáže syntetizovat karoteny, a proto je jejich příjem z potravy jedním z hlavních zdrojů pro barvu žloutku. Pro získání požadované barvy žloutku o určité intenzitě, je zkrmována v různých poměrech kukuřice, kukuřičný gluten, vojtěška a travní krmiva (Adamová 1999).

### **3.6 Faktory ovlivňující kvalitu vajec**

Kvalitu vajec ovlivňuje celá řada faktorů. Mezi ty nejdůležitější se řadí věk nosnic, genotypová příslušnost a výživa (Tang et al. 2015). Významný vliv na kvalitu vajec má i systém ustájení slepic (Matt et al. 2009).

#### **3.6.1 Vnitřní faktory**

Mezi základní vnitřní faktory, které mají vliv na kvalitu vajec, patří genotyp a věk nosnic.

##### **3.6.1.1 Genotyp**

Blair (2008) dělí chovanou drůbež dle hlavního využití, a to pro produkci masa nebo vajec. Pro masnou produkci jsou chována masná plemena či speciální užitkoví hybridi. Pro produkci konzumních vajec byl vyšlechtěn nosný užitkový typ. Nosný typ se dále dělí, dle toho, jaké vejce snáší, na hnědovaječné a bělovaječné. Stojčíc et al. (2012) zjistili, že rozdíl v bělovaječném a hnědovaječném hybridu je v počtu snesených vajec, kdy více vajec snesly bělovaječní hybridi než hnědovaječní. Genotyp nejvíce ovlivňuje hmotnost vajec a další parametry, zejména kvalitu skořápky (Zita et al. 2009). Wolc et al. (2012) uvádějí, že dědivost u hmotnosti vejce je velmi vysoká. V jejich výzkumu byla prokázána dědivost 0,74. Ledvinka & Klesalová (2002) popisují, že genotyp ovlivňuje hmotnost vajec. Nejvýrazněji je to pozorováno u rozdílu hmotnosti vajec hnědovaječných a bělovaječných hybridů. To souvisí především s původem těchto slepic. Arent et al. (1997) prokázali, že vejce od hnědovaječných slepic měla vyšší hmotnost než vejce od slepic bělovaječných. Kucukyilmaz et al. (2012) uvádějí, že genotyp ovlivňuje i kvalitu skořápky a vnitřní parametry vajec. Basmacioglu & Ergül (2005) popisují, že existuje vztah mezi genotypem a obsahem cholesterolu ve vejci.

Prokázali nižší obsah cholesterolu ve vejcích s bílou barvou skořápky než s hnědou barvou skořápky. Genotyp má vliv i na skladování vajec. Výzkum Bozkurta & Tekerliho (2009) potvrdil, že vejce hnědovaječných hybridů jsou negativně ovlivněna při skladování v 24 °C více než vejce od hybridů bělovaječných.

### 3.6.1.2 Věk

Ledvinka & Klesalová (2002) konstatují, že hmotnost vajec se prokazatelně zvyšuje do tří měsíců od počátku snášky. K závěru, že s věkem se zvyšuje hmotnost vajec, dospěli i Zita et al. (2009). Rajkumar et al. (2009) popisují, že mladé nosnice, které stále nedokončily tělesný vývin, produkují vejce s nižší kvalitou v parametrech hmotnosti vajec, velikosti vajec, kvality skořápky a podílu bílku. Poté, co dokončí tělesný vývin, dochází k optimalizaci kvalitativních parametrů. Hajal & Golian (2011) uvádějí, že s věkem se mění i tvar vejce. Tvar vejce se dále mění i během snáškového cyklu. Ledvinka & Klesalová (2002) popisují, že věk ovlivňuje i kvalitu vaječné skořápky. Věkem dochází ke ztenčování skořápky, a tudíž se snižuje i procentuální zastoupení skořápky oproti celému vejci. Zita et al. (2009) konstatují, že s věkem slepic se zvyšuje tloušťka skořápky. Rakib et al. (2016) uvádí, že s věkem nosnic se snižuje index tvaru vejce. S věkem nosnice se snižuje i intenzita zbarvení skořápky. Může to být zapříčiněno snižující se produkcí pigmentu či zvětšením povrchu vejce při stejném množství pigmentu (Tůmová & Ledvinka 2009). Dále Tůmová & Ledvinka (2009) konstatují, že s věkem se rychleji zvětšuje hmotnost žloutku než bílku. Wolc et al. (2012) uvádějí, že s věkem nosnice se snižuje výskyt dvoužloutkových vajec a vajec bez skořápky. Též uvádějí, že počet vajec vhodných k prodeji se s věkem nosnice zvyšuje.

## 3.6.2 Vnější faktory

Mezi nejdůležitější vnější faktory kvality vajec se řadí výživa a krmení slepic, systém ustájení a podmínky prostředí nebo skladování vajec.

### 3.6.2.1 Výživa a krmení

Krmení a výživa nosnic má dle Hajala & Goliana (2011) výrazný vliv na kvalitu vajec. Živiny, které jsou přijaty z krmiva, ale i další látky jsou pomocí metabolických změn transportovány do vajec. Lichovníková & Zeman (2008) uvádějí, že nejvíce je výživou ovlivněna kvalita skořápky.

Dle Zelenky et al. (2007) má výživa a zejména pak množství přijatých minerálních látek vliv na tloušťku a pevnost skořápky. Nejdůležitější minerální látkou pro tvorbu vejce je vápník. Vápník se do krmné směsi nosnicím přidává nejčastěji ve formě krmného vápence. Ahmadi & Rahimi (2011) uvádějí, že vápník je důležitý jak pro tvorbu skořápky, tak i pro správný růst a funkci kostí. Jelínek (1996) uvádí, že každá skořápka obsahuje až 3 g vápníku. Proto musí být obsažen v krmivu. Nosnice využívá vápník z krmiva pouze z 60 % a zbytek vápníku pro kalcifikaci musí uvolnit nosnice z kostí. Nys (2009) uvádí, že vápník by měl být nosnicím podáván v krmivu v takovém množství a formě, aby byl nosnicemi efektivně využit. Dále uvádí, že potřeba vápníku se zvyšuje před začátkem snášky a v průběhu snášky by měl být obsah vápníku v krmné dávce zvýšen. Boorman & Gunarante (2001) popisují, že při nesprávném poměru vápníku a fosforu, může dojít ke zhoršení kvality skořápky. Dále uvádějí, že je nezbytné, aby krmná dávka obsahovala vitamin D, který se uplatňuje při metabolismu vápníku.

Barviva obsažená v krmivu ovlivní zbarvení žloutku. Hlavní je rostlinné barvivo xantofyl, který se v krmivu nachází běžně. Přidáním buď přírodního či syntetického xantofylu můžeme ovlivnit barvu žloutku (Silversides et al. 2006).

### 3.6.2.2 Systém ustájení

Typ ustájení patří mezi nejdůležitější faktory, které se podílejí na kvalitě vajec (Tůmová 2007). Dle Tůmové et al. (2009) převládá chov nosnic v obohacených klecích. Od 1. 1. 2012 je chov nosnic v tzv. konvenčních klecích zakázán a nahrazen za klece obohacené. Dle Ledvinky et al. (2008) je součástí vybavení obohacené klece snáškové hnízdo, hřady, popeliště a zařízení pro obrus drápů. Prostor na jednu nosnici je 750 cm<sup>2</sup>, minimální výška klece je 45 cm, krmný prostor 12 cm na kus, 2 dostupné kapátkové napáječky a sklon podlahy maximálně 14°.

Tůmová (2007) uvádí, že vejce z klecových chovů mají vyšší tloušťku a pevnost vaječné skořápky.

Ledvinka et al. (2008) popisují vliv ustájení na počet snesených vajec, spotřebu krmiva na jedno vejce a hmotnost vejce. V klecových chovech byl vyšší počet snesených vajec oproti alternativním chovům. Celkem bylo v konvenční kleci sneseno 329 kusů vajec, oproti tomu na podestýlce jen 288 kusů. Dále spotřeba na jedno vejce v konvenční kleci byla 143 g, v obohacené kleci 140 g, ve voliére 172 g a na podestýlce dokonce 195 g. Hmotnost vajec byla vyšší jak v konvenčních, tak i obohacených klecích oproti voliére či podestýlce.



Systém ustájení nosnic má významný vliv na kvalitu žloutku a koncentraci cholesterolu. Nejnižší koncentrace cholesterolu ve vejci a žloutku byla u vajec z obohacených klecí a to 211,2 mg/g vejce a 12,5 mg/g žloutku a nejvyšší koncentrace (242,6 mg/g vejce a 14,1 mg/g žloutku) u nosnic chovaných na podestýlce (Zemková et al. 2007).

### 3.6.2.3 Skladování vajec

Tůmová et al. (2009) zaznamenali, že při skladování hraje významnou roli zejména teplota, vlhkost a doba skladování. Jones & Musgrove (2005) zjistili, že skladování vajec při vlhkosti 80 % a teplotě 4 °C má vliv na snižování hmotnosti vejce, výšku bílku a Haughovy jednotky. Samli et al. (2005) uvádějí, že podmínky skladování a stáří vajec ovlivňují Haughovy jednotky, které se průběhem skladování snižují.

