

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra speciální zootechniky



Vliv genotypu slepic nosného typu a jejich věku na kvalitu vajec

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Adam Kraus

Obor studia: Kvalita a zpracování zemědělských produktů

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

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci Vliv genotypu slepic nosného typu a jejich věku na kvalitu vajec 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 9. 4. 2018

Podpis _____

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu této diplomové práce doc. Ing. Lukáši Zitovi, Ph.D. za jeho odborné rady a doporučení, pozitivní přístup, podporu a vstřícnost v průběhu psaní této práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Ludmile Klesalové za pomoc, ochotu a profesionální přístup při laboratorních rozbořech vajec. V neposlední řadě patří poděkování také Ing. Marcele Blažkové a podniku MAVÉ Jičín, za poskytnutí vzorků vajec a potřebných informací nezbytných pro dokončení diplomové práce.

Vliv genotypu slepic nosného typu a jejich věku na kvalitu vajec

Souhrn

Vejsce patří mezi jedny z nezákladnějších a nejvíce využívaných potravin a jejich spotřeba se stále zvyšuje. V dnešní době je kontrola kvality potravin jejich neodmyslitelnou součástí a ani vejce v tomto ohledu nejsou výjimkou. Z tohoto důvodu je tedy velmi důležité znát faktory, které mají vliv na kvalitu vajec. Technologickou hodnotu vajec ovlivňuje řada vnitřních (např. užitkový typ, genotyp, věk) i vnějších faktorů (např. typ ustájení, složení krmné směsi a výživa, podmínky prostředí, kontaminace, skladování).

Cílem této diplomové práce bylo posoudit vnitřní a vnější kvalitu konzumních vajec slepic nosného typu dvou vybraných genotypů v závislosti na jejich věku. Do pozorování byly zařazeny nosnice ISA Brown a Hy-Line Brown ve věku od 36 do 64 týdnů. Celkem bylo vyhodnoceno 1440 ks vajec od každého genotypu.

Statisticky významný vliv genotypu byl zjištěn u všech hodnocených parametrů s výjimkou indexu žloutku. Signifikantní vliv věku nosnic byl také zjištěn u všech hodnocených parametrů, zde jedinou výjimku tvořila barva žloutku. Výsledky prokázaly, že s věkem nosnic se zvýšila průměrná hmotnost vajec, skořápky, bílku i žloutku. Také hodnoty podílu skořápky, barvy skořápky a podílu žloutku se zvýšily. Hodnoty naměřené na konci sledovaného období byly vyšší než hodnoty naměřené na začátku sledovaného období. Naopak ke snížení v naměřených hodnotách došlo u indexu tvaru vejce, tloušťky a pevnosti skořápky, podílu a indexu bílku, Haughových jednotek a indexu žloutku. Ne u všech parametrů byl trend pravidelný, ať už byl zvyšující se či snižující se. Většina naměřených hodnot byla vyšší u vajec od nosnic ISA Brown než u vajec od nosnic Hy-Line Brown. Pouze hodnoty indexu bílku, Haughových jednotek a podílu žloutku byly zjištěny vyšší u vajec od nosnic Hy-Line Brown. Při porovnání hodnot obou genotypů je patrné, že kvalitnější vejce snášely nosnice ISA Brown.

Hypotéza, že genotyp i věk nosnic mají vliv na kvalitu vajec, byla potvrzena. Trend zhoršující se kvality vajec s věkem nosnic byl také potvrzen.

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

The effect of genotype of egg-laying type hens and its age on egg quality

Summary

Eggs belong to one of the most basic and most used food and their consumption is still growing. Nowadays, control of food quality is an inherent part of it and eggs are not an exception. Because of this, it is very important to know the factors that affect the quality of eggs. The technological value of eggs is influenced by a number of internal (e.g. utility type, genotype, age) and external factors (e.g. housing type, feed composition and nutrition, environmental conditions, contamination, storage conditions).

The aim of this diploma thesis was to assess the internal and external quality of consumer eggs of egg-laying hens of two selected genotypes depending on their age. ISA Brown and Hy-Line Brown hens aged from 36 to 64 weeks were included in the research. In total, 1440 eggs from each genotype were evaluated.

The statistically significant effect of the genotype was found in all evaluated parameters except for the yolk index. Significant influence of hens' age was also found in all evaluated parameters, with the only exception of the yolk colour. The results showed that the average weight of eggs, eggshell, albumen and yolk increased with the age of hens. Also, the shell share and yolk colour values increased. Values measured at the end of the monitored period were higher than those measured at the beginning. On the contrary, the decrease in the measured values occurred in the shape index, eggshell thickness and strength, share of albumen, the albumen index, Haugh units and the yolk index. Not all parameters had a regular trend, whether it be growing or decreasing. Most of the measured values were higher in eggs from ISA Brown hens than in eggs from Hy-Line Brown hens. Only values of the albumen index, Haugh units and share of yolk were found to be higher in Hy-Line Brown eggs. When comparing the values of both genotypes, it is obvious that the eggs from ISA Brown hens had better quality.

The hypothesis that genotype and age of laying hens affect egg quality has been confirmed. The trend of deteriorating egg quality with hens age was also confirmed.

Keywords: egg, quality, yolk, albumen, eggshell

Obsah

1.	Úvod.....	1
2.	Cíl práce.....	2
3.	Literární přehled	3
3.1.	Produkce a spotřeba vajec.....	3
3.1.1.	Produkce vajec.....	3
3.1.2.	Spotřeba vajec.....	3
3.2.	Složení vajec	4
3.2.1.	Vaječná skořápka.....	4
3.2.2.	Vaječný bílek	5
3.2.3.	Vaječný žloutek	6
3.3.	Nutriční hodnota vajec a význam pro lidské zdraví.....	7
3.4.	Kvalita vajec.....	9
3.4.1.	Vnitřní kvalita vajec.....	10
3.4.2.	Vnější kvalita vajec.....	12
3.5.	Vybrané faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec.....	15
3.5.1.	Vnitřní faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec.....	15
3.5.2.	Vnější faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec.....	18
3.6.	Abnormality a vady vajec	24
3.6.1.	Vnitřní abnormality a vady vajec.....	24
3.6.2.	Vnější abnormality a vady vajec.....	26
4.	Materiál a metodika	27
4.1.	Charakteristika podniku	27
4.2.	Systém chovu	27
4.3.	Charakteristika genotypů	29
4.3.1.	ISA Brown	29
4.3.2.	Hy-Line Brown	30
4.4.	Rozbory vajec.....	31
4.5.	Statistické vyhodnocení	34
5.	Výsledky	35
6.	Diskuze	43
7.	Závěr	48
8.	Seznam použité literatury	50
9.	Seznam použitých symbolů a zkratk.....	59
10.	Přílohy.....	60

1. Úvod

Vejsce dnes patří mezi jedny z vůbec nezakladnějších a nejvyužívanějších potravin a lze je považovat za takřka ideální složku potravy. Za svoji oblibu vděčí zejména svým biologickým a nutričním hodnotám. Popularitu vajec potvrzuje i fakt, že celosvětová produkce a spotřeba vajec zaznamenala za poslední dobu pozoruhodný nárůst. V roce 1970 celosvětová produkce činila zhruba 20 milionů tun. V roce 2012 už celková produkce vajec činila 66,4 milionů tun. Za toto období se tedy produkce vajec více než ztrojnásobila. FAO dokonce předpokládá, že v roce 2030 bude celosvětová produkce dosahovat téměř 90 milionů tun vajec.

Vejsce jsou jedním z nejkvalitnějších přírodních zdrojů bílkovin. Vaječné bílkoviny patří mezi vůbec ty nejkvalitnější, jsou kvalitnější než bílkoviny obsažené v mase či v mléce. Tyto bílkoviny jsou cenné především díky tomu, že obsahují velké množství esenciálních aminokyselin, které si lidské tělo nedokáže vytvořit. Proto je nutné tyto aminokyseliny přijímat ze stravy. Navzdory své vysoké biologické hodnotě jsou vaječné bílkoviny snadno stravitelné. Další důležitou složkou vajec jsou lipidy a mastné kyseliny, které se nacházejí ve vaječném žloutku. Vejsce jsou mimo jiné také bohatým zdrojem dalších látek prospěšných pro lidský organismus, mezi které patří vitaminy či minerální látky. I přes svou vysokou nutriční hodnotu obsahují vejce velmi malé množství kalorií.

Kontrola kvality neodmyslitelně patří ke všem potravinám a vejce samozřejmě nejsou výjimkou. V posledních letech se téma kvality potravin dostává čím dál tím více do popředí a nároky na kvalitu potravin se zvyšují. Spotřebitelé se stále více zajímají o kvalitní a zdravé prospěšné potraviny. Vzhledem k tomuto trendu je velmi důležité mít na zřeteli, co kvalitu potravin ovlivňuje a co konkrétně se hodnotí.

U vajec se hodnotí kvalita jak skořápky, tak i kvalita vnitřních částí (žloutku a bílku). Kvalitu vajec ovlivňuje celá řada faktorů, které lze rozdělit obecně na faktory vnitřní a vnější. Mezi nejvýznamnější vnitřní faktory, které mají zásadní vliv na kvalitu vajec, patří zejména genotypová příslušnost nosnice, věk a zdravotní stav. Z nejdůležitějších vnějších faktorů ovlivňujících kvalitu vajec, je třeba zmínit především výživu (složení krmné směsi), podmínky prostředí, typ ustájení a v neposlední řadě také podmínky uskladnění vajec.

2. Cíl práce

Předmětem diplomové práce bude posouzení vnitřní a vnější kvality konzumních vajec slepic nosného typu dvou genotypů v závislosti na jejich věku.

Hypotézou je, že genotyp i věk mají vliv na kvalitu vajec, kdy by měl být potvrzen nebo vyvrácen především trend zhoršující se kvality vajec s věkem nosnic bez rozdílu genotypové příslušnosti.

3. Literární přehled

3.1. Produkce a spotřeba vajec

Světová produkce a spotřeba vajec se v posledních letech zvyšuje, krom snadné dostupnosti a nízké ceny, především díky jejich účinku na lidské zdraví a jejich využití jako funkční potraviny. V rozvinutých i rozvojových zemích by zvýšená produkce a spotřeba vajec mohla výrazně zlepšit výživové potřeby dospělých i dětí. Vejce jsou ekonomickým zdrojem živin, zvláště důležité jsou pro duševní vývoj dospívajících dětí (Miranda a kol., 2015).

3.1.1. Produkce vajec

V roce 2012 světová produkce vajec činila téměř 70 miliónů tun. Celosvětová meziroční produkce vajec se zvýšila mezi lety 2000 a 2010 o 2,3 %. Největším světovým producentem vajec je Čína, která údajně vyprodukovala v roce 2012 cca 28,3 miliónů tun vajec. Mezi pět největších světových producentů dále patří Spojené státy americké, které v témže roce vyprodukovaly cca 5,4 miliónů tun vajec. Následuje Indie se 3,6 milióny tun vajec. Čtvrtým největším producentem na světě bylo v roce 2012 Japonsko s 2,5 milióny tun vajec, následované Mexikem s 2,3 milióny tun vajec. Čína představuje přibližně 45 % světové produkce vajec (Zaheer, 2015).