Nedomová & Simeonovová (2010) udávají, že snížení Haughových jednotek při vyšší teplotě skladování je zapříčiněno tím, že dochází rychleji ke ztrátě CO<sub>2</sub> a tím se zhoršuje kvalita bílku. Hejlová (2001) uvádí, že Haughovy jednotky příznivě ovlivňuje skladování vajec při nižší teplotě a též je zabráněno i vyšším ztrátám hmotnosti. Jones & Musgrove (2005) konstatují, že dlouhodobým skladováním se snižuje elasticita vitelinní membrány žloutku, a to vede k tomu, že po rozbití vejce dojde k prasknutí, žloutek neudrží svůj typický tvar a uvolní se do okolí.

## 4 Metodika

### 4.1 Charakteristika podniku

Vejce pro laboratorní analýzy pocházela z chovu Podnik pro výrobu vajec v Kosičkách, s.r.o. Firma má více než 40-letou tradici ve výrobě konzumních vajec a vaječné melanže. Skládá se ze dvou středisek Kosičky a Mlékosrby. V roce 1992 došlo k transformaci podniku, vytvořila se společnost s ručením omezeným. Zakládajícími členy až do současné podoby byla 4 bývalá zemědělská družstva s majetkovou účastí. Součástí podniku je v nedalekém Městci Králové, v současné době, jedna z nejmodernějších třídíren vajec v ČR, kterou využívá ke třídění vajec právě drůbežárna Kosičky. Kapacita třídírny vajec je vyřídění 120 000 ks vajec za hodinu. Součástí stroje je automatická dezinfekce vajec UV lampou, detekce poškozených vajec pouhým okem neviditelných – tzv. mikrokrapů a vyřazení vajec špinavých. Na konci třídícího procesu dochází k automatickému zabalení vajec do papírového recyklovatelného obalu a následuje distribuce ke koncovému zákazníkovi. V drůbežárně Kosičky jsou dodržovány zákony a normy ČR a EU. Podnik je držitelem dokladu o schválení a registraci pro Královéhradecký kraj. Veterinární registrační číslo provozu je CZ 489. Firma je pod stálou veterinární kontrolou privátní a státní. Jsou zde prováděny pravidelné kontrolní odběry na vyšetření na salmonelu.

Pro realizaci monitoringu kvality vajec byl využit nosný genotyp produkující vejce s hnědou barvou skořápky ISA Brown, a nosný hybrid snášející vejce s bílou barvou skořápky Dekalb White. Kuřice genotypu ISA Brown a Dekalb White jsou nakupovány od šlechtitelské firmy jako jednodenní kuřata, v rámci podniku odchována v odchovnách a ve věku 15 týdnů jsou kuřice přemístěny do snáškových hal do obohacených klecových systémů (Big Dutchman), které splňují platnou legislativu ČR a EU (1999/74/EC). Plánek hal a technologií je v příloze této práce. V odchovu i chovu jsou zvířata kompletně vakcinována dle vakcinačního programu, který je uveden v příloze.

V rámci obohacených klecí je slepicím zajišťován příjem krmiva a vody (kapátkové napáječky) ad libitum. Napáječky jsou pravidelně kontrolovány a udržovány v čistotě. Po přeskladnění kuřic ve věku 15 týdnů byla zkrmována krmná směs s obsahem 15,14 % dusíkatých látek (NL) a 11,10 MJ metabolizovatelné energie (ME), dále od 16. do 18. týdne věku krmena kompletní krmná směs s obsahem 16,90 % NL a 11,54 MJ ME. Od 19. do 28. týdne věku krmena směs, která měla 16,70 % NL a 11,33 MJ ME. Následovala krmná směs (29. – 36. týden věku) s obsahem 17,60 % NL a 11,60 MJ ME. Dále pak od 37. do 50. týdne

věku směs s obsahem 17,00 % NL a 11,56 MJ ME, od 51. do 65. týdne věku měla směs 16,20 % NL a 11,28 MJ ME. Od 66. týdne až do vyskladnění byla slepicím zkrmována směs s nejvyšším obsahem vápníku 3,99 %, 16,00 % NL a 11,15 MJ ME. Ve vlastních krmných směsích byly obsaženy komponenty jako např. pšenice, sojový extrahovaný šrot, kukuřice, slunečnicový extrahovaný šrot, pšeničné otruby, uhličitan vápenatý grit aj. Přesné, procentuální zastoupení jednotlivých komponent je součástí know-how podniku, a proto není uvedeno.

V chovu je používán 24hodinový světelný režim. Od 21. týdne věku do konce sledování se svítilo 15 hodin (světla se rozsvěcela v 5 hodin). Mikroklima v hale, ventilace apod., bylo řízeno automaticky, pomocí čidel. Celý systém vzduchotechniky je pravidelně kontrolován a je realizována jeho revize. Parametry mikroklimatu odpovídaly technologickému postupu genotypů.

Tabulka č. 1: Charakteristika užítkovosti nosného hybrida ISA Brown a Dekalb White (18 - 90 týdnů věku) (Hendrix Genetics 2021)

Parametr	Genotyp	
	ISA Brown	Dekalb White
Životaschopnost (%)	94	95
Věk při 50 % snášce (dny)	144	141
Vrchol snášky (%)	96	96
Průměrná hmotnost vajec (g)	62,9	62,5
Snáška na počáteční stav (ks)	420	427
Vaječná hmota na počáteční stav (kg)	26,4	26,7
Průměrná spotřeba krmiva na krmný den (g)	112	109
Konverze krmiva	2,10	2,02
Živá hmotnost ve věku 90 týdnů (g)	2000	1725



Obrázek č. 1: Sledovaný genotyp ISA Brown (Hendrix Genetics 2021a)



Obrázek č. 2: Sledovaný genotyp Dekalb White (Hendrix Genetics 2021b)

## 4.2 Laboratorní analýzy vajec

Vejce od vybraných genotypů byla sbírána v pravidelném intervalu 28 dnů. První sběr vajec byl realizován ve 24 týdnech věku nosnic a poslední ve věku 76 týdnů. Po sběru byla vejce skladována při teplotě 5 °C do doby laboratorních analýz, které byly uskutečněny v laboratoři Katedry chovu hospodářských zvířat České zemědělské univerzity v Praze.

V rámci každého rozboru bylo hodnoceno 200 vajec od každého nosného hybridu. Byly stanoveny vybrané parametry technologické kvality vajec, 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, podíl žloutek/bílek, povrch vejce.

Hmotnost vajec, skořápky a žloutku (g) byla měřena digitálními laboratorními vahami Ohaus. Hmotnost bílku byla dopočítána.

Index tvaru vejce ( $I_v$ ; %) vycházel z naměřených hodnot pro délku ( $d$ ) a šířku ( $š$ ) vejce (mm), které byly měřeny elektronickým posuvným měřidlem. Vzorec je následující  $I_v = (š / d) \times 100$ .

Podíly skořápky, žloutku a bílku (%) byly vypočteny z hmotnosti celého vejce a hmotnosti dané komponenty vejce.

Tloušťka skořápky (mm) byla měřena ve středu skořápky po jejím rozbití, bez podskořápečných blan, pomocí digitálního mikrometru.

Pevnost skořápky ( $N \cdot cm^{-2}$ ) byla stanovena měřením síly potřebné k prasknutí skořápky pomocí destruktivní metody přístrojem Instron Universal Testing Machine.

Index bílku ( $I_b$ ; %) byl vyjádřením výšky bílku ( $a$ ) cca 1 cm od žloutku a průměru šířky a délky bílku ( $b$ ). Tyto hodnoty byly stanoveny v milimetrech (mm) pomocí elektronických posuvných měřidel a následně byly dosazeny do vzorce. Vzorec je  $I_b = (a / b) \times 100$ .

Haughovy jednotky (HU) jsou procentuální hodnotou zjištěnou dle vzorce. Nejprve byla změřena výška bílku ( $H$ ; mm) elektronickým měřidlem a hmotnost celého vejce ( $W$ ; g) digitálními laboratorními vahami Ohaus. Vzorec  $HU = 100 \log (H - 1,7 W^{0,37} + 7,6)$ .

Index žloutku ( $I_ž$ ; %) byl vypočten na základě měření pomocí elektronických měřidel, kdy byla změřena výška žloutku ( $a$ ; mm) a průměr dvou rozměrů žloutku ( $b$ ; mm). Vzorec  $I_ž = (a / b) \times 100$ .

Podíl žloutek/bílek ( $P_žb$ ) byl vypočten z hmotnosti žloutku ( $a$ ; g) a bílku ( $b$ ; g), dle vzorce  $P_žb = a / b$ .

Povrch skořápky ( $PS$ ;  $cm^2$ ) byl vypočten z hmotnosti vejce ( $h$ ; g) dle vzorce  $PS = 4,68 \times h^{2/3}$ .

### 4.3 Statistické vyhodnocení

Hodnoty získané při analýzách vajec v laboratoři byly statisticky zhodnoceny. Pro statistické zpracování byl využit počítačový program SAS (SAS Institute Inc.).

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

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

$Y_{ijk}$  = hodnota parametru,

$G_i$  = efekt genotypu (ISA Brown, Dekalb White),

$V_j$  = efekt věku (24., 28., 32., 36., 40., 44., 48., 52., 56., 60., 64., 68., 72. a 76. týden),

$(G \times V)_{ij}$  = efekt vztahu mezi genotypem a věkem,

$e_{ijk}$  = náhodná chyba.

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

## 5 Výsledky

Výsledky zjištěné v rámci tohoto sledování jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Vybrané parametry kvality vejce jako celku jsou uvedeny v tabulce 2, vybrané parametry kvality skořápky v tabulce 3, vybrané parametry kvality žloutku v tabulce 4 a vybrané parametry kvality bílku v tabulce 5.

Z tabulky 2 je patrné, že hmotnost vejce a index tvaru vejce byli průkazně ( $P = 0,0001$ ) ovlivněny genotypem slepic i jejich věkem. Těžší vejce o 1,19 g, za celou dobu sledování, byla zjištěna u bělovaječných slepic genotypu Dekalb White v porovnání s hnědovaječnými nosnicemi genotypu ISA Brown (62,18 g a 60,99 g, resp.). Z hlediska věku nosnic, nejtěžší vejce byla u slepic ke konci sledování ve věku 68 a 72 týdnů (65,23 g a 65,31 g, resp.) a naopak nejlehčí byla vejce od slepic na začátku sledování ve 24 týdnech věku (53,09 g). Dá se tedy potvrdit obecný trend (s mírnými výkyvy) zvyšující se hmotnosti vajec s věkem nosnic. Index tvaru vejce byl vyšší u vajec s hnědou barvou skořápky (76,80 %), kdežto u vajec s bílou barvou skořápky byl nižší (75,01 %). Věk nosnic také ovlivnil index tvaru vejce, kdy nejvyšší hodnoty indexu tvaru vejce byly shledány u vajec od slepic ve věku 24 a 28 týdnů (77,74 % a 77,70 %, resp.). Nejnižší hodnota indexu tvaru vejce byla u vajec od nosnic v 64 týdnech věku (74,70 %). Je zřejmé, že vejce se s věkem nosnic prodlužovala, získávala svůj typicky vejčitý tvar.

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 (%)
ISA Brown		60,99 <sup>b</sup>	76,80 <sup>a</sup>
Dekalb White		62,18 <sup>a</sup>	75,01 <sup>b</sup>
	24	53,09 <sup>h</sup>	77,74 <sup>a</sup>
	28	56,96 <sup>g</sup>	77,70 <sup>a</sup>
	32	59,93 <sup>f</sup>	76,88 <sup>b</sup>
	36	62,33 <sup>d</sup>	76,85 <sup>b</sup>
	40	61,13 <sup>e</sup>	76,26 <sup>bc</sup>
	44	59,74 <sup>f</sup>	76,13 <sup>cd</sup>
	48	62,67 <sup>cd</sup>	75,06 <sup>ef</sup>
	52	62,48 <sup>cd</sup>	75,38 <sup>ef</sup>
	56	62,61 <sup>cd</sup>	75,57 <sup>de</sup>
	60	63,56 <sup>bc</sup>	75,01 <sup>ef</sup>
	64	62,96 <sup>cd</sup>	74,70 <sup>f</sup>
	68	65,23 <sup>a</sup>	75,42 <sup>ef</sup>
	72	65,31 <sup>a</sup>	75,04 <sup>ef</sup>
	76	64,27 <sup>ab</sup>	74,89 <sup>ef</sup>
Průkaznost	Genotyp	0,0001	0,0001
	Věk	0,0001	0,0001
SEM		0,131	0,070

<sup>abcde fgh</sup> $P \leq 0,05$  – průměry parametrů ve stejném sloupci (v rámci daného ukazatele) označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší; SEM – Standard Error of Mean (střední chyba průměru).

V tabulce 3 jsou uvedeny vybrané parametry kvality skořápky. Průměrná hmotnost skořápky byla neprůkazně ovlivněna genotypem slepic ( $P = 0,0542$ ), ale signifikantně věkem slepic ( $P = 0,0001$ ). Nesignifikantně těžší byla skořápka u slepic Dekalb White (6,29 g), lehčí u nosnic ISA Brown (6,24 g). Nosnice na začátku sledování ve 24 týdnech věku měly nejlehčí



hmotnost skořápky (5,64 g), naopak nejtěžší byla u slepic v 60 týdnech věku (6,57 g). Podíl skořápky průkazně ovlivnil jak genotyp slepic ( $P = 0,0034$ ), tak jejich věk ( $P = 0,0001$ ). Byla zjištěna hodnota 10,26 % u slepic ISA Brown a 10,15 % u nosnic Dekalb White. S ohledem na věk slepic byl patrný nejvyšší podíl skořápky na začátku sledovaného období ve 24 týdnech věku (10,66 %) a naopak nejnižší byl na konci sledování v 76 týdnech (9,54 %). Tloušťka, pevnost a povrch skořápky byly průkazně ovlivněny genotypem i věkem nosnic ( $P = 0,0001$ ). Silnější a pevnější měla skořápku vejce od slepic ISA Brown (0,355 mm a 44,41 N.cm<sup>-2</sup>, resp.), oproti tomu vejce od slepic Dekalb White měly hodnoty o 0,005 mm a 2,58 N.cm<sup>-2</sup> nižší (0,350 mm a 41,83 N.cm<sup>-2</sup>, resp.). Nejsilnější skořápka byla ve 32. týdnu věku nosnic, kdežto nejpevnější již na začátku sledování ve 24 týdnech věku (0,365 mm a 47,70 N.cm<sup>-2</sup>, resp.). Naopak nejslabší byla skořápka shodně u slepic na konci sledování v 72 a 76 týdnech a nejméně pevná v 76 týdnech věku (0,341 i 0,341 a 38,24 N.cm<sup>-2</sup>, resp.). Zjištěné výsledky u povrchu skořápky svým způsobem kopírují výsledky zjištěné u hmotnosti vejce. Vyšší hodnoty povrchu skořápky byly zjištěny u bělovaječných slepic Dekalb White (73,40 cm<sup>2</sup>), na druhou stranu nižší hodnoty byly u hnědovaječných nosnic ISA Brown (72,45 cm<sup>2</sup>). Nejnižší hodnotu povrchu skořápky měly nosnice na začátku sledování (66,05 cm<sup>2</sup>), nejvyšší hodnoty pak měly slepice v 68. a 72. týdnu věku (75,80 cm<sup>2</sup> a 75,86 cm<sup>2</sup>, resp.).

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 (N.cm <sup>-2</sup> )	Povrch skořápky (cm <sup>2</sup> )
ISA Brown		6,24	10,26 <sup>a</sup>	0,355 <sup>a</sup>	44,41 <sup>a</sup>	72,45 <sup>b</sup>
Dekalb White		6,29	10,15 <sup>b</sup>	0,350 <sup>b</sup>	41,83 <sup>b</sup>	73,40 <sup>a</sup>
	24	5,64 <sup>h</sup>	10,66 <sup>a</sup>	0,354 <sup>bcd</sup>	47,70 <sup>a</sup>	66,05 <sup>g</sup>
	28	5,93 <sup>g</sup>	10,41 <sup>b</sup>	0,346 <sup>ef</sup>	45,09 <sup>bcd</sup>	69,25 <sup>f</sup>
	32	6,23 <sup>def</sup>	10,41 <sup>b</sup>	0,365 <sup>a</sup>	46,82 <sup>ab</sup>	71,63 <sup>e</sup>
	36	6,42 <sup>bc</sup>	10,30 <sup>bc</sup>	0,359 <sup>ab</sup>	46,33 <sup>abc</sup>	73,54 <sup>c</sup>
	40	6,28 <sup>cde</sup>	10,28 <sup>bc</sup>	0,358 <sup>abc</sup>	44,29 <sup>cde</sup>	72,59 <sup>d</sup>
	44	6,15 <sup>ef</sup>	10,31 <sup>bc</sup>	0,358 <sup>abc</sup>	44,07 <sup>def</sup>	71,47 <sup>e</sup>
	48	6,38 <sup>bc</sup>	10,20 <sup>bcd</sup>	0,353 <sup>bcde</sup>	41,55 <sup>ghi</sup>	73,80 <sup>c</sup>
	52	6,43 <sup>abc</sup>	10,30 <sup>bc</sup>	0,351 <sup>cde</sup>	42,90 <sup>efg</sup>	73,66 <sup>c</sup>
	56	6,39 <sup>bc</sup>	10,22 <sup>bc</sup>	0,358 <sup>abc</sup>	42,76 <sup>efgh</sup>	73,75 <sup>c</sup>
	60	6,57 <sup>a</sup>	10,35 <sup>b</sup>	0,346 <sup>ef</sup>	42,00 <sup>fghi</sup>	74,49 <sup>bc</sup>
	64	6,32 <sup>cd</sup>	10,09 <sup>cd</sup>	0,348 <sup>def</sup>	40,56 <sup>hi</sup>	74,02 <sup>c</sup>
	68	6,51 <sup>ab</sup>	9,99 <sup>d</sup>	0,353 <sup>bcde</sup>	41,36 <sup>ghi</sup>	75,80 <sup>a</sup>
	72	6,36 <sup>bcd</sup>	9,76 <sup>e</sup>	0,341 <sup>f</sup>	40,06 <sup>ij</sup>	75,86 <sup>a</sup>
	76	6,12 <sup>f</sup>	9,54 <sup>f</sup>	0,341 <sup>f</sup>	38,24 <sup>j</sup>	75,04 <sup>ab</sup>
Průkaznost	Genotyp	0,0542	0,0034	0,0001	0,0001	0,0001
	Věk	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
SEM		0,014	0,020	0,001	0,206	0,104

<sup>abcdefghij</sup>P<sub>≤0,05</sub> – průměry parametrů ve stejném sloupci (v rámci daného ukazatele) označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší; SEM – Standard Error of Mean (střední chyba průměru).