Česká republika zaznamenala mezi lety 2015 a 2016 zvýšení celkového počtu drůbeže z 21 304 467 kusů na 21 750 493 kusů. Počet nosnic se v rozmezí těchto let také zvýšil, z původních 3 845 866 kusů na 4 528 719 kusů. Celková snáška se díky zvýšenému počtu nosnic rovněž zvýšila, konkrétně z 1 245 744 tisíc kusů v roce 2015 na 1 313 555 tisíc kusů v roce 2016. Průměrná roční snáška na jednu nosnici v tomto období opět zaznamenala zvýšení, z 301,1 vajec na 302,6 vajec. Nucený přechod z konvenčních klecí na obohacené klece (od 1. 1. 2012) způsobil značné snížení stavů slemic v České republice. Z původních 4 142 277 kusů v roce 2011 se snížil stav na 3 733 242 kusů v roce 2012, což činí snížení téměř o 10 % (ČSÚ, 2017).

3.1.2. Spotřeba vajec

Vejce jsou levným zdrojem kvalitních bílkovin, nezbytných vitaminů a minerálů, které jsou důležitou složkou potravy. Celosvětová spotřeba vajec se za posledních 40 let ztrojnásobila, přičemž očekávání spotřebitelské kvality se zvyšovala stejně rychle. Spotřeba

vajec se v konkrétních zemích světa samozřejmě liší. Roční spotřeba vajec je dána především vyspělostí, resp. bohatstvím dané země. Například v afrických zemích se roční spotřeba pohybuje od 300 g na osobu až po 19,1 kg v Japonsku. Pouze 9 ze 43 zemí subsaharské Afriky má průměrnou roční spotřebu vajec na osobu vyšší než 2 kg. S podvýživou, která zůstává závažným problémem v mnoha částech rozvojového světa, mohou být vejce považována za možné řešení tohoto problému (Zaheer, 2015).

Roční spotřeba vajec na osobu v České republice v posledních letech značně kolísala. V roce 2016 činila spotřeba vajec na osobu 249 kusů, zatímco v letech 2015 a 2014 byla spotřeba vyšší, konkrétně 255 kusů. V roce 2013 byla spotřeba opět o něco nižší, 243 kusů. Tímto způsobem spotřeba vajec v České republice kolísala posledních přibližně 10 let. Nejvyšší spotřeba vajec byla v roce 2008, kdy činila 270 kusů. Již zmíněný přechod na obohacené kletce také negativně ovlivnil spotřebu vajec, která se snížila mezi lety 2011 a 2012 z 254 kusů na 245 kusů (ČSÚ, 2017).

3.2. Složení vajec

Vejce je složeno ze tří hlavních částí, mezi které patří skořápka, bílek a žloutek. Vnější vrstvu vejce tvoří skořápka, která obklopuje vaječný bílek a žloutek. Vnitřní část vejce tvoří žloutek, který je uložen ve středu vejce a bílek, kterým je žloutek obklopen. Skořápka zastupuje 9 – 12 % z celkové hmotnosti vejce, bílek tvoří 60 % a žloutek 30 – 32 % (Zaheer, 2015). Poměr mezi skořápkou, bílkem a žloutkem je 1 : 6 : 3 (Míková, 2003).

Na složení vajec má vliv hned několik faktorů. Mezi nejdůležitější faktory patří především genotypová příslušnost, věk a výživa (Tang a kol., 2015). Také způsob ustájení značně ovlivňuje kvalitu vajec (Matt a kol., 2009).

3.2.1. Vaječná skořápka

Skořápka představuje vnější obal vejce a její podíl na celkové stavbě vejce se pohybuje mezi 9 – 12 % (Zaheer, 2015). Stavbu skořápky tvoří hlavně anorganické látky, které tvoří až 95 % jejího složení a látky organické, které jsou zastoupeny pouze cca 3 – 5 % (Mine, 2008). Skládá se z bílkovinných vláken, která jsou propojena pomocí krystalů uhličitanu vápenatého. Krystaly uhličitanu vápenatého jsou ve skořápce zastoupeny až z 94 % (Zaheer, 2015). Dále se na stavbě podílí fosforečnan vápenatý a uhličitan hořečnatý. Obě látky jsou ve skořápce

zastoupeny cca 1 %. Zbytek tvoří organické látky a voda (Mine, 2008). Tloušťka skořápky je v rozmezí mezi 0,28 – 0,41 mm (Ketta a Tůmová, 2017).

Z hlediska ochrany hraje skořápka velmi důležitou roli během celého vývoje ptačího embrya, avšak nemá pouze ochrannou funkci (Oliveira a kol., 2013). Polopropustnost skořápky zajišťuje její pórovitá struktura, která limituje průchod vzduchu a vody (Zaheer, 2015). Pórovitost skořápky také slouží k tomu, aby vyvíjející se zárodek mohl získat kyslík. Póry také umožňují uvolnění vody a oxidu uhličitého ven ze skořápky (FAO, 2010).

Vnitřní složky jsou ve vejci uspořádány díky několika membránovým systémům. Vnější obal skořápky, tzv. kutikula, pomáhá vyloučit bakterie a prach (Zaheer, 2015). Kutikula je nekalifikovaná organická vrstva, která je silná 5 – 10 μm . Tvoří ji několik složek, mezi které patří hlavně glykoproteiny, polysacharidy, lipidy a fosfor (Walters, 2007).

Vnitřní i vnější podskořápečné blány vaječné skořápky, které oddělují skořápku od bílku, jsou transparentní bílkovinné membrány (Zaheer, 2015). Na jejich složení se podílí dvě složky, jsou to bílkoviny a glykoproteiny. V největším množství jsou zastoupeny především bílkoviny desmosin a isodesmosin, které tvoří až tři čtvrtiny struktury membrán (Oliveira a kol., 2013). Tyto membrány poskytují účinnou ochranu před bakteriálním napadením a také jsou základem pro tvorbu skořápky. Vzduchová bublina se vytváří právě mezi vnější a vnitřní membránou na tupém konci vejce. Vzduchová bublina se stářím vejce zvětšuje (Zaheer, 2015).

Variabilita v barvě vaječné skořápky je způsobena genetikou slepic. Nejběžnější barvou vaječné skořápky je buď hnědá, nebo bílá, ale skořápky mohou být i modré či dokonce zelené. Barva skořápky ovlivňuje regionální poptávku spotřebitelů, ale neovlivňuje kvalitu nebo chuť vajec (Zaheer, 2015).

3.2.2. Vaječný bílek

Další částí vejce je bílek, který zaujímá prostor mezi skořápkou (respektive mezi vnitřní podskořápečnou blánou) a žloutkem. Bílek představuje přibližně 60 % z celkové hmotnosti vejce (Walters, 2007). Guerrero – Legarreta (2010) uvádí, že je podíl bílku z hmotnosti celého vejce o něco nižší, konkrétně 58,5 %.

Struktura bílku není ucelená, na jeho složení se podílí vrstvy hustého a řídkého bílku. Husté vrstvy mají gelovou formu, zatímco vrstvy řídkého bílku jsou ve formě solů (Halaj a

Golian, 2011). Tyto vrstvy se konkrétně dělí směrem od skořápky ke žloutku na vnější řídký bílek, vnější tuhý bílek, vnitřní řídký bílek a vnitřní tuhý bílek, tzv. chalázový bílek (Ledvinka a kol., 2009). Vnější řídká vrstva kopíruje podskořápečnou membránu a vnitřní tuhá vrstva pokrývá povrch vaječného žloutku. Nejvíce je zastoupena vnější tuhá vrstva, která představuje více jak polovinu hmoty bílku. Následuje vnější řídká vrstva (cca 23 %), vnitřní řídká vrstva (cca 17 %). Nejméně připadá na vnitřní tuhou vrstvu (cca 3 %). Složení bílku a poměrné zastoupení zmíněných vrstev se může lišit. Poměry vrstev ovlivňuje zejména genotyp, podmínky vnějšího prostředí a celková velikost vejce (Mine, 2008).

Nutriční obsah vaječného bílku tvoří zejména voda (88,5 %) a bílkoviny (10,5 %). Tuk se na jeho složení téměř nepodílí, nachází se v bílku pouze ve stopovém množství. Bílek dále obsahuje riboflavin a další vitaminy skupiny B (FAO, 2010). Z pevných složek jsou v bílku vajec nejvíce zastoupeny bílkoviny (Walters, 2007). Mezi nejvýznamnější a nejvíce zastoupené bílkoviny patří ovalbumin, ovotransferin, ovomukoid, α -ovomucin a β -ovomucin, které spadají mezi glykoproteiny. Další důležitou složkou vaječného bílku je enzym lysozym, který může působit jako ochranný faktor proti průchodu mikroorganismů přes skořápku ke žloutku, případně k zárodku (Ahmadi a Rahimi, 2011). Sacharidy, lipidy a minerální látky patří mezi další složky obsažené ve vaječném bílku, nacházejí se v něm však v nepatrném množství (Walters, 2007).

3.2.3. Vaječný žloutek

Poslední a zároveň výživově nejbohatší složkou vajec je žloutek. Obsahuje zárodečný terčík, který slouží k vývoji a zásobě živin pro vyvíjející se zárodek (Walters, 2007). Žloutek se na obsahu celého vejce podílí přibližně 30 – 32 % (Zaheer, 2015). Průměr žloutku dosahuje hodnot okolo 40 mm (Ledvinka a kol., 2009).

Žloutek má kulovitý tvar, který závisí především na elasticitě a pevnosti tzv. vitelinní (žloutkové) membrány, která pokrývá jeho povrch. Se stářím vajec se elasticita i pevnost této membrány snižují, také samotný žloutek je ovlivněn stářím vajec. Platí, že čím starší vejce je, tím širší a nižší žloutek má (Nagy a kol., 2009).

Na uspořádání žloutku se podílí střídající se vrstvy světlého a tmavého žloutku. Světlý žloutek se nachází vždy těsně pod vitelinní membránou a také přímo ve středu žloutku. Hlavní složkou světlého žloutku je voda, která tvoří téměř 90 %, zbytek obsahu tvoří bílkoviny a tuky.

Na celkové hmotnosti žloutku se podílí pouze cca 5 %. Tmavý žloutek má zejména zásobní funkci. Obsahuje cca 35 % tuků, 16 % bílkovin a velké množství karotenoidních barviv lipofilního charakteru. Rozdíly ve skladbě žloutkové hmoty jsou zapříčiněny nerovnoměrným uložením barviv během tvorby žloutku (Zaheer, 2015).