Tabulka 4 shrnuje hodnoty vybraných parametrů kvality žloutku, které byly posuzovány v rámci sledování. Hmotnost, podíl a index žloutku, jakož i podíl žloutek/bílek byly statisticky významně ovlivněny genotypem (P = 0,0001). Vyšší hmotnost žloutku i jeho podíl byly u slepic Dekalb White (17,74 g a 28,52 %, resp.), kdežto nižší u nosnic ISA Brown (16,51 g a 27,07 %, resp.). Index žloutku měl vyšší hodnotu naopak u hnědovaječných nosnic (41,83 %)

v porovnání s bělovaječnými (41,29 %). Vyšší podíl žloutek/bílek byl u nosnic Dekalb White (0,47), kdežto nižší byl u slepic ISA Brown (0,43). Hmotnost i podíl žloutku a podíl žloutek/bílek byly nejvyšší v 60 týdnech věku (18,63 g, 29,35 % a 0,49, resp.) a naopak nejnižší na začátku sledování ve 24 týdnech věku (13,36 g, 25,06 % a 0,39, resp.). Index žloutku měl nejvyšší hodnoty u vajec od slepic ve věku 24 týdnů (45,39 %), na druhou stranu nejnižší ve 44 týdnech věku (37,43 %).

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

Ukazatel		Parametr			
Genotyp	Věk (týdny)	Hmotnost žloutku (g)	Podíl žloutku (%)	Index žloutku (%)	Podíl žloutek/bílek
ISA Brown		16,51 <sup>b</sup>	27,07 <sup>b</sup>	41,83 <sup>a</sup>	0,43 <sup>b</sup>
Dekalb White		17,74 <sup>a</sup>	28,52 <sup>a</sup>	41,29 <sup>b</sup>	0,47 <sup>a</sup>
	24	13,36 <sup>f</sup>	25,06 <sup>g</sup>	45,39 <sup>a</sup>	0,39 <sup>j</sup>
	28	15,10 <sup>e</sup>	26,59 <sup>f</sup>	43,68 <sup>b</sup>	0,42 <sup>i</sup>
	32	16,03 <sup>d</sup>	26,82 <sup>f</sup>	43,16 <sup>c</sup>	0,43 <sup>hi</sup>
	36	17,57 <sup>c</sup>	28,23 <sup>bcd</sup>	42,24 <sup>d</sup>	0,46 <sup>cde</sup>
	40	17,59 <sup>c</sup>	28,80 <sup>b</sup>	43,89 <sup>b</sup>	0,48 <sup>b</sup>
	44	16,33 <sup>d</sup>	27,38 <sup>e</sup>	37,43 <sup>h</sup>	0,44 <sup>gh</sup>
	48	17,98 <sup>bc</sup>	28,74 <sup>b</sup>	38,74 <sup>g</sup>	0,47 <sup>bc</sup>
	52	17,59 <sup>c</sup>	28,15 <sup>cd</sup>	41,63 <sup>de</sup>	0,46 <sup>de</sup>
	56	17,77 <sup>bc</sup>	28,40 <sup>bc</sup>	41,59 <sup>de</sup>	0,46 <sup>bcd</sup>
	60	18,63 <sup>a</sup>	29,35 <sup>a</sup>	41,49 <sup>e</sup>	0,49 <sup>a</sup>
	64	17,66 <sup>bc</sup>	28,08 <sup>cd</sup>	40,01 <sup>f</sup>	0,46 <sup>def</sup>
	68	18,09 <sup>b</sup>	27,76 <sup>de</sup>	40,56 <sup>f</sup>	0,45 <sup>efg</sup>
	72	18,09 <sup>b</sup>	27,71 <sup>de</sup>	41,91 <sup>de</sup>	0,44 <sup>fg</sup>
	76	18,00 <sup>bc</sup>	28,07 <sup>cd</sup>	40,06 <sup>f</sup>	0,45 <sup>defg</sup>
Průkaznost	Genotyp	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
	Věk	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
SEM		0,053	0,060	0,081	0,001

<sup>abcdefghi</sup> $P \leq 0,05$  – průměry parametrů ve stejném sloupci (v rámci daného ukazatele) označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší; SEM – Standard Error of Mean (střední chyba průměru).

Z tabulky 5 jsou zřejmé výsledky vybraných parametrů kvality bílku. Průměrná hmotnost bílku nebyla průkazně ( $P = 0,5629$ ) ovlivněna genotypem nosnic, ale pouze jejich věkem ( $P = 0,0001$ ). Nesignifikantně vyšší byla hmotnost bílku u vajec od hnědovaječných slepic ISA Brown (38,25 g), oproti bělovaječným nosnicím Dekalb White (38,15 g). Hmotnost bílku se s věkem nosnic zvyšovala, kdy nejnižší hodnota byla na začátku sledování ve

24 týdnech věku (34,10 g), kdežto nejvyšší na konci sledování v 68., 72. a 76. týdnu věku (40,63 g, 40,86 g a 40,15 g, resp.). Podíl, index bílku a Haughovy jednotky byly statisticky významně ovlivněny genotypem i věkem nosnic ( $P = 0,0001$ ). Podíl bílku byl vyšší u slepic ISA Brown (62,67 %), kdežto nižší u vajec slepic Dekalb White (61,34 %). Ale co se týče parametrů indexu bílku a Haughových jednotek, tak kvalitnější vejce byla od slepic Dekalb White (8,98 % a 84,42, resp.), v porovnání s hnědovaječnými nosnicemi (7,77 % a 79,23, resp.). Hodnoty podílu bílku a indexu i Haughových jednotek značně kolísaly s věkem nosnic. Podíl bílku byl nejvyšší ve věku 24 týdnů (64,29 %) a nejnižší v 60 týdnech věku (60,30 %). Index bílu a Haughovy jednotky byly nejvyšší ve 24. a 32. týdnu věku (10,64 % a 90,61, a 10,80 % a 90,62, resp.). Naopak nejnižší, a tedy nejméně kvalitnější byl bílek z pohledu těchto parametrů v 72 týdnech věku (7,03 % a 75,30, resp.).

Tabulka č. 5: 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
ISA Brown		38,25	62,67 <sup>a</sup>	7,77 <sup>b</sup>	79,23 <sup>b</sup>
Dekalb White		38,15	61,34 <sup>b</sup>	8,98 <sup>a</sup>	84,42 <sup>a</sup>
	24	34,10 <sup>f</sup>	64,29 <sup>a</sup>	10,64 <sup>a</sup>	90,61 <sup>a</sup>
	28	35,93 <sup>e</sup>	62,99 <sup>b</sup>	10,14 <sup>b</sup>	88,36 <sup>b</sup>
	32	37,67 <sup>cd</sup>	62,78 <sup>bc</sup>	10,80 <sup>a</sup>	90,62 <sup>a</sup>
	36	38,34 <sup>bc</sup>	61,47 <sup>ef</sup>	8,07 <sup>e</sup>	80,52 <sup>e</sup>
	40	37,26 <sup>d</sup>	60,92 <sup>f</sup>	7,51 <sup>f</sup>	77,74 <sup>f</sup>
	44	37,26 <sup>d</sup>	62,31 <sup>cd</sup>	6,97 <sup>g</sup>	77,05 <sup>f</sup>
	48	38,31 <sup>bc</sup>	61,06 <sup>f</sup>	7,60 <sup>f</sup>	78,31 <sup>f</sup>
	52	38,46 <sup>bc</sup>	61,54 <sup>ef</sup>	8,74 <sup>c</sup>	83,99 <sup>c</sup>
	56	38,45 <sup>bc</sup>	61,38 <sup>ef</sup>	8,52 <sup>cd</sup>	82,85 <sup>cd</sup>
	60	38,36 <sup>bc</sup>	60,30 <sup>g</sup>	8,28 <sup>de</sup>	82,06 <sup>de</sup>
	64	38,98 <sup>b</sup>	61,84 <sup>de</sup>	8,35 <sup>cde</sup>	82,82 <sup>cd</sup>
	68	40,63 <sup>a</sup>	62,25 <sup>cd</sup>	7,38 <sup>fg</sup>	77,82 <sup>f</sup>
	72	40,86 <sup>a</sup>	62,53 <sup>bc</sup>	7,03 <sup>g</sup>	75,30 <sup>g</sup>
	76	40,15 <sup>a</sup>	62,39 <sup>bcd</sup>	7,20 <sup>fg</sup>	77,47 <sup>f</sup>
Průkaznost	Genotyp	0,5629	0,0001	0,0001	0,0001
	Věk	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
SEM		0,093	0,062	0,049	0,208

<sup>abcdefg</sup>  $P \leq 0,05$  – průměry parametrů ve stejném sloupci (v rámci daného ukazatele) označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší; SEM – Standard Error of Mean (střední chyba průměru).

## 6 Diskuze

Ledvinka et al. (2012) konstatují, že mnoho vnějších i vnitřních faktorů má vliv na parametry technologické kvality vajec. Tang et al. (2015) konstatují, že na kvalitu vajec má vliv mnoho faktorů, mezi nejdůležitější parametry řadí věk nosnice, genotyp a výživu nosnic. Johnston & Gous (2007) uvádějí, že věk nosnice je hlavní vnitřní faktor, který ovlivňuje hmotnost vejce.

Hmotnost vajec je významně ovlivněna genotypem nosnic (Zita et al. 2009). Dle Tanga et al. (2015) má na výslednou kvalitu vajec, jako celku i jeho částí, významný vliv genotyp a věk nosnic. Ze zjištěných hodnot je zřejmé, že genotyp a věk nosnic signifikantně ovlivňuje hmotnost vajec i index tvaru vejce ( $P = 0,0001$ ).

Kocevski et al. (2011) prokázali vyšší hmotnost snesených vajec u nosnic genotypu ISA Brown ve srovnání s hmotností vajec nosnic Dekalb White. Stejných výsledků dosáhli také Basmacioglu & Ergül (2005). Výsledky této práce však prokázaly opačný efekt, kdy těžší vejce měl genotyp Dekalb White. V průměru se lišil od hmotnosti vajec genotypu ISA Brown o 1,19 g. Průměrná hmotnost vajec u nosnic Dekalb White byla 62,18 g a u nosnic ISA Brown 60,99 g. Stejně výsledky, že bělovaječní hybridy produkují těžší vejce, zjistili i Kucukyilmaz et al. (2012).

Akyurek & Okur (2009), Zita et al. (2009) a Dikmen et al. (2017) uvádějí, že hmotnost vajec se s věkem nosnic zvyšuje. Z výsledků výzkumu je též patrná změna hmotnosti vajec s věkem, ovšem zvýšení hmotnosti kolísá, kdy nejnižší hmotnost měla vejce u nosnic ve věku 24 týdnů a to průměrně 53,09 g naopak nejtěžší vejce byla v 72 a 68 týdnu věku a to konkrétně 65,31 a 65,23 g.

Index tvaru vejce byl též signifikantně ovlivněn genotypem a věkem nosnic. Též Rakib et al. (2016) uvádějí, že s věkem nosnic se index tvaru vejce snižuje. Že věk nosnic ovlivňuje tvar vejce konstatují i Hajal & Golian (2011). Ze zjištěných výsledků, pro index tvaru vejce, je patrná snižující se tendence indexu tvaru vejce, která má mírný kolísavý charakter. Nejvyšší hodnoty indexu tvaru vejce byly naměřeny ve věku 24 a 28 týdnů (77,74 a 77,70 %) naopak nejnižší hodnoty nebyly v 76, ale v 64 týdnu věku (74,89 oproti 74,70 %).

Tůmová & Ledvinka (2009) uvádějí, že nejtěžší skořápku měla vejce od nosnic ve věku 60 týdnů a to 6,67 g. Dále Tůmová & Ledvinka (2009) uvádějí, že nejlehčí skořápku (5,05 g) měla vejce od nosnic ve věku 20-24 týdnů. S tím, že nejtěžší skořápka je od nosnic ve věku 60 týdnů a nejlehčí ve věku 24 týdnů, se shodují i zjištěné výsledky. Hmotnost skořápky byla signifikantně ( $P = 0,0001$ ) ovlivněna věkem nosnice. Průměrná hmotnost skořápky ve věku

24 týdnů byla 5,64 g a ve věku 60 týdnů 6,57 g. Tyto hmotnosti se s Tůmovou & Ledvinkou (2009) neshodují, ovšem prokazují, že nejlehčí skořápka je od nosnic ve věku 24 týdnů a nejtěžší ve věku 60 týdnů. Jones et al. (2010) uvádějí, že vyšší hmotnost skořápky je u vajec s hnědou barvou skořápky než u vajec s bílou barvou skořápky. To je v rozporu se zjištěnými výsledky, kdy průměrná hmotnost vajec byla neprůkazně ovlivněna genotypem ( $P = 0,0542$ ). Hmotnost skořápky byla u bělovaječného hybridu Dekalb White (6,29 g) nesignifikantně těžší než u hnědovaječného hybridu ISA Brown (6,24 g). Zaheer (2015) uvádí, že podíl skořápky z celého vejce zaujímá 9-12 %. V tomto rozmezí byl i zkoumaný podíl skořápky, a to v rozmezí 9,54-10,66 %. Podíl skořápky byl signifikantně ovlivněn věkem ( $P = 0,0001$ ) i genotypem ( $P = 0,0034$ ) nosnic. Zita et al. (2009) popisují, že s věkem se procentuální podíl skořápky snižuje. Na tuto skutečnost nelze jednoznačně odpovědět, jelikož podíl skořápky měl ve své snižující tendenci, v závislosti na věku nosnic, pár výkyvů. Je možné však potvrdit, že největší podíl skořápky měla vejce od nosnic ve věku 24 týdnů (10,66 %) a nejmenší podíl skořápky měla vejce od nosnic ve věku 76 týdnů (9,54 %).

Tloušťka skořápky a její pevnost byla signifikantně ovlivněna genotypem i věkem nosnic ( $P = 0,0001$ ). Silnější a pevnější skořápku vykazoval hnědovaječný hybrid ISA Brown (0,355 mm a 44,41 N.cm<sup>-2</sup>) oproti bělovaječnému hybridu Dekalb White (0,350 mm a 41,83 N.cm<sup>-2</sup>). Ze sledování nelze jednoznačně potvrdit tvrzení Ledvinky & Klesalové (2002), že s věkem se skořápka ztenčuje, protože z naměřených hodnot byla nejsilnější skořápka ve věku 32 týdnů, ovšem lze potvrdit, že nejslabší byla skořápka u nosnic nejstarších (76 týdnů). Krawczyk (2009) uvádí, že zhoršující se pevnost skořápky nastává s vyšším věkem nosnice. Toto tvrzení může potvrdit i toto sledování, kdy až na některé výjimky, se pevnost skořápky s věkem snižovala a nejnižší pevnost byla naměřena u nosnic ve věku 76 týdnů a to 38,24 N.cm<sup>-2</sup>. Povrch skořápky kopíruje hmotnost vajec tím, že čím těžší vejce je, tím větší má povrch. To bylo potvrzeno. U bělovaječného hybridu (Dekalb White) s průměrnou hmotností vejce (62,18 g) byl povrch skořápky vyšší (73,40 cm<sup>2</sup>) než u hnědovaječného hybridu (ISA Brown) s hmotností vejce 60,99 g, kde byl povrch skořápky jen 72,45 cm<sup>2</sup>. Nejmenší povrch měla vejce na počátku snášky, ten se ale postupem času, až na mírné výkyvy, zvětšoval a nejvyšší hodnoty měl ve věku nosnic 68 a 72 týdnů (75,80 cm<sup>2</sup> a 75,86 cm<sup>2</sup>).

Tůmová (2007) a Zita et al. (2009) konstatují, že na kvalitu žloutku má vliv genotyp nosnice. Prvním parametrem, který byl hodnocen u žloutku, byla hmotnost. Hmotnost žloutku byla signifikantně ovlivněna genotypem i věkem nosnic ( $P = 0,0001$ ). Vyšší hmotnost žloutku byla naměřena u vajec hybridu Dekalb White (17,74 g) než u hybridu ISA Brown (16,51 g). Dle autorů Krawczyk (2009), Nagy et al. (2009) a Tůmová & Ledvinka (2009) se s věkem



nosnic hmotnost žloutku zvyšuje. Z výsledků práce však nelze jednoznačně potvrdit, že se s věkem hmotnost žloutku zvyšuje, jelikož docházelo ke kolísání hodnot. Lze však potvrdit, že hmotnost žloutku byla vyšší u starších nosnic oproti hmotnosti žloutku na začátku snášky.

Výsledky monitorování dále prokázaly statisticky významný vliv ( $P = 0,0001$ ) věku a genotypu u parametru podíl žloutku. Vyšší podíl žloutku byl u nosnic Dekalb White a to 28,52 % oproti nosnicím ISA Brown, kde byl podíl žloutku jen 27,07 %. Podíl žloutku měl s věkem nosnic zvyšující tendenci. K tomuto závěru dospěli i Mitrovic et al. (2010).

Další signifikantně ovlivněný genotypem a věkem ( $P = 0,0001$ ) byl index žloutku. Index žloutku měl vyšší hodnoty u hnědovaječných nosnic ISA Brown (41,83 %) v porovnání s bělovaječnými (41,29 %). Akyurek & Okur (2009) popisují, že i se značným kolísáním indexu žloutku, dochází vlivem věku k jeho postupnému snižování. Stejný výsledek byl i v tomto sledování. Nejvyšší naměřená hodnota byla ve věku 24 týdnů (45,39 %) a nejnižší hodnota (37,43 %) byla zjištěna ve věku 44 týdnů, kdy došlo k výraznému snížení, který se ale po čase vyrovnal, a až na drobné výkyvy, od 52. týdne opět snižoval. Bozkurt & Tekerli (2009) též popisují, že index žloutku se snižuje s věkem nosnic.