Nutriční obsah vaječného žloutku tvoří především voda (50 %), tuky (33 %) a bílkoviny (16,5 %). Na jeho složení se podílejí ale i další látky, mezi které patří vitaminy rozpustné v tucích (A, D, E, K), minerální látky (např. železo), lecitin a barviva (FAO, 2010). Uvnitř žloutku je obsaženo mnoho různých složek, mezi které patří lipoproteinové globule, volně plovoucí granule a myelin. Samotná struktura žloutku je tvořena ze dvou částí, konkrétně z granulí a plazmy. Granule jsou tvořeny především z bílkovin, zatímco plazma, je složena hlavně z lipidů, bílkoviny jsou v ní zastoupeny jen minoritně (Mine, 2008).

Barva vaječného žloutku se mění v závislosti na krmivu slepic (Zaheer, 2015). Za přirozené zbarvení žloutku jsou zodpovědné zejména karotenoidy, které se v něm akumulují. Pro spotřebitele je barva jedním ze základních faktorů, který ovlivňuje přijatelnost vejce. Barevné rozpětí se pohybuje od světle žluté až po tmavě oranžovou barvu. Vejce s tmavší barvou žloutku jsou většinou žádanější a také jsou považována za kvalitnější (Kljak a kol., 2012). Nicméně, barva žloutku nemá žádnou souvislost s jeho nutriční hodnotou (Zaheer, 2015).

3.3. Nutriční hodnota vajec a význam pro lidské zdraví

Vejce jsou považována za multifunkční, kosmopolitně rozšířenou potravinu. Jsou běžně dostupná ve většině světových zemí, a to za poměrně nízké ceny. Co se týče nutričního složení, představují takřka "kompletní potravinu". Obsahují ve vyváženém množství všechny základní živiny, které jsou pro člověka důležité jak během vývoje, tak i v pozdějších fázích života (Iannotti a kol., 2014). Kromě vysokých výživových hodnot mají vejce také mnoho vlastností, které pozitivně ovlivňují zdravotní stav. Jednoduše řečeno, vejce jsou levný a zároveň nízkokalorický zdroj vysoce kvalitních bílkovin a dalších živin, které jsou prospěšné pro lidské zdraví (Zaheer, 2015).

Bílkoviny se ve vejci vyskytují v množství cca 6,5 g/vejce a obsahují vyvážené množství devíti aminokyselin, které jsou nezbytné pro lidské zdraví. Mezi tyto aminokyseliny patří histidin, izoleucin, leucin, lysin, methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan a valin

(Zaheer, 2015). Kvalita bílkovin je určena přítomností a podílem právě těchto zmíněných aminokyselin. Aminokyseliny jsou nezbytné pro funkci enzymů, některých hormonů, hormonálních receptorů a DNA komponentů. Jsou důležité i pro dalších funkční složky těla, které zajišťují růst a údržbu tkání a regulaci některých metabolických funkcí.

Polynenasycené mastné kyseliny, mezi které se řadí kyselina alfa-linolenová (n-3) a kyselina linolová (n-6) jsou nezbytné pro lidské zdraví. Vejce obsahují okolo 70 mg omega-3 (n-3) mastných kyselin. Linolová kyselina je metabolizována na kyselinu arachidonovou, alfa-linolenovou, eikosapentaenovou a dokosahexaenovou. Tyto základní mastné kyseliny jsou složkami fosfolipidů, které přispívají k pružnosti buněčných stěn a ke snížení hladiny cholesterolu v plazmě. Některé průzkumy potvrzují, že EPA a DHA snižují riziko onemocnění kardiovaskulárního a centrálního nervového systému. Také působí proti zánětům a imunitním infekcím (Sparks, 2006).

Vejce dále obsahují vitaminy rozpustné v tucích, mezi které se řadí vitaminy skupiny A, D, E a K. Také obsahují vitaminy rozpustné ve vodě, kam patří vitaminy skupiny B. Konkrétně se jedná o thiamin (B1), riboflavin (B2), kyselinu pantothenovou (B5), pyridoxin (B6), biotin (B7), folát (B9), kobalamin (B12) a cholin. Vejce jsou bohatým zdrojem minerálních látek, mezi které se řadí např. vápník, železo, hořčík, fosfor, selen, sodík a zinek (Zaheer, 2015).

Vejce obsahuje okolo 200 mg cholesterolu. Tento fakt v minulosti potlačil konzumaci vajec, nicméně cholesterol má v lidském těle mnoho důležitých funkcí. Mnohé studie prokázaly pozitivní vliv cholesterolu na steroidní hormony a vitamin D, také je prekurzorem pro trávení a absorpci tuku ve žlučníku. Bylo zjištěno, že neexistuje souvislost mezi konzumací vajec a onemocněním kardiovaskulárního systému (Shin a kol., 2013).

Vejce obsahují také několik antioxidantů, které redukují volné radikály vznikající z buněčného metabolismu. Mezi antioxidanty obsažené ve vejcích se řadí selen, karotenoidy a vitamin E (Zaheer, 2015). Selen působí proti oxidačnímu stresu, způsobenému volnými radikály, které mohou způsobovat srdeční onemocnění. Karotenoidy (jako jsou lutein a zeaxanthin), které se nacházejí ve vaječném žloutku, hrají roli v prevenci proti šedému zákalu a makulární degeneraci. Vitamin E napomáhá ke zlepšení rovnováhy a transportu cholesterolu, což snižuje riziko infarktu a úmrtí na srdeční onemocnění (Wong, 2010).

Vejsce jsou dobrým zdrojem protilátek, jako jsou IgY. Tyto imunoglobulinové protilátky jsou důležitými složkami vajec s vysokou výživovou hodnotou a mohou působit proti virovým a bakteriálním infekcím (Zaheer, 2015).

3.4. Kvalita vajec

Pro stanovení kvality vajec se používají různé metody, které jsou zaměřené na konkrétní vlastnosti konzumních vajec. Z nejdůležitějších vlastností, které se u konzumních vajec stanovují, je třeba zmínit především morfologické, organoleptické a mikrobiální. Dále je možné stanovit chemické a fyzikálně-chemické znaky vajec. Co se týče technologického posouzení vejce, tak se hodnotí jako celek. Jde tedy o hodnocení jeho hmotnosti, tvaru a komponentů, ze kterých se vejce skládá (Englmaierová, 2014).

Co se týče kvality skořápky, tak zde je posuzována především její pevnost. Dále se hodnotí její tloušťka a barva (Ketta a Tůmová, 2017). Pevnost se hodnotí pomocí buď přímé, nebo nepřímé metody. U přímé metody se měří hodnota tlaku, který je potřebný pro prasknutí skořápky. Nepřímá metoda (tzv. matematicko-statistická) využívá ke stanovení pevnosti několik faktorů, mezi které patří určení tloušťky skořápky, deformace skořápky či měření měrné hmotnosti vajec (Míková, 2003).

Kvalita bílku se určuje pomocí indexu tvaru, hmotnosti a Haughových jednotek (HU), které jsou indikátorem čerstvosti vajec (Nagy a kol., 2009). Dle Ledvinky a kol. (2009) se ke stanovení kvality bílku využívá porovnání hmotnosti, tvaru, procentuální podíl bílku k celému vejci, určení Haughových jednotek, případně šlehatelnost bílku a trvanlivost našlehané pěny.

U kvality žloutku se hodnotí jeho tvar, hmotnost, procentuální podíl ve vejci a také jeho barva (Ledvinka a kol., 2009). Dle Nagyho a kol. (2009) se kvalita žloutku hodnotí pomocí indexu žloutku, hmotnosti a barvy. Index se vyjadřuje jako relativní poměr výšky k šířce násobený stem a standardně nabývá hodnot mezi 32 – 58 %.

3.4.1. Vnitřní kvalita vajec

Ahmadi a Rahimi (2011) uvádějí, že vnitřní kvalitu vajec ovlivňuje celá řada faktorů, k těm nejvýznamnějším patří genotypová příslušnost, věk a výživa. Výrazný vliv mají také různá onemocnění, která negativním způsobem ovlivňují jejich kvalitu. Znalost a pochopení výše zmíněných, ale i dalších faktorů je zásadní pro produkci kvalitních a zdravotně nezávadných vajec.

3.4.1.1. *Kvalita bílku*

Na kvalitu bílku mají vliv vesměs stejné faktory (genotypová příslušnost, věk nosnice, výživa, systém ustájení atd.) jako u skořápky, avšak každý faktor jinak ovlivňuje skořápku a jinak bílek (Ahmadi a Rahimi, 2011). Největší vliv na kvalitu vaječného bílku má věk nosnic. Dalším faktorem, který hraje u kvality bílku velmi důležitou roli, je výživa. Nezbytné je obzvlášť zastoupení určitých složek, mezi které patří zejména aminokyseliny, vitaminy či stopové prvky (Puyalto a Mallo, 2014).

Dle Ledvinky a kol. (2009) se technologická hodnota bílku stanovuje porovnáním hmotnosti, tvaru, procentuálního podílu bílku z celého vejce, určením Haughových jednotek, případně šlehatelností bílku a trvanlivostí našlehané pěny. Podle Nagyho a kol. (2009) se pro stanovení kvality bílku využívá stanovení indexu tvaru, hmotnosti a Haughových jednotek (HU), které zároveň představují indikátor pro čerstvost vajec. Index tvaru se určuje poměrem mezi průměrem šířky a délky bílku (vzájemně na sebe kolmé osy) a výškou bílku, vynásobených stem. Všechny měřené délky se uvádí v milimetrech (Olawumi a Ogundale, 2008). Délka skladování negativně ovlivňuje index bílku, který se s délkou skladování snižuje (Steinhauserová a kol., 2003).

Jedním z hlavních kritérií, která se využívají k hodnocení stáří vajec, je výška vaječného bílku. Výška bílku se se stářím vejce snižuje kvůli chemickým změnám, které v něm probíhají. Výška bílku se standardně měří přibližně jeden centimetr od okraje žloutku (Ahmadi a Rahimi, 2011). Čerstvost vajec se dá také určit podle vzhledu vejce po rozklepnutí. Čerstvé vejce má po rozklepnutí bílek rozdělený do dvou od sebe zřetelně odlišitelných vrstev (Tůmová a Charvátová, 2009).

Haughovy jednotky jsou ovlivněny mnoha faktory, zejména pak délkou skladování a skladovací teplotou. Hodnota HU pro čerstvá vejce by měla být 72 a více. Za vejce s dobrou

kvalitou jsou považována taková, která mají hodnotu HU v rozmezí 59 a 72 (Ahmadi a Rahimi 2011). Skladování při nižších teplotách omezuje ztráty na hmotnosti a také pozitivně ovlivňuje hodnoty Haughových jednotek (de Menezes a kol., 2012).

Bílek by měl být po prosvícení čirý, hustý a neměl by obsahovat žádné vady či skvrny. Po vyklepnutí vejce se může u bílku objevit lehké zakalení, které je způsobeno oxidem uhličitým (Halaj a Golian, 2011). S věkem nosnic se zvyšuje hmotnost bílku a hodnota HU, ale současně klesá procentuální zastoupení bílku (Zita a kol., 2009).