Výsledky měření též prokázaly statisticky významný rozdíl ( $P = 0,0001$ ) u podílu žloutek/bílek, kdy byly u nosnic Dekalb White 0,47 a u nosnic ISA Brown 0,43. Dále byl podíl žloutek/bílek nejvyšší v 60 týdnech věku (0,49) a nejnižší na začátku pozorování (0,39) ve věku 24 týdnů. Tento poměr je ovlivněn hmotností žloutku a hmotností bílku, kdy hmotnost žloutku bělovaječných byla 17,74 g, hnědovaječných 16,51 g a hmotnost bílku bělovaječných 38,15 g a hnědovaječných 38,25 g. Ze sledování je zřejmé, že genotyp a věk nosnic mají vliv na poměr žloutek/bílek, kdy i přes značné kolísání je možné tvrdit, že s věkem nosnic se poměr žloutek/bílek zvyšuje.

Vliv na kvalitu bílku má nejvíce věk nosnice (Puyalto & Mallo 2014). Prvním parametrem kvality bílku byla ve sledování hodnocena hmotnost bílku. Průměrná hmotnost bílku nebyla průkazně ovlivněna genotypem nosnic ( $P = 0,5629$ ), ale pouze věkem ( $P = 0,0001$ ). Toto tvrzení je v rozporu se Zhanglem et al. (2005), kteří udávají, že genotyp nosnic má výrazný vliv na hmotnost bílku. V pozorování byla nesignifikantně vyšší hmotnost u vajec hnědovaječných nosnic ISA Brown (38,25 g), oproti bělovaječným nosnicím Dekalb White (38,15 g). Tůmová & Ledvinka (2009) popisují, že s věkem se zvyšuje hmotnost vaječného bílku. To potvrzuje i toto sledování, kdy nejnižší hmotnost bílku byla 34,10 g ve věku 24 týdnů a nejvyšší hmotnost měl bílek na konci snáškového cyklu ve věku 68., 72., a 76. týdnů věku (40,63 g, 40,86 g a 40,15 g).

Dalším sledovaným byl podíl bílku, který byl statisticky ovlivněn genotypem i věkem nosnic ( $P = 0,0001$ ). Walters (2007) uvádí, že podíl bílku zaujímá 60 % z hmotnosti vejce. V tomto sledování byl bílek u hnědovaječného hybridu na úrovni 62,67 % a u bělovaječného hybridu na úrovni 61,34 %. Zita et al. (2009) zjistili, že podíl bílku se s věkem nosnic snižuje, což není v souladu se zjištěnými výsledky, jelikož hodnoty podílu bílku značně kolísaly s věkem. Je možné jen potvrdit, že na počátku snášky byl podíl bílku nejvyšší (64,29 %).

Index bílku byl též signifikantně ovlivněn genotypem a věkem nosnic. Vyšší hodnoty vykazoval bílek nosnic Dekalb White (8,98 %), oproti ISA Brown (7,77 %). V průběhu sledování hodnoty značně kolísaly s věkem, kdy nejvyšší hodnotu vykazovaly ve 24. a 32. týdnu (10,64 % a 10,80 %) a naopak nejnižší hodnotu ve 44. týdnu věku (6,97 %). Dikmen et al. (2017) uvádějí, že s věkem nosnic se index bílku snižuje.

Posledním sledovaným parametrem u bílku byly Haughovy jednotky. Bozkurt & Tekerli (2009) konstatují, že Haughovy jednotky jsou ovlivněny věkem nosnic. Tvrzení, že Haughovy jednotky jsou ovlivněny věkem potvrzují i Ahmadi & Rahimi (2011). Ve sledování byl prokazatelný vliv genotypu i věku na hodnotu Haughových jednotek. Vyšší hodnoty byly u genotypu Dekalb White (84,42), v porovnání s ISA Brown (79,23). Hodnoty Haughových jednotek značně kolísaly s věkem nosnic, kdy nejvyšší hodnoty měly 24 a 32 týden (90,61 a 90,62) a nejnižší hodnoty 75,30 ve věku 72 týdnů. Tůmová & Gous (2012) a Samiullah et al. (2014) konstatují, že s věkem nosnic se hodnota Haughových jednotek snižuje. To není v souladu se zjištěnými hodnotami, jelikož značně kolísaly. Je možné však potvrdit, že na počátku snášky byly Haughovy jednotky vyšší než na jejím konci.

## 7 Závěr

- Světová poptávka po konzumních vejcích je stále vyšší a vyšší, jelikož vejce jsou plnohodnotnou živočišnou bílkovinou, která je cenově velmi dostupná, oproti masu. Tato poptávka se odráží i na produkci konzumních vajec, která se strmě zvyšuje, a to především v Asii, kdy je odhadováno, že nejvyšší produkce konzumních vajec připadá z 2/3 právě na Asii, především pak na Čínu.
- Situace v České republice v produkci konzumních vajec není příliš příznivá, jelikož nejsme v této produkci soběstační. Velký vliv na tento fakt má i vysoká spotřeba vajec, která činí průměrně 260 ks vajec na osobu a rok. Dále zde hraje velikou roli nižší cena dovozových vajec např. z Polska, či postupně nucené předělání doposud využívaných obohacených klecí na alternativní způsob chovu.
- Tím, jak se zvyšuje spotřeba konzumních vajec, tím se zvyšuje i zájem spotřebitelů o technologické vlastnosti vajec, způsob chovu nosnic či o původ vajec.
- Z výsledků sledovaných parametrů byl zjištěn signifikantní vliv genotypu u většiny znaků, konkrétně u hmotnosti a indexu celého vejce, dále u většiny parametrů jednotlivých částí vejce. Vyjimku, kdy genotyp nepřímě ovlivňoval technologické parametry, měla hmotnost skořápky a hmotnost bílku. Při srovnání genotypu hnědovaječného hybridu (ISA Brown) a bělovaječného hybridu (Dekalb White) bylo zjištěno mnoho rozdílů. Hybrid Dekalb White vykazoval po celou dobu sledování těžší vejce (v průměru o 1,19 g), než hybrid ISA Brown. Index tvaru byl vyšší u ISA brown (76,80 %), oproti Dekalb White (75,01 %). ISA Brown měl také, oproti Dekalb White, silnější a pevnější skořápku (průměrně o 0,005 mm, 2,58 N.cm<sup>-2</sup>), kdežto povrch skořápky byl vyšší u Dekalb White (73,40 cm<sup>2</sup>), než u ISA Brown (72,45 cm<sup>2</sup>). U žloutku byly vyšší hodnoty u Dekalb White v parametrech hmotnost, podíl žloutku a podíl žloutek/bílek (17,74 g, 28,52 % a 0,47), než u ISA Brown (16,51 g, 27,07 % a 0,43). ISA Brown měl oproti Dekalb White vyšší index žloutku a to o 0,54 % v průměru. U podílu bílku byly hodnoty vyšší u ISA Brown (62,67 %), oproti Dekalb White (61,34 %). Ovšem v indexu bílku a Haughových jednotkách byly hodnoty vyšší u Dekalb White (8,98 %, 84,42), než u ISA Brown (7,77 %, 79,23).
- Signifikantní vliv věku nosnic byl prokázán u všech zkoumaných parametrů kvality vajec. Hmotnost vajec, až na drobné výkyvy, se s věkem zvyšovala oproti indexu tvaru, který byl vyšší na začátku snášky než na jejím konci. S věkem se naopak snižoval podíl skořápky a pevnost, kdy ve 24 týdnech byly hodnoty podílu a pevnosti

(10,66 %, 47,70 N.cm<sup>-2</sup>) a na konci snášky ve věku 76 týdnů byly hodnoty nejnižší (9,54 %, 38,24 N.cm<sup>-2</sup>). Povrch skořápky měl vlivem věku zvyšující se tendenci, kdy nejnižší hodnoty byly naměřeny na počátku snášky ve věku 24 týdnů (66,05 cm<sup>2</sup>) a nejvyšší ke konci snášky ve věku 68 a 72 týdnů (75, 80 cm<sup>2</sup> a 75,86 cm<sup>2</sup>). Zvyšující se tendence s věkem byla též prokázána u hmotnosti žloutku, podílu žloutku, podílu žloutek/bílek a hmotnosti bílku. Kolísavá tendence v závislosti na věku byla prokázána u Indexu žloutku, podílu bílku, indexu bílku a Haughových jednotek.

- Při porovnání obou genotypů je možné potvrdit, že Dekalb White produkoval těžší vejce s těžším žloutkem a vyšším povrchem skořápky oproti genotypu ISA Brown, který však produkoval vejce s pevnější a silnější skořápkou, což je určitě v klecovém chovu žádanější pro lepší manipulaci a nižším ztrátám vlivem nakřápnutí či rozbití.
- Hypotéza, že technologická hodnota vajec nebude ovlivněna genotypem slepic nosného typu a věkem nosnic, nebyla sledováním potvrzena.