3.4.1.2. Kvalita žloutku

Na hodnocení kvality vaječného žloutku, stejně jako na hodnocení kvality skořápky a bílku, má vliv řada faktorů jak vnitřních, tak i vnějších. Mezi nedůležitější faktory ovlivňující kvalitu vaječného žloutku opět patří genotyp a věk nosnice, výživa, systém ustájení, všeobecný a tepelný stres a další (Ahmadi a Rahimi, 2011).

K určení kvality žloutku se využívá hodnocení především dvou kritérií, kterými jsou pevnost žloutkové (vitelinní) membrány a barva žloutku. Mezi další parametry, kterými se obvykle hodnotí kvalita žloutku, patří vyčíslení procentuálního podílu žloutku z celého vejce a stanovení hmotnosti žloutku (Rakib a kol., 2016). Nagy a kol. (2009) dodávají, že se kvalita žloutku hodnotí kromě stanovení hmotnosti a barvy ještě navíc pomocí indexu žloutku, který se vyjadřuje jako relativní poměr výšky k šířce násobený stem. Index žloutku běžně nabývá hodnot v rozmezí od 32 až do 58 %. Dle Ledvinky a kol. (2009) kvalitu žloutku udává jeho hmotnost, procentuální podíl z vejce, tvar a také barva.

S věkem nosnic se zvyšuje hmotnost žloutku. Stejně tak tomu je i procentuálního podílu žloutku, který se u starších nosnic také zvyšuje. Naopak u starších vajec se snižuje pevnost vitelinní membrány, což má za následek její snazší poškození či protržení (Nagy a kol., 2009). Také tvar žloutku se s dobou skladování vejce mění, u starších vajec je žloutek po vyklepnutí nižší a širší (Ledvinka a kol., 2009).

Barva žloutku může být od světle žluté až po tmavě oranžovou a stanovuje se buď objektivně pomocí spektrofotometrie, nebo subjektivně, použitím barevné stupnice (Nagy a kol., 2009). Barva vaječného žloutku se mění v závislosti na výživě slepic, nicméně nemá žádný vliv na nutriční hodnotu žloutku (Zaheer, 2015). Za zbarvení žloutku jsou zodpovědné zejména

barviva, konkrétně karotenoidy. Pro spotřebitele hraje barva žloutku zásadní roli (Kljak a kol., 2012). Proto mají karotenoidy velký ekonomický význam (Huopalathi a kol., 2007).

Při otáčení vejce by žloutek měl zůstat v centrální poloze a neměl by se z ní vychýlit. Žloutek by také neměl obsahovat žádné skvrny či mít jiné vady. Po vyklepnutí vejce by měl mít žloutek tvar zploštělé koule (Nagy a kol., 2009).

3.4.2. Vnější kvalita vajec

3.4.2.1. Hmotnost vejce

Prvním krokem hodnocení kvality slepičích konzumních vajec je obvykle stanovení jejich hmotnosti, která většinou nabývá hodnot mezi 63 a 68 g (Tůmová a Charvátová, 2009). Za vejce s ideální hmotností jsou považována ta, která mají hmotnost v rozmezí od 53 do 73 g. Jedná se tedy o vejce, která spadají do kategorie střední až velké (Nys a kol., 2011). Dle Steinhauserové a kol. (2003) se hmotnost vajec běžně pohybuje mezi 58 a 62 g.

Hmotnost vajec úzce souvisí s jejich velikostí a naopak (Nys a kol., 2011). Hmotnost všech vaječných komponent (skořápka, žloutek, bílek) je hmotností vejce ovlivněna rovnoměrně. Korelace mezi hmotností celého vejce a hmotností vaječného bílku, žloutku a skořápky jsou vysoké (Zhang a kol., 2005).

Na hmotnost vajec má vliv mnoho faktorů, mezi které patří především genotypová příslušnost nosnice, hmotnost, věk, pohlavní dospělost, intenzita snášky a perzistence snášky (Ledvinka a kol., 2008).

Ovlivnění hmotnosti vajec genotypem je nejlépe pozorovatelné při porovnání vajec od hnědovaječných nosnic a vajec od bělovaječných nosnic. (Ledvinka a Klesalová, 2002).

Dalším faktorem, který ovlivňuje hmotnost vajec je typ ustájení. Byla sledována vejce hnědovaječných nosnic ISA Brown v různých systémech chovu, které zahrnovaly podestýlkový chov, konvekční klece a obohacené klece. Nejvyšší hmotnost měla vejce z obohacených klecí (63,25 g), následovala vejce z konvekčních klecí (60,13 g). Nejnižší hmotnost (59,56 g) měla vejce z podestýlkového chovu (Tůmová a kol., 2007). Také studie Englmaierové a Tůmové (2008) sledovala vliv systému ustájení na hmotnost vajec, kde byla hmotnost vajec od nosnic chovaných v podestýlkových chovech při nižší snášce vyšší (64,5 g) než hmotnost vajec od nosnic chovaných v konvekčních klecích (63,3 g).

3.4.2.2. Tvar vejce

Tvar vejce je závislý na věku nosnice a během snáškového cyklu se mění (Halaj a Golian, 2011). Vejce snesená na začátku snáškového cyklu nemají typický tvar, až s věkem nosnic vejce získávají více protáhlý tvar. U starších nosnic se také častěji vyskytují nadstandardně velká nebo tvarově modifikovaná vejce (Van der Brand a kol., 2004). Tvar vajec hraje roli především při skladování, transportu a balení (Halaj a Golian, 2011).

Určení ideálního tvaru vejce znesnadňuje fakt, že je přirozená variabilita vajec velmi vysoká. Navzdory tomu byly pro stanovení tvaru vajec vytvořeny různé metody, které však obsahují poměrně složité postupy zahrnující měření i matematické výpočty. Tvar vejce lze zhodnotit pomocí dvou základních způsobů. První možností je využití matematických rovnic, druhou možnost představuje použití různých indexů, které vyjadřují velikost odchýlení od ideálního modelu (Havlíček a kol., 2008).

Tvar vejce se standardně vyjadřuje pomocí indexu tvaru vejce, který se vypočítá tak, že se vydělí šířka vejce délkou vejce a výsledek se vynásobí stem. Index tvaru vejce se tedy udává v procentech a obvykle nabývá hodnot od 63 do 85 % (Kul a Seker, 2004). Vejce, která mají asymetrický tvar, mají hodnoty indexu tvaru vejce přibližně 70 – 75 %, symetrická (kulatá) vejce mají hodnotu indexu tvaru vejce 100 % a vejce podlouhlého tvaru mají hodnotu indexu tvaru vejce 50 % (Halaj a Golian, 2011). Index tvaru vejce má také vliv na pevnost skořápky a tím pádem i na pevnost celého vejce. Největší odolnost vůči prasknutí byla zaznamenána u vajec, která měla vysoké hodnoty indexu tvaru, což odpovídá kulatým vejcům (Altuntaş a Şekeroğlu, 2008). Pro balení jsou nejvhodnější vejce s indexem tvaru v rozmezí mezi 70 a 80 % (Kul a Seker, 2004).

3.4.2.3. Kvalita vaječné skořápky

Ahmadi a Rahimi (2011) konstatují, že kvalitu skořápky ovlivňuje řada faktorů, jedná se především genotyp a věk nosnice, výživu, systém ustájení, všeobecný a tepelný stres a o onemocnění. Tyto, ale i další faktory, které nějakým způsobem ovlivňují kvalitu nejen skořápky, ale vajec obecně, jsou neustále podrobovány dalším výzkumům.

K určení kvality vaječné skořápky se využívá hodnocení mnoha jejích vlastností. Mezi tyto vlastnosti patří hmotnost vejce, barva skořápky, její pevnost (stanovení pomocí destruktivních metod) a její deformace (stanovení pomocí nedestruktivních metod). Dále také

tloušťka skořápky, hmotnost skořápky, procentuální zastoupení skořápky z celého vejce a v neposlední řadě struktura skořápky (Ahmadi a Rahimi, 2011).

Důležitou technologickou vlastností vajec je pevnost jejich skořápky. Pevnost se zjišťuje jak pomocí destruktivních metod, kdy se stanovuje tlak potřebný k prasknutí skořápky, tak i pomocí nedestruktivních metod, kde se hodnotí deformace po zatížení skořápky (Tůmová a Charvátová, 2009). Pevnost skořápky není podmíněna tloušťkou skořápky. Pevnost skořápky určuje zejména její struktura. Přestože je skořápka poměrně křehká, její odolnost vůči mechanickému talku je poměrně vysoká (Steinhauserová a kol., 2003). Obecně lze říci, že je vaječná skořápka silná, avšak starší jedinci mají tendenci produkovat slabší skořápky (FAO, 2010). Krawczyk (2009) také udává, že čím vyšší je věk nosnic, tím horší je pevnost vaječných skořápek u vajec, která produkují. S věkem se zvyšuje také průměrná hmotnost skořápky (Zita a kol., 2009).

Pro barvu skořápky je významný především obsah pigmentů. Protoporfyrin IX je hlavním pigmentem vaječné skořápky slepic, která dále obsahuje i stopy biliverdinu a jeho chelátů zinku. Hnědé zabarvení skořápky je důležitým parametrem její kvality a má pozitivní vliv na spotřebitelskou preferenci. Rozsah ukládání pigmentu je ovlivněn systémem chovu, věkem, genotypem, výživou, stresory a určitými nemocemi jako je např. infekční bronchitida (Samiullah a kol., 2014).

Barvivo ovoporfyrin, konkrétně jeho množství obsažené ve skořápce, je zodpovědné za barvu vaječné skořápky. Barva skořápky může být od bílé až po tmavě hnědou. Ke stanovení barevné intenzity barvy skořápky se používá prosvěcování. Vejce s tmavší barvou skořápky mají horší průhlednost než vejce se světlou barvou skořápky. Z tohoto důvodu je kontrola vnitřní kvality vajec s tmavší barvou skořápky pomocí prosvěcování mnohem náročnější, než je tomu u vajec se světlou skořápkou (Gosler a kol., 2011). Dle Ledvinky a kol. (2008) mají vejce s hnědou skořápkou kvalitnější skořápku než vejce bílá, avšak v poslední době, především díky šlechtění, rozdíly téměř neexistují. Barva vejce vykazuje některé pozitivní korelace s parametry kvality vajec. Rovnoměrnost, intenzitu a uložení barvy ve skořápce ovlivňuje mnoho faktorů (Samiullah a kol., 2014).

3.5. Vybrané faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec

Kvalitu vajec ovlivňuje značné množství faktorů, z těch nejdůležitějších je to genotypová příslušnost, věk nosnice a výživa (Tang a kol., 2015). Také způsob ustájení patří mezi faktory, které mají značný vliv na finální kvalitu vajec (Matt a kol., 2009).

3.5.1. Vnitřní faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec

3.5.1.1. Užitkový typ

Produkce vajec a produkce masa patří mezi hlavní užitkové vlastnosti drůbeže, dále se také využívá peří, trus nebo odpad z jatečně opracovaných těl. Existují dva základní užitkové typy drůbeže, mezi které patří nosná plemena, chovaná pro produkci vajec a masná plemena, která jsou chovaná pro produkci masa (FAO, 2010).

Pro produkci vajec se nejčastěji využívá komerčních užitkových hybridů, liniových kombinací a diferencovaně šlechtěných linií. Nosný typ slepic se nejčastěji dělí do dvou velkých skupin podle toho, jaká vejce snášejí. Rozlišujeme hnědovaječné a bělovaječné nosnice. Většina těchto vyšlechtěných nosných hybridů má mohutnější stavbu těla, než jakou by měla ve volné přírodě původní plemena. Především proto jsou tyto nosnice schopné vyprodukovat až desetinásobné množství vajec oproti jedincům žijícím ve volné přírodě. Pro produkci masa se využívají užitkoví kříženci (tzv. brojlerová kuřata), která mají nadstandardně vyvinutou svalovou hmotu. Dále je u těchto hybridů, v porovnání s běžnými plemeny, dříve ukončen vývoj (Blair, 2008).

Co se týče rozdílů mezi vejci od slepic nosného a masného typu, tak vejce od slepic masného typu disponují vyšší hmotností celého vejce a všech vaječných komponent (Terčič a Holcman, 2010). Tůmová a Gous (2012) naopak udávají, že vyšší hmotnost bílku a skořápky je u vajec od nosných hybridů, ale hmotnost celého vejce a žloutku je vyšší u vajec masných hybridů. Terčič a Holcman (2010) také uvádějí, že vejce od masných hybridů obsahují více cholesterolu než vejce nosných hybridů.

3.5.1.2. Genotyp

Genotyp bezesporu patří mezi nejdůležitější vnitřní faktory ovlivňující kvalitu vajec. Vliv má především na hmotnost vajec, ale ovlivňuje i další vlastnosti vajec. Například složení

vajec (obsah sušiny, tuku apod.) je do jisté míry také ovlivněno genotypovou příslušností. Dědičné dispozice tedy výraznou měrou působí na kvalitu vajec (Jones a kol., 2010). Ledvinka a Klesalová (2002) také potvrzují vliv genotypu na kvalitu čerstvých vajec, genotyp zřetelně ovlivňuje ukazatele vnitřní kvality vajec.

Zita a kol. (2009) konstatují, že existuje pozitivní korelace mezi hmotností celého vejce a hmotností jednotlivých komponentů (především se jedná o bílek a žloutek). Vits a kol. (2005) sledovali rozdíly v hmotnosti vajec od hnědovaječných a bělovaječných hybridů, vyšší hmotnost vajec byla zjištěna u hnědovaječných slepic. El-Sheikh a kol. (2014) také konstatují, že těžší vejce snášejí hnědovaječné nosnice. Ke stanovení rozdílů bylo využito hybridů Hy-Line Brown a Hy-Line White. Také Jones a kol. (2010) uvádějí shodné výsledky. Hlavní příčinou vyšší hmotnosti vajec od hnědovaječných nosnic je vyšší hmotnost nosnic samotných (El-Sheikh a kol., 2014). Avšak Alsobayel a Albadry (2011) došli ke zcela opačným výsledkům. Uvádějí, že vyšší hmotnost vajec naopak byla u bělovaječných hybridů.

Genotyp hraje roli také u kvality skořápky, zejména u její pevnosti. Kocevski a kol. (2011) zjistili, že skořápka vajec od hnědovaječných hybridů je kvalitnější a pevnější než skořápka vajec od bělovaječných hybridů. S těmito výsledky se shodují i Ledvinka a Klesalová (2002). Naopak Stojcic a kol. (2012) udávají, že vyšší kvalita skořápky byla zjištěna u bělovaječných nosnic. Porovnávána byla vejce od hybridů Hisex White a Hy-Line Brown.

Tůmová a kol. (2007) uvádějí, že genotyp u bílku ovlivňuje pouze Haughovy jednotky, nicméně Zhang a kol. (2005) zjistili, že koeficient dědivosti je u Haughových jednotek nižší než u hmotnosti bílku. Zita a kol. (2009) udávají, že genotyp také ovlivňuje kvalitu žloutku. Toto tvrzení uvádějí i Tůmová a kol. (2007).

V neposlední řadě hraje genotyp roli i u skladování vajec. Bozkurt a Tekerli (2009) zjistili, že skladování vajec při teplotě 24 °C negativně ovlivní vnitřní kvalitu vajec. Vyšší zhoršení kvality bylo zaznamenáno u hnědovaječných hybridů v porovnání s bělovaječnými hybridy.

3.5.1.3. Věk

Věk nosnic je dalším z významných vnitřních faktorů, který ovlivňuje kvalitu vajec (Johnston a Gous, 2007). Snáškový cyklus úzce souvisí se začátkem snášky. Během první fáze snáškového cyklu nastává pohlavní dospělost, ke které obvykle dochází mezi 18. a 23. týdnem věku. S věkem nosnic se postupně zvyšuje hmotnost vajec a také se zvyšuje intenzita snášky, která může dosahovat až 95 %. Tato fáze snáškového cyklu trvá až do 40. až 44. týdne věku. Ve druhé fázi snáškového cyklu se hmotnost vajec stále zvyšuje, ale intenzita snášky se naopak začíná postupně snižovat. Ve třetí fázi, která nastává ve věku 64 týdnů, pokračuje proces stejně jako ve druhé fázi (Ledvinka a kol., 2009)

Hmotnost vajec je tedy ovlivněna věkem nosnic. Obecně lze říci, že během prvních třech měsíců snášky se hmotnost vajec prokazatelně zvyšuje (Ledvinka a Klesalová, 2002). Mezi věkem nosnice a hmotností vejce i hmotností jeho částí (skořápky, bílku a žloutku) dochází k pozitivní korelaci. Bozkurt a Tekerli (2009) sledovali vliv věku u nosnic ISA Brown a došli k závěru, že starší nosnice snášejí vejce s vyšší hmotností. Zita a kol. (2009) také uvádějí, že s věkem se zvyšuje hmotnost vajec. Tento fakt potvrzuje několik dalších autorů, mezi které patří Johnston a Gous (2007) či Krawczyk (2009).

Věk nosnic má vliv také na tvar vejce. Vejce, která jsou snesená na začátku snáškového období, zatím nedisponují typickým tvarem pro danou nosnici. S věkem se vejce začínají prodlužovat, také přibývá nadměrně velkých a tvarově atypických vajec (Ledvinka a Klesalová, 2002). S věkem nosnic klesá také index tvaru vejce (Rakib a kol., 2016).

Kvalita vaječné skořápky je též ovlivněna věkem. S věkem nosnic dochází k postupnému ztenčování skořápky, tím pádem i ke snižování procentuálního zastoupení skořápky z hmotnosti celého vejce (Ledvinka a Klesalová, 2002). Také Bozkurt a Tekerli (2009) konstatují, že s věkem dochází ke snižování tloušťky vaječné skořápky. Na druhou stranu Zita a kol. (2009) prokázali, že s věkem nosnic se zvyšuje tloušťka skořápky, ale snižuje se intenzita jejího zbarvení.

Vnitřní kvalita vajec je též ovlivněna věkem nosnic, vejce snesená na začátku snáškového cyklu mají vyšší hodnoty Haughových jednotek, indexu bílku i žloutku a výšky bílku (Bozkurt a Tekerli, 2009). Krawczyk (2009) a Tůmová a Ledvinka (2009) se shodují na

tom, že s věkem nosnic se zvyšuje hmotnost žloutku rychleji než hmotnost bílku. Krawczyk (2009) dále uvádí, že čím starší je vejce, tím menší obsah cholesterolu ve žloutku má.

Molnár a kol. (2016) pozorovali změny v kvalitě vajec v poslední fázi snáškového cyklu a zkoumali potenciál prodloužení snáškového cyklu. Po 60. týdnu věku se zvýšila každý týden hmotnost vejce o 0,07 g, zatímco index tvaru se snížil o 0,04. Haughovy jednotky se také snižovaly a to o 0,38. Procentuální podíl bílku z vejce zaznamenal každý týden zvýšení o 0,02 %, zatímco procentuální podíl žloutku z vejce zůstal beze změn. Procentuální podíl skořápky z vejce se naopak snižoval, o 0,02 %. Přestože měl věk nosnic významný vliv na většinu vlastností kvality vajec, tak byla kvalita vajec na konci snášky přijatelná, což naznačuje potenciál pro prodloužení snáškového cyklu.

3.5.2. Vnější faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec

3.5.2.1. *Typ ustájení*

Typ ustájení nosnic patří mezi nejdůležitější vnější faktory ovlivňující kvalitu vajec (Tůmová, 2007). V současnosti převládá produkce vajec z obohacených klecových systémů ustájení. Směrnice Evropské komise 1999/74/EC zakazuje od 1. 1. 2012 chov slepic v neobohacených klecích. Pro chov je tedy nutné využít obohacené klece či alternativní systémy ustájení, mezi které se řadí podestýlkový, výběhový a voliérový systém chovu (Tůmová a kol., 2009). Systém chovu ovlivňuje různé parametry kvality vajec (Tůmová, 2007).

Výrazně se rozdílný systém ustájení (podestýlka, výběhový chov, klecový chov) projevuje u kvality skořápky. Obecně platí, že vejce s vyšší kvalitou skořápky pocházejí z klecových chovů. Tato vejce obvykle mají vyšší tloušťku i pevnost skořápky (Tůmová, 2007). Basmacioglu a Ergul (2005) uvádějí, že vejce od nosnic z podestýlkových chovů se vyznačují vyšší hmotností bílku než vejce od nosnic z klecových chovů. Naopak Tůmová a Ebeid (2005) udávají, že vyšší podíl bílku mají vejce od nosnic z klecových chovů v porovnání s vejci od nosnic z podestýlkových chovů, přestože byly rozdíly minimální. Zemková a kol. (2007) uvádějí, že kvalitu žloutku, ale i koncentraci cholesterolu také značně ovlivňuje systém ustájení. Nejnižší koncentrace cholesterolu ve vejci i vaječném žloutku byla ve vejcích z obohacených klecí, naopak nejvyšší koncentrace cholesterolu byla ve vejcích z podestýlkových chovů.

Yilmaz Dikmen a kol. (2017) sledovali vliv ustájení na kvalitu vajec. Konkrétně zkoumali vliv konvenčních klecí, obohacených klecí a volného chovu na vnitřní i vnější parametry kvality vajec nosnic Lohmann Brown. U těchto vajec byly sledovány různé parametry kvality, mezi které patří hmotnost vejce, skořápky, žloutku, bílku, tloušťka a pevnost skořápky, index tvaru, index žloutku a bílku, podíl skořápky, žloutku a bílku z vejce, barva žloutku a Haughovy jednotky. Nejvyšší hmotnost vajec, ale i hmotnost všech vaječných částí, byla zjištěna u vajec z výběhového chovu. Nejvyšší hodnoty indexu žloutku a bílku a Haughových jednotek byly také naměřeny u vajec z výběhového chovu. Pevnost a tloušťka skořápky, barva žloutku a podíl skořápky, žloutku a bílku z vejce vykazovaly ve všech systémech chovu velmi podobné výsledky. Autoři došli k závěru, že vejce z výběhového chovu měla celkově lepší kvalitu než vejce z konvenčních a obohacených klecí.