## 8 Literatura

- Adamová H. 1999. Barva žloutku. *Náš chov*. **59(10)**:17.
- Ahmadi F, Rahimi F. 2011. Factors affecting quality and quantity of egg production in laying hens: *World Applied Sciences Journal*. **12**:371-384.
- Akyurek H, Okur AA. 2009. Effect of Storage Time, Temperature and Hen Age on Egg Quality in Free-Range Layer Hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. **8(10)**:1953-1958.
- Arent E, Tůmová E, Ledvinka Z, Holoubek J. 1997. The effect of the plane of nutrition on egg quality in laying hens of different genotypes. *Živočišná výroba*. **42**:427-432.
- Basmacioglu H, 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.
- Blair R. 2008. *Nutrition and feeding of organic poultry*. CAB International.
- Boháčková B. 2014. *Jak poznáme kvalitu? Vejce*. Studio 66 & Partners s.r.o. Praha.
- Boorman KN, Gunarante SP. 2001. Dietary phosphorus supply, egg-shell deposition and plasma anorganic phosphorus in laying hens. *British Poultry Science*. **42**:81-91.
- Bozkurt Z, Tekerli M. 2009. The Effects of Hen Age, Genotype, Period and Temperature of Storage on Egg Quality. *Kafkas Üniversitesi Veteriner fakültesi Dergisi*. **15(4)**:517-524.
- Cibulka J, Fučíková A, Härtlová H, Jílek F, Lánská V, Sedmíková M. 2004. *Základy fyziologie hospodářských zvířat*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Černý H. 2005. *Anatomie domácích ptáků*. Metoda spol. s. r. o., Brno. ISBN: 80-239-4966-7.
- ČSÚ. Český statistický úřad. *Výsledky chovu drůbeže*. 2020. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/domov>. (accessed April 2021).
- ČSÚ. Český statistický úřad. *Spotřeba potravin*. 2019. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2019>. (accessed April 2021).
- de Menezes PC, de Lima ER, de Medeiros DP, de Oliveira WNK, Evencio-Neto J. 2012. Egg quality of laying hens in different conditions of storage, ages and housing densities. *Revista Brasileira de Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Sciences*. **41(9)**:2064-2069.
- 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.

- eAgri. 2021. Komoditní karta Vejce březen 2021. Available from [http://eagri.cz/public/web/mze/vyhledavani/index\\$41111.html?query=komoditn%C3%AD+karta&segments=eagri.mze&custFieldSub\\_atype=1&sort=ord0](http://eagri.cz/public/web/mze/vyhledavani/index$41111.html?query=komoditn%C3%AD+karta&segments=eagri.mze&custFieldSub_atype=1&sort=ord0). (accessed April 2021).
- Englmaierová M, Tůmová E, Charvátová V, Skřivan M. 2014. Effects of laying hens housing systém 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.
- FAO. Food and Agriculture Organization. Gateway to poultry production and products. 2021. Available from <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/en/>. (accessed March 2021).
- Filnerová V. 2007. Potravinářská revue – odborný časopis pro výživu, výrobu potravin a obchod **1**: 72-73.
- Habtamu T, Misgana D, Walkite F, Lema Y. 2019. Review on chicken egg quality determination, grading and affecting factors. Wollega university, school of veterinary medicine. Available from <http://ajmsrr.com/index.php/ajmsrr>. (accessed January 2021).
- Halaj M, Golian J. 2011. Vajce biologické, technické a potravinářské využitie. Nitra: Garmond. ISBN: 978-80-89148-70-7.
- Hejlová Š. 2001. Hygiena a technologie vajec a vaječných výrobků. Ivan Straka, Újezd u Brna.
- Hendrix Genetics. 2021a. Isa Brown. Integra, a.s. Available from <https://www.integrazabcice.cz/cs/produkty/isa-brown-cz/> (accessed March 2021).
- Hendrix Genetics. 2021b. Dekalb White. Integra, a.s. Available from <https://www.integrazabcice.cz/cs/produkty/dekalb-white-cz/> (accessed March 2021).
- Hošek P. 2021. Ústní konzultace o vakcinačním programu a technologii ustájení.
- Jelínek K. 1996. Defective shell as one of the problems of egg production. *Živočišná výroba*. **41(8)**:375-379.
- Johnston SA, Gous RM. 2007. Modelling the changes in the proportions of the egg components during a laying cycle. *British Poultry Science*. **48**:347-353.
- Jones DR, Musgrove MT. 2005. Effects of Extended Storage on egg quality factors. *Poultry Science*. **84**:1774-1777.

- Jones DR, Musgrove MT, Anderson KE, Thesmar HS. 2010. Physical Quality and Composition of Retail Shell Eggs. *Poultry Science*. **89(3)**:582-587.
- Kilner RM. 2006. The Evolution of Egg Colour and Patterning in Birds. *Biological Reviews*. **81**:383-406.
- Kljak K, Drdić M, Karolyi D, Grbeša D. 2012. Pigmentation Efficiency of Croatian Corn Hybrids in Egg Production. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*. **7**:23-27.
- Kocevski D, Nikolova N, Kuzelov A. 2011. The Influence of Strain and Age 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 on level on gangasin quality trans of eggs from hen conversation Leeds and commercial hybrids. *Animal Science*. **9(2)**:185-193.
- Kříž L. 1997. Zpracování a ošetření drůbežích produktů. 1. vydání. Institut výchovy a vzdělání Ministerstva zemědělství České republiky. Praha.
- Kucukyilmaz K, Bozkurt M, Herken EN, Cinar M, Cath AU, Bintas E, Cover 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.
- Lazar V. 1990. Chov drůbeže. Vysoká škola zemědělská v Brně, Brno.
- Ledvinka Z, Klesalová L. 2002. Hmotnost vajec a faktory, které ji ovlivňují. *Náš chov*. **62(7)**:54.
- Ledvinka Z, Zita L, Klesalová L. 2012. Egg Quality and Some Factors Influencing it: a review. *Scientia agriculturae bohemika*. **43(1)**:46-52.
- Ledvinka Z, Zita L, Tůmová E. 2009. Vybrané faktory z chovu drůbeže. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Lichovnicková M, Zeman L. 2008. Effect of housing system on the calcium requirements of laying hens and eggshell quality. *Czech Journal of Animal Science*. **53(4)**:162-168.
- Marvan F, Hampl A, Hložánková E, Kresan J, Massayi L, Vernerová E. 2011. Morfologie hospodářských zvířat. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. ISBN: 978-80-213-1658-4.

- Marzec A, Damaziak K, Kowalska H, Riedel J, Michalczuk M, Koczywas E, Cisnero F, Lenart A, Niemiec J. 2019. Effect of Hens Age and Storage Time on Functional and Physiochemical Properties of Eggs. *Journal of Applied Poultry Research* **28**:290-300.
- Matt D, Veromann E, Luik A. 2009. Effect of housing systems on biochemical composition of chicken eggs. *Agronomy Research*. **7(2)**:662-667.
- Mine Y. 2008. *Eggbioscience and biotechnology*. John Wiley&Sons. New Jersey. ISBN: 978-0-470-03998-4.
- 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, Sojákova D, Steinhauser L, Steinhauserová I, Suchý P, Turek P, Vorlová L, Voslářová E. 2009. *Hygiena mäsa hydiny, vajec a zveriny – 1. diel*. Univezzita veterinárskeho lekárstva. Košice. ISBN: 978-80-8077-179-9.
- Nedomová Š, Simeonovová J. 2010. Vliv délky a teploty skladování na jakostní parametry vajec. *Potravinářstvo*. **4**:196-203.
- Nys Y. 2009. Nutritional factors affecting eggshell quality. *Czech Journal of Animal Science*. **44**:135-143.
- Nys Y, Burlot T, Dunn IC. 2008. Internal quality of eggs: any better, any worse? Australian branch. Brisbane, Australie.
- Overfield ND. 1996. What is meant by „egg quality“?. *World Poultry*. **12(6)**:48-53.
- Puyalto M, Mallo J. 2014. Nutrition of laying hens plays a major role in maintaining egg quality. *International Poultry Production*. **22(6)**:15-17.
- Rajkumar U, Sharma RP, Rajaravindra KS, Niranjana M, Reddy BLN, Bhattacharya TK. 2009. Effect of Genotype and Age on Egg Quality Traits in Naked Neck Chicken under Tropical Climate from India. *International Journal of Poultry Science*. **8(12)**:1151-1155.
- Rakib TM, Akter L, Barua SR, Azam NE, Erfan R, Islam MS, Farut AA, Farut MO, Miazzi 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.