Systém ustájení také významně ovlivňuje celkový počet mikroorganismů na povrchu vajec a mikrobiální kontaminaci bakteriemi *Enterococcus* a *Escherichia coli*. Nejnižší hodnoty bakteriální kontaminace byly zjištěny u vajec z obohacených a konvenčních klecí. Následovala vejce z voliérových chovů a nejvyšší hodnoty kontaminace byly zjištěny u vajec z podestýlkových chovů. Z těchto výsledků vyplývá, že z hlediska bezpečnosti vajec jsou nejvhodnější volbou obohacené klece (Englmaierová a kol., 2014).

3.5.2.2. Složení krmné směsi a výživa

Krmení a celková výživa nosnic patří k dalším faktorům, které mají výrazný vliv na výslednou kvalitu vajec. Z krmiva přijaté živiny, ale i další látky jsou do vajec transportovány pomocí metabolických změn. Výživa má menší vliv na kvalitu žloutku než na kvalitu bílku (Halaj a Golian, 2011). Nejvíce ze všech vaječných částí je však výživou ovlivněna kvalita skořápky (Lichovníková a Zeman, 2008). Snížení ztrát vajec se zajistí pomocí přidání minerálních látek organického původu do krmné směsi nosnic. Přidáním těchto látek se zvýší především pevnost skořápky, což zajistí vyšší odolnost vajec (Puyalto a Mallo, 2014).

Na tloušťku, ale i na pevnost skořápky má značný vliv množství přijatých minerálních látek nosnicí z krmiva. Pravděpodobně nejdůležitější minerální látkou pro tvorbu vejce je vápník (Zelenka a kol., 2007). Vápník nehraje klíčovou roli pouze při tvorbě skořápky, ale je velmi důležitý i pro růst a správnou funkci kostí (Ahmadi a Rahimi, 2011). Právě z těchto důvodů by krmná směs měla obsahovat dostatečné množství vápníku. Zároveň by vápník měl být v krmivu v takové formě, aby mohl být nosnicemi efektivně využit. Před začátkem

snáškového období je u nosnic vyšší potřeba vápníku, proto je důležité zajistit adekvátní množství vápníku v krmné dávce (Nys, 1999). V průběhu snáškového cyklu však dochází k postupnému snižování využití přijatého vápníku, tím pádem se snižuje i kvalita vaječné skořápky. Nejběžněji se vápník nosnicím přidává do krmné směsi ve formě krmného vápence (Zelenka a kol., 2007).

Fosfor představuje další významnou minerální látku, která je důležitá pro kvalitu skořápky. Důležitý je především poměr fosforu a vápníku, který by se měl ideálně pohybovat okolo hodnoty 1 : 7 (Liu a kol., 2007). Ledvinka a Klesalová (2002) uvádějí, že pro produkci kvalitních vajec je dostatečný obsah vápníku 3 – 3,5 % a obsah fosforu 0,45 % v krmné směsi. Dále udávají, že s věkem nosnic se snižují nároky na obsah fosforu v krmné směsi. Zelenka a kol. (2007) dodávají, že nenahraditelnou úlohu pro tvorbu skořápky představuje vitamin D3, který je zodpovědný za vstřebávání a využití vápníku i fosforu.

Složení krmné směsi samozřejmě ovlivňuje také barvu žloutku. Mezi nejvýznamnější složky krmiva, které mají hlavní vliv na barvu žloutku, se řadí karotenoidy. Nosnice nedokáží syntetizovat pigmenty z karotenoidních barviv, avšak jsou schopné je ukládat do žloutku. Jedním ze základních zdrojů karotenoidů je bezesporu kukuřice, která zpravidla tvoří hlavní složku krmných směsí. Mnohdy jsou pro zlepšení barvy žloutku do krmných směsí přidávána různá přírodní barviva. Jako příklad lze uvést např. barvivo annatto (Tang a kol., 2015).

Význam ve výživě nosnic mají aminokyseliny, které mimo jiné ovlivňují také produkci vajec. Na hmotnost vajec mají vliv především lysin, methionin a tryptofan. Při nedostatku některé z aminokyselin v krmné směsi dochází k navýšení spotřeby krmiva. Nedostatečná rovnováha mezi danými aminokyselinami v krmné směsi může přispívat ke snížení spotřeby krmiva, proto je nezbytné sledovat jednotlivé aminokyseliny, jejich množství a vztahy mezi nimi (Tůmová, 2007).

Velmi důležitou roli u kvality vajec představuje také kvalita vody, která ovlivňuje především kvalitu vaječné skořápky. Voda, která se používá pro napájení nosnic, musí být zdravotně nezávadná a musí splňovat všechny hygienické požadavky. Teplota vody má pro nosnice také zásadní vliv, zejména při vyšších teplotách prostředí. Při nadměrné teplotě vody nosnice snižují její příjem, v některých případech může dojít i k tomu, že nosnice přestanou pít úplně (Ahmadi a Rahimi, 2011).

3.5.2.3. *Podmínky prostředí*

Teplota prostředí je jedním z nejdůležitějších faktorů vnějšího prostředí, který má vliv na kvalitu vajec. Ovlivňuje zejména kvalitu skořápky, počet snesených vajec, jejich hmotnost a také velikost. S teplotou také souvisí spotřeba krmiva, která má také výrazný vliv na výslednou kvalitu snesených vajec. Drůbež je citlivá na změny a kolísání teplot okolního prostředí. To je způsobeno především tím, že nejen drůbež, ale ptáci obecně, postrádají schopnost potit se. Také celková termoregulace se výrazně liší od termoregulace, kterou disponují savci (Nagy a kol., 2009).

Teplota, která se pohybuje v rozmezí od 20 do 22 °C, je považována za optimální. Pro nosnice chované v klecových chovech jsou vhodnější vyšší teploty z daného rozmezí, tedy teploty dosahující 22 °C, zatímco pro nosnice chované na podestýlce jsou vhodnější teploty nižší, tedy teploty, které dosahují hranice 20 °C (Ledvinka a Klesalová, 2002). Vysoké teploty prostředí způsobují snížení produkce vajec, hmotnosti vajec, ale také zhoršení pevnosti vaječné skořápky (Travel a kol., 2010). Také Ahmadi a Rahimi (2011) konstatují, že vliv vysokých teplot může mít negativní vliv na kvalitu vajec, konkrétně na velikost vajec a kvalitu skořápky. Ledvinka a Klesalová (2002) uvádějí, že negativní vliv na kvalitu vajec může mít i pokles teploty. Při snížení teploty prostředí o pouhé 3 °C dochází k poklesu hmotnosti vejce o 1 gram.

Také je třeba brát v potaz roční období, které ovlivňuje produkci jak přímo, tak i nepřímo. Přímé vlivy (zejména vysoké letní teploty) mají za následek snížení kvality skořápky. Nepřímé vlivy (také se jedná především o vysoké letní teploty) způsobují snížení v příjmu krmiva, který vede ke snížení hmotnosti a počtu snesených vajec (Nikolova a kol., 2012). Už při teplotách od 27 °C dochází ke snížení hmotnosti žloutku, ale i produkce vajec (Yoshida a kol., 2011). Teplota prostředí má také vliv na dobu, kterou setrvá vejce ve vejcovodu nosnice. Při teplotě 22 °C je vejce ve vejcovodu nosnice průměrně 25,6 hodin. Při teplotách, které přesahují 30 °C tento proces trvá prokazatelně déle (až o 2,1 hodiny). Vejce, která jsou ve vejcovodu nosnice delší dobu, se vyznačují menšími rozměry a horší kvalitou skořápky.

Zhoršení kvalitativních vlastností vajec ovlivňuje kromě teploty také vysoká relativní vlhkost prostředí. Jako optimální relativní vlhkost vzduchu se uvádí hodnota, která je v rozmezí 60 – 75 %. Pokud je relativní vlhkost vzduchu vyšší, tak se zvyšuje riziko výskytu průsvitných míst na skořápce. Tato místa se vyznačují tím, že je v nich skořápka tenčí, a tím pádem i křehčí (Ledvinka a kol., 2007).

Ventilace je rovněž z hlediska kvality vajec významná. Zejména při vyšších teplotách okolního prostředí má dostatečná ventilace pozitivní vliv na produkci a kvalitu snesených vajec. Při nižších teplotách je dostatečná ventilace, která dosahuje hodnot okolo 0,5 m/s. Při vyšších teplotách se doporučuje, aby byla ventilace přibližně 3 m/s (Ruzal a kol., 2011).

3.5.2.4. Kontaminace vajec

Kontaminovaná vejce mohou způsobit zdravotní problémy či dokonce vážná onemocnění spotřebitele, proto je velmi důležité, aby se kontaminaci vajec zabránilo. Je tedy nutné dodržovat správné postupy během všech kroků produkce vajec. Nemoci mohou být způsobeny mikrobiální nebo chemickou (toxickou) kontaminací vajec (Zaheer, 2015). Při kontrolách kontaminace vajec jsou nejčastěji sledovány salmonely, především je pozorován výskyt bakterie *Salmonella enteritidis* (De Reu a kol., 2008). Salmonely, kterých bylo dosud objeveno více než dva tisíce typů, se řadí do kategorie střevních bakterií. Riziko infekce bakterií *Salmonella enteritidis* vzniká zejména při konzumaci nedostatečně tepelně upravených nebo syrových vajec (Mughini-Gras a kol., 2014).

Mikrobiálními kontaminanty vajec jsou nejčastěji enterobakterie. Největší hrozbu představuje *Salmonella enteritidis*. Obsah vajec je obvykle vhodným médiem pro růst bakterií, a proto je riziko kontaminace vajec patogenními bakteriemi jedním z hlavních problémů produkce vajec (Zaheer, 2015). Mikrobiální kontaminace vajec může nastat dvěma způsoby. Prvním způsobem mikrobiální kontaminace je endogenní neboli primární kontaminace, která pochází přímo z těla nakažené nosnice. Druhým způsobem je exogenní neboli sekundární kontaminace, při které dochází ke kontaminaci z vnějšího prostředí (Görner a Valík, 2004).

Chemické kontaminanty pocházejí buď ze zbytků zamýšlených ošetření zahrnujících veterinární léčiva či doplňky výživy, nebo z neúmyslných kontaminantů životního prostředí jako jsou například dioxiny, furany nebo polychlorované bifenyly. Ošetření pomocí léčiv a doplňků výživy je regulováno podle toxicity daného léčiva a jeho účinnosti založené na maximálních limitech reziduí, léčbě a ochranných lhůtách. Všechna vejce vyprodukovaná během léčby nosnice a ochranných lhůt pro odvykání jsou nevhodná pro lidskou spotřebu a musí být vyřazena. Některé léky jsou zakázány a nesmí být vůbec používány při výrobě jakýchkoliv potravin. Chemická kontaminace z prostředí může vznikat při příjmu kontaminované půdy, krmiva nebo vody. Většinou se jedná o kontaminaci pesticidy, které jsou používané v zemědělství (Zaheer, 2015).

Obecně lze říci, že mikrobiální kontaminace vajec je nižší u vajec z klecových chovů než u vajec z alternativních typů chovů, nicméně vliv systému chovu na kontaminaci je variabilní (De Reu a kol., 2008). Tůmová (2007) se shoduje s obecným tvrzením, že se nižší míra kontaminace vyskytuje u vajec z klecových chovů v porovnání s vejci z chovů neklecových. Také Englmaierová a kol. (2014) potvrzují významný vliv typu ustájení na kontaminaci vajec. Nejnižší hodnoty mikrobiální kontaminace byly zjištěny u vajec pocházejících z obohacených klecí (3,98 log KTJ/vejce), naopak nejvyšší míra kontaminace byla zjištěna u vajec z podestýlkových chovů (6,24 log KTJ/vejce). Konkrétně sledovali výskyt bakterií rodu *Enterococcus* a bakterií *Escherichia coli*. Samiullah a kol. (2014) došli k závěru, že celková zátěž vajec bakteriemi a enterobakteriemi byla u pozorovaných vajec relativně nízká a zároveň také dodávají, že k vyšší bakteriální kontaminaci dochází u vajec z výběhového chovu než u vajec z klecového chovu. Naopak De Reu a kol. (2008) zjistili, že rozdíly v kontaminaci vajec z různých typů chovů nejsou příliš velké.

Kodex hygienické praxe pro vejce a výrobky z vajec doporučuje postupy pro primární produkci, třídění, skladování, přepravu, zpracování a distribuci vajec pro lidskou spotřebu. Obecně se tento dokument zabývá klíčovými aspekty hygieny při kontrole a prevenci kontaminace vajec a vaječných výrobků (Zaheer, 2015).

3.5.2.5. *Skladování*

Podmínky a doba skladování také patří mezi faktory, které mají přímý vliv na výslednou kvalitu vajec. Při skladování hraje roli zejména teplota a vlhkost prostředí a doba skladování (Tůmová a kol., 2009). Zajištěním vhodných skladovacích podmínek je možné zpomalit procesy uvnitř i na povrchu vajec a prodloužit tím jejich životnost. Dlouhodobým skladováním vajec se zvyšuje nejen riziko mikrobiální kontaminace, ale také se výrazně zhoršuje kvalita vajec a všech jejich komponentů (skořápky, bílku i žloutku). Konkrétně dochází ke snížení především nutriční hodnoty vajec, stravitelnosti vajec a aktivity lysozymu (Nedomová a Simeonovová, 2010).

Doba skladování a teplota prostředí negativně působí na hmotnost vajec, indexy bílku i žloutku a Haughovy jednotky (Bozkurt a Tekerli, 2009). Také Akyurek a Okur (2009) konstatují, že doba skladování a teplota během skladování značně ovlivňují zejména hmotnost vajec a dodávají, že pouze použitím nízkých teplot při skladování je možné docílit určité čerstvosti a kvality vajec. Nedomová a Simeonovová (2010) potvrzují tvrzení, že vyšší teploty

při skladování způsobují snížení hodnot Haughových jednotek. Během skladování se snižuje hmotnost bílku, hmotnost žloutku se naopak lehce zvyšuje. Se zvyšující se skladovací teplotou se snižuje výška bílku. Také na pH mají negativní vliv vyšší teploty při skladování, zejména pH bílku se během skladování zvyšuje. Rozdíly v hodnotách pH u žloutku nejsou tolik znatelné jako u bílku (Samli a kol., 2005). Obecně platí, že změny ve vejcích, které vznikají v průběhu skladování, více ovlivňují vaječný bílek než vaječný žloutek (Tůmová a kol., 2009).

Nedomová a Simeonovová (2010) dále pozorovaly kvalitativní znaky u vajec, která byla skladována až do doby čtyř týdnů od snesení. Vejce byla vystavena rozdílným skladovacím teplotám (4 °C, 8 °C a 12 °C) a byly sledovány rozdíly v kvalitě vajec skladovaných v těchto daných teplotách. Nejlepší výsledky byly u vajec, která byla skladována při teplotě 4 °C. Vejce, která byla skladována při této teplotě, měla nejlepší hodnoty týkající se uchování kvalitativních znaků. To je způsobeno tím, že při této skladovací teplotě bylo dosaženo ideálních skladovacích podmínek, a proto docházelo k nejpomalejším změnám vaječného obsahu, které jsou nežádoucí. Problém skladování vajec v této teplotě může však představovat přesun vajec do teplejšího prostředí (např. při nákupu). Při přesunu vajec z prostředí s nízkou teplotou do prostředí s výrazně vyšší teplotou může dojít k nežádoucímu orosení vajec, které zvyšuje riziko vzniku plísní na povrchu vajec. Tento problém by mohl nastat zejména v letních měsících.

3.6. Abnormality a vady vajec

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

3.6.1. Vnitřní abnormality a vady vajec

3.6.1.1. *Krevní skvrny*

Krevní skvrny patří spolu s masovými skvrnami mezi nejvýznamnější vnitřní vady vajec (Leeson a Summers, 2001). Jedná se o krevní sraženiny vzniklé při krvácení malých cév vaječnicku či vejcovodu během ovulace. Zpravidla se krevní skvrny nacházejí ve žloutku, ale v některých případech se mohou vyskytovat i v bílku (Alsobayel a Albadry, 2011). Přestože krevní skvrny nezpůsobují žádné změny ve výživové hodnotě vajec, tak mají na spotřebitele

negativní vliv. Důsledkem jsou pak nemalé ekonomické ztráty (Leeson a Summers, 2001). Při výraznějším mechanickém poškození vejcovodu nosnice dochází ke znečištění celého vnitřního obsahu vejce krví. Takto znečištěná vejce musí být bezpodmínečně vyřazena (Ledvinka a Klesalová, 2003)

Na výskyt krevních skvrn má vliv celá řada faktorů, mezi které se řadí především genotypová příslušnost nosnic, jejich věk a v neposlední řadě také výživa. Největší vliv na výskyt a počet krevních skvrn má genotyp. Nejvýraznější rozdíly lze pozorovat mezi vejci od hnědovaječných a bělovaječných nosnic. U vajec s bílou skořápkou se krevní skvrny vyskytují s 2 – 3 krát nižší četností než u vajec s hnědou skořápkou. Také prodlužujícím se snáškovým cyklem se zvyšuje výskyt krevních skvrn ve vejcích. Výskyt krevních skvrn lze snížit přidáním vitamínu A do krmné směsi nosnic (Honkakukia a kol., 2011).

3.6.1.2. Masové skvrny

Masové skvrny se objevují na rozdíl od krevních skvrn zejména ve vaječném bílku. Jedná se o uvolněné části tkáně vejcovodu (King'ori, 2012). Masové skvrny se objevují v různých barvách, nejčastějšími barvami jsou hnědá, světle šedá a černá (Ledvinka a Klesalová, 2003). Jejich výskyt je častější než výskyt krevních skvrn a nastává v průběhu ovulačního procesu buď ve vaječniku, nebo ve vejcovodu nosnice (King'ori, 2012). Masové skvrny, stejně jako krevní skvrny, mají také negativní vliv na spotřebitele. Kromě toho výskyt masových skvrn způsobuje větší riziko bakteriální kontaminace celého vaječného obsahu (Honkakukia a kol., 2011).

Také na výskyt masových skvrn má vliv především genotypová příslušnost nosnic. Dále se na výskytu masových skvrn podílí velkým dílem dědivost (Ledvinka a Klesalová, 2003). Výraznější změny prostředí (např. teplotní změny) mají také za následek zvýšený výskyt masových i krevních skvrn. Výskyt masových i krevních skvrn se zejména v posledním období výrazně snížil. Především v komerčních chovech je výskyt skvrn ve vejcích velmi nízký, konkrétně nedosahuje ani 1 % (Honkakukia a kol., 2011).

3.6.1.3. Dvoužloutková vejce

Vejce s tzv. dvoužloutkem je vejce, které, jak již vyplývá z názvu, obsahuje dva žloutky. Vznik dvoužloutku může nastat dvěma způsoby. První možností je, že ovulace nastane příliš

rychle. Druhou možností je, že dojde k zaseknutí žloutku ve vejcovodu, ke kterému se následně připojí další žloutek. Vejce s dojitým žloutkem snášejí spíše mladé nosnice. Důvodem je jejich ještě ne zcela synchronizovaný snáškový cyklus (King'ori, 2012). Z toho vyplývá, že s věkem nosnic se snižuje produkce vajec s dvěma žloutky. Vyšší výskyt vajec s dvoužloutkem je typičtější pro těžší plemena a také pro těžší vejce (Wolc a kol., 2012).

3.6.2. Vnější abnormality a vady vajec

Nejčastějšími vnějšími vadami vajec jsou mechanické poškození skořápky, tvarové abnormality a znečištění povrchu vajec. K mechanickému poškození dochází zejména u vajec s tenkou skořápkou. Nepravidelný sběr vajec a nevhodná manipulace také zvyšují riziko poškození (Puyalto a Mallo, 2014).

Vejce, která mají poškozenou skořápkou, jsou snášena v průběhu celého snáškového období pravidelně. V době, kdy nosnice dosahují vrcholu své snášky, dochází k tomu, že se zvyšuje počet snesených vajec s různými tvarovými deformacemi. Po dosažení snáškového vrcholu se snáška deformovaných vajec opět snižuje. S věkem nosnic se také zvyšuje počet znečištěných vajec (Wolc a kol. 2012).

Ztráty, které vznikly v důsledku různých mechanických poškození vajec, představují přibližně 5 – 7 % z celkové celosvětové produkce. Z této hodnoty jsou 2 – 3 % vajec poškozena již v průběhu snášky, zbytek je poškozen až po snesení při manipulaci. Vejce s vnějším poškozením tvoří cca 10 % z celkové celosvětové produkce, zatímco vejce s vnitřním poškozením tvoří pouze cca 1 % (King'ori, 2012).

4. Materiál a metodika

4.1. Charakteristika podniku

Podnik MAVE Jičín byl založen už v sedmdesátých letech dvacátého století, avšak akciová společnost nesoucí stejný název, která se nyní skládá ze čtyř závodů (Soběraz, Vršce, Dřevěnice a Pševy), vznikla až v roce 1991. Tato společnost se věnuje především produkci vajec, jatečných prasat a selat. Dále se také zabývá výrobou a aplikací statkových hnojiv, přepravními službami, obchodní činností či maloobchodním prodejem.

Závod v Soběrazi se je zaměřen na produkci konzumních vajec a výrobu vaječné melanže. Tento závod zahrnuje i odchovnu kuřic, která má kapacitu až 120 000 kusů. Kuřice jsou do podniku dodávány specializovanými firmami už ve věku jednoho dne. Následuje odchov až do věku 16 týdnů, poté jsou přesunuty do snáškových hal. Kuřice jsou samozřejmě během trvání celého odchovu podrobovány přísné veterinární kontrole, a to jak od SVS v Jičíně, tak i od soukromého veterináře. Osvědčený vakcinační program napomáhá přípravě kuřic na bezproblémovou snášku.

Nosnice jsou chovány ve středisku ve Lháni, které spadá pod závod Soběraz. Slepice jsou zde chovány v obohacených klecích, které napomáhají k nadstandardním výrobním výsledkům i k nejvyšší míře pohodlí zvířat. Snáška většinou přesahuje užitek nosnic dle technologických údajů od dodavatelů. Kapacita chovných hal je omezena na 95 000 kusů nosnic, které ročně vyprodukují okolo 25 milionů kusů vajec. Označení provozovny, které naleznete na každém vejci, je pro lháňskou provozovnu CZ52020414.

Další součástí závodu Soběraz je jeho stejnojmenné středisko. Nosnice jsou zde ustájeny v chovných halách s kapacitou 189 000 kusů a produkce vajec z tohoto provozu je okolo 55 milionů kusů vajec za rok. Středisko je také vybaveno moderní třídírnou vajec, skladem a v neposlední řadě také výrobnou melanže (MAVE Jičín, 2017).

4.2. Systém chovu

Podnik MAVE Jičín využívá pro chov nosnic snáškové haly od společnosti VIBOX, přičemž každá z těchto hal má kapacitu až 15 600 nosnic. Jednotlivé haly jsou vybaveny obohacenými klecemi o rozměrech 240 cm x 82 cm x 45 (54) cm, první rozměr udává délku, druhý šířku a třetí výšku (v nejnižším, respektive v nejvyšším bodě) klece. V každé jedné kleci

bylo chováno 26 kusů nosnic, což představuje plochu 757 cm² na jednu nosnici. Předpisy EU stanovují nejmenší možnou plochu na jednu nosnici na 750 cm², z čehož je patrné, že hodnoty požadované EU předpisy byly beze zbytku splněny.

Technologické vybavení obohacených klecí zahrnuje systém krmení a napájení, systém odklizení trusu a rovněž i systém určený pro sběr vajec. Pro krmení byla využita technologie krmných řetězců umístěných uvnitř klecí. Napáječky byly využity kapátkové, šest kusů na jednu klec. Odklizení trusu se uskutečňovalo dvakrát týdně prostřednictvím trusných pásů, které jsou umístěny v každém patře obohacených klecí. Z trusných pásů je trus odváděn do kontejnerů. Sběr vajec a procesy s ním související (třídění, balení, expedice) se dělají denně.

Podmínky světelného režimu zahrnující rovněž intenzitu osvětlení byly uzpůsobeny tak, aby odpovídaly podmínkám, jež jsou uvedeny v technologickém návodu příslušného hybrida. V průběhu celého cyklu se nosnice vakcinují. První kontrola na salmonelózu proběhla u nosnic ve věku 22 týdnů. V následujícím období se tato kontrola opakovala v pravidelných intervalech, každých patnáct týdnů. Kontrola na salmonelózu se dělala z trusu a z trusných pásů. Podrobnější informace k vakcinačnímu programu jsou nedostupné, neboť se jedná o ryze interní záležitost daného podniku.

Podnik MAVÉ Jičín produkuje vlastní krmné směsi, jejichž základ tvoří pšenice, kukuřice a sójový extrahovaný šrot. Krmné směsi si podnik míchá na základě svých vlastních receptur. V rámci sledovaného období byla zkrmována krmná směs s označením N2, která obsahovala 161 g/kg dusíkatých látek a 11,40 MJ metabolizovatelné energie.

Věk nosnic (kuřic) při naskladnění do snáškových hal byl 15 týdnů. Vyskladňování probíhá přibližně ve věku 72 týdnů. Likvidace nosnic může být prováděna dvěma způsoby. První možností, která je ovšem velmi omezená a představuje jen velmi malé procento, je rozprodej nosnic. Druhý, podstatně rozšířenější způsob, je odvoz nosnic na jatka. Podnik MAVÉ Jičín za tímto účelem využívá jatka v sousedním Německu.

4.3. Charakteristika genotypů

Do pozorování byly zařazeny dva genotypy hnědovaječných slepic nosného typu, ISA Brown a Hy-Line Brown.

4.3.1. ISA Brown

ISA Brown patří mezi nosné hybridy. Pro nosnice tohoto genotypu je typická vysoká užitkovost a ziskovost (Hendrix Genetics, 2018).

Tabulka č. 1: Základní informace o užitkovosti nosnic ISA Brown (Hendrix Genetics, 2018)

Období (0 – 17 týdnů)	
Životaschopnost (%)	97,5
Živá hmotnost v 5 týdnech (g)	390
Živá hmotnost v 17 týdnech (g)	1460
Spotřeba krmiva v 17 týdnech (kg)	6
Období (18 – 90 týdnů)	
Životaschopnost (%)	94
Věk při 50% snášce (dny)	144
Vrchol snášky (%)	96
Průměrná hmotnost vejce (g)	62,9
Snáška na počáteční stav (ks)	409
Vaječná hmota na počáteční stav (kg)	25,7
Průměrná spotřeba krmiva na krmný den (g)	111
Konverze krmiva	2,15
Živá hmotnost v 90 týdnech věku (g)	2015

ISA Brown patří mezi spolehlivé hybridy, které se vyznačují kromě vysoké snášky také velmi dobrou konverzí krmiva. Nosnice ISA Brown jsou považovány za velice univerzální, jsou schopny se bezproblémově přizpůsobit všem typům ustájení i chovu v různých teplotních podmínkách. Nosnice této genotypové příslušnosti je vhodné využívat v delších snáškových cyklech, a to především díky ideální velikosti vajec, kvalitě skořápky a vytrvalosti ve snášce. Pro jejich vzhled je typické jantarově hnědé zbarvení peří, měděná barva očí a naklopený jednoduchý hřeben (Hendrix Genetics, 2018).

4.3.2. Hy-Line Brown

Hy-Line Brown také patří do skupiny nosných hybridů (Hy-Line, 2018).

Tabulka č. 2: Základní informace o užitkovosti nosnic Hy-Line Brown (Hy-Line, 2018)

Období (0 – 17 týdnů)	
Životaschopnost (%)	98
Živá hmotnost v 5 týdnech (g)	360
Živá hmotnost v 17 týdnech (g)	1440
Spotřeba krmiva v 17 týdnech (kg)	5,94
Období (18 – 110 týdnů)	
Životaschopnost (%)	95
Věk při 50% snášce (dny)	140
Vrchol snášky (%)	95,5
Průměrná hmotnost vejce (g)	61,5
Snáška na počáteční stav (ks)	510 – 528
Vaječná hmota na počáteční stav (kg)	25,5
Průměrná spotřeba krmiva na krmný den (g)	108,5
Konverze krmiva	1,97
Živá hmotnost v 110 týdnech věku (g)	2000

Pro nosnice genotypu Hy-Line Brown je typická, stejně jako pro nosnice ISA Brown, vysoká produkce vajec a dobrá konverze krmiva. Obecně lze říci, že nosnice tohoto genotypu se velmi podobají vzhledem i chováním nosnicím ISA Brown. Nosnice Hy-Line Brown produkují v porovnání s nosnicemi ISA Brown větší počet vajec, ale jejich vejce jsou menší a lehčí (Hy-Line, 2018).

4.4. Rozbory vajec

Vejce, která byla při rozbořech sledována pocházela od nosnic z obohacených klecí z farmy MAVÉ Jičín. Byla porovnávána vejce od nosnic ISA Brown a Hy-Line Brown po dovršení vrcholu snášky a ve druhé fázi snáškového cyklu, konkrétně se jednalo o vejce od nosnic ve věku od 36. do 64. týdne. Vejce byla v tomto sledovaném období sbírána v pravidelných intervalech (každé čtyři týdny) z různých míst snáškových hal. Vejce byla skladována při konstantní teplotě 6 °C a následující den byla podrobena rozborům v laboratoři Katedry speciální zootechniky na České zemědělské univerzitě v Praze. Během rozborů bylo celkem vyhodnoceno 1440 ks vajec od každého genotypu. V laboratoři byly u vajec stanoveny následující parametry určující technologickou hodnotu vajec:

Hmotnost vejce (g)

Hmotnost vejce byla stanovena pomocí digitálních laboratorních vah značky Ohaus Portable Advanced, Model No. CT600V, Florham Park, N. J. 0732, US.

Index tvaru vejce (%)

Index tvaru vajec byl stanoven pomocí vzorce $I_v = (\check{s}/d) \cdot 100$. Hodnoty pro výpočet byly získány měřením délky (d) a šířky (š) vejce. Hodnoty délky a šířky vejce byly stanoveny v milimetrech. K měření bylo použito elektronické posuvné měřidlo značky JOBI® profi.

Hmotnost skořápky (g)

Hmotnost skořápky po vysušení byla stanovena pomocí digitálních laboratorních vah značky Ohaus Portable Advanced, Model No. CT600V, Florham Park, N. J. 0732, US.

Podíl skořápky (%)

Podíl skořápky byl stanoven pomocí výpočtu z hmotnosti celého vejce a hmotnosti skořápky.

Tloušťka skořápky (mm)

Tloušťka skořápky byla stanovena pomocí digitálního mikrometru Digimatic Outside Micrometer, Mitutoyo Corporation, Japan. Tloušťka skořápky byla měřena u nevysušených skořápek v jejich středu a bez podskořápečných blan.

Pevnost skořápky (N/cm²)

Pevnost skořápky byla stanovena pomocí destruktivní metody, kdy byla měřena potřebná síla potřebná k prasknutí skořápky. Pro tuto analýzu byl využit přístroj Instron Universal Testing Machine (model 3342; Instron Ltd., US).

Barva skořápky (%)

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

Hmotnost bílku (g)

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

Podíl bílku (%)

Podíl bílku byl stanoven pomocí výpočtu z hmotnosti celého vejce a hmotnosti bílku.

Index bílku (%)

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

Haughovy jednotky (%)

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

Hmotnost žloutku (g)

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

Podíl žloutku (%)

Podíl žloutku byl stanoven pomocí výpočtu z hmotnosti celého vejce a hmotnosti žloutku.

Index žloutku (%)

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

Barva žloutku

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

4.5. Statistické vyhodnocení

Ke statistickému vyhodnocení získaných hodnot z rozborů vajec byl použit počítačový program SAS (SAS Institute Inc. 2011. SAS User's Guide. Statistics. Version 9.4 ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC, US). Byl hodnocen vliv genotypu a věku na vybrané parametry technologické hodnoty vajec, to vše za pomoci smíšených modelů využívajících smíšený postup SAS:

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

kde y_{ijk} je hodnota znaku, G_i je vliv genotypu, V_j je vliv věku, $(G*V)_{ij}$ je vliv interakce mezi genotypem a věkem, e_{ijk} je