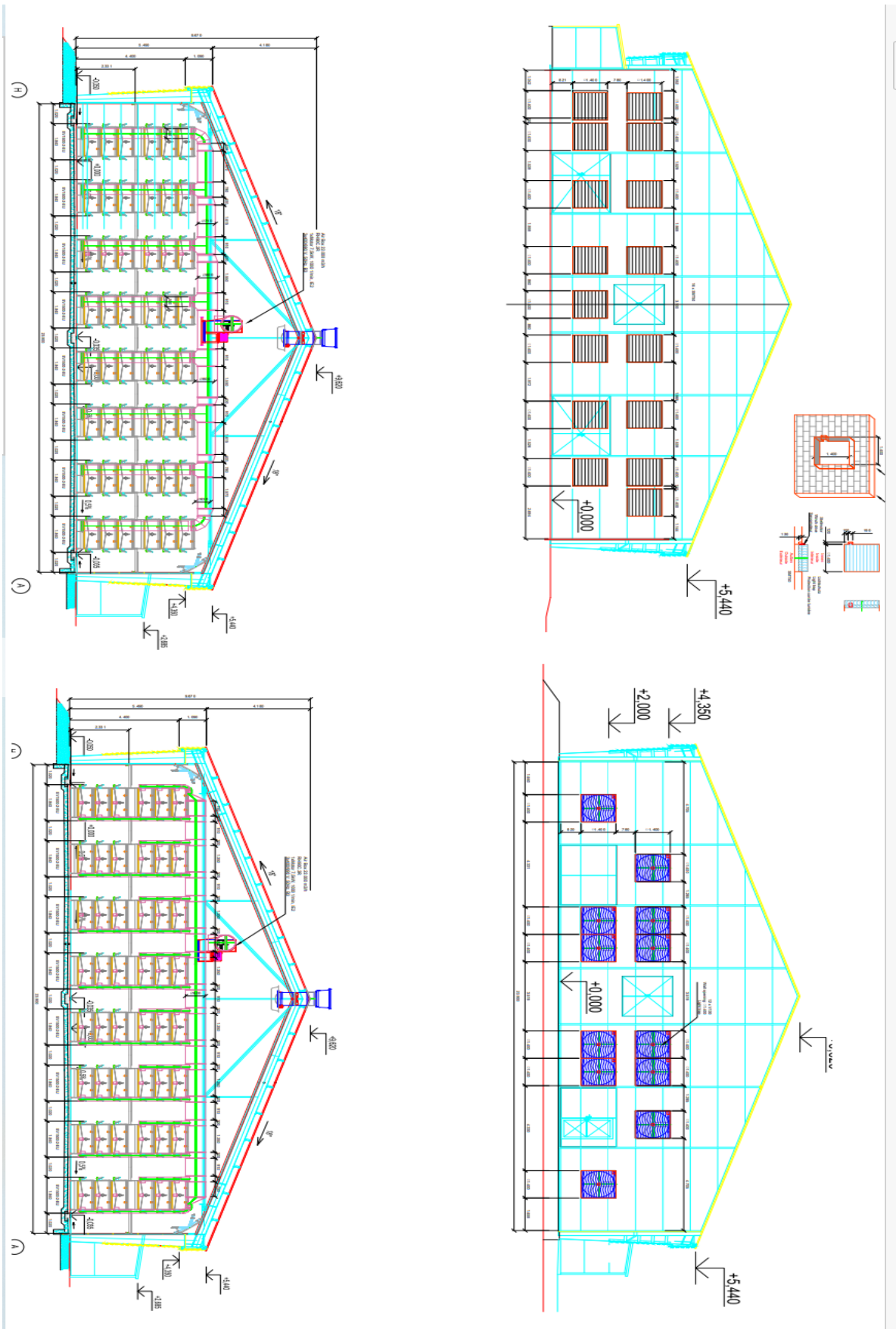
- Reece WO. 2011. Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. Grada Publishing, a. s., Praha. ISBN: 978-80-247-3282-4.
- Samiullah S, Roberts JR, Chousalkar KK. 2014. Effect of Production System and Flock Age on Egg Quality and Total Bacterial Load in Commercial Laying Hens. *Journal of Applied Poultry Research*. **23(1)**:59-70.
- Samli HE, Agma A, Senkoğlu N. 2005. Effects of storage time and temperature on egg quality in laying hens. *The Journal of Applied Poultry Research*. **14(3)**:548-553.
- Schmidt Š, Rybářová B. 1981. Haughove jednotky a vnitřní kvalita škrupinových vajec. *Hydinářský průmysel*. **23(9-10)**:375-385.
- Silversides FG, Scott TA, Korver DR, Afsharmanesh M, Hruby M. 2006. A study on the interaction of xylanase and phytase enzymes in wheat-based diets fed to commercial white and brown egg laying hens. *Poultry Science*. **85(2)**:297-305.
- Simeonovová J. 2013. Technologie drůbeže, vajec a monoritních živočišných produktů. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Simeonovová J, Míková K, Kubišová S, Ingr I. 2001. Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno.
- Simons P. 2017. Egg signals a practical guide to improving egg quality. Roodbont Publishers B. V. The Netherlands.
- Stojčić MD, Perić L, Milošević N, Rodić V, Glamočić D, Škrbić Z, Lukić M. 2012. Effect of genotype and housing system on egg production, egg quality and welfare of laying hens. *Journal of Food Agriculture & Environment*. **10(2)**:556-559.
- Tang SGH, Sieo CC, Kalavathy R, Saad WZ, Yong ST, Wong HK, Ho YW. 2015. Chemical Compositions of Egg Yolks and Egg Quality of Laying Hens Fed Prebiotic, Probiotic, and Synbiotic Diets. *Journal of Food Science*. **80(8)**:1686-1695.
- Tůmová E. 2007. Vliv systému ustájení a výživy na kvalitu masa a vajec drůbeže. Vědecký výbor výživy zvířat. Výzkumný ústav živočišné výroby. Praha.
- Tůmová E, 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 egg weight, egg component weight and eggshell quality. *Archiv für Geflügelkunde*. **73(2)**:110-115.
- Tůmová E, Skřivan M, Englmaierová M, Zita L. 2009. The Effect of Genotype, Housing System and Collection Time on Egg Quality in Egg Type Hens. *Czech Journal of Animal Science*. **54(1)**:17-23.

- Václavovský J, Kernerová N, Matoušek V, Scharcherlová A. 2000. Chov drůbeže. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. České Budějovice.
- Van der Brand H, Parmentier HK, Kemp B. 2004. Effect of housing system (outdoor vs. cages) and age of laying characteristics. *British Poultry Science*. **45(6)**:745-752.
- Walters M. 2007. Ptačí vejce. Euromedia Group, k. s. – Knižní klub. Praha. ISBN: 978-80-242-1880-9.
- Wolc A, Arango J, Settar P, O'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.
- Zaheer K. 2015. An Updated Review on Chicken Eggs: Production, Consumption, Management Aspects and Nutritional Benefits to Human Health. *Food and Nutrition Sciences*. **6**:1208-1220.
- Zelenka J, Heger J, Zeman L. 2007. Doporučený obsah živin v krmných směsích a výživná hodnota krmiv pro drůbež. Česká akademie zemědělských věd. Komise výživy hospodářských zvířat. Brno. ISBN: 978-80-7375-091-6.
- Zemková L, Simeonovová J, Lichovnicková M, Somerlíková K. 2007. The effects of housing systems and age of hens on the weight and cholesterol concentration of the egg. *Czech Journal of Animal Science*. **52(4)**:110-115.
- Zhang LC, Ning ZH, Xu GY, Hou ZC, Yang N. 2005. Heritabilities and genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in brown-egg dwarf layers. *Poultry Science*. **84(8)**:1209-1213.
- Zita L, Tůmová E, Štolc L. 2009. Effects of Genotype, Age and Their Interaction on Egg Quality in Brown-Egg Laying Hens. *Acta Veterinaria Brno*. **78(1)**:85-91.

## 9 Samostatné přílohy

Tabulka č. 6: Vakcinační program pro odchov kuřic a doporučení pro chov slepic v podniku (Hošek 2021)

Den věku	Přípravek
1. den	IB, VAXXITEK inj. (Cryomarex připomínáme)
4. den	Avipro Salmonella vac E - živá vakcína (přes pitnou vodu) p.o.
8. den	Livacox T p.o.
14. den	Cevac IBird (ib variant)
26. den	NOBILIS ND clone 30 p.o.
35. den	Cevac Bron 120L (ib - H 120)
43. den	Avipro Salmonella vac E - živá vakcína (přes pitnou vodu) p.o.
56. den	NOBILIS ND clone 30 p.o.
65. den	Cevac IBird (ib variant)
11. týden	AVIPRO AE p.o.
12. týden	NEMOVAC p.o.
13. týden (91. den)	Avipro Salmonella vac E - živá vakcína (přes pitnou vodu) p.o.
15. - 17. týden	Gallimune 302 ND+IB+EDS
Doporučení u slepic	
38. týden	Cevac Bron 120L (ib - H 120)
48. týden	Cevac IBird (ib variant)



Obrázek č. 3: Schéma produkční haly Kosičky (Hošek 2021)



Obrázek č. 4: Odchovna kuřat - klece (Autor DP)



Obrázek č. 5: Odchovna kuřat – krmení (Autor DP)



Obrázek č. 6: Odchovna kuřat – pohled do klece (Autor DP)



Obrázek č. 7: Transport a přeskladnění na snáškovou halu (Autor DP)



Obrázek č. 8: Nosnice (Dekalb White) v obohacených klecích ve snáškové hale (Autor DP)



Obrázek č. 9: Nosnice (ISA Brown) v obohacených klecích se snáškové hale (Autor DP)



Obrázek č. 10: Vnitřní pohled do snáškové haly (Autor DP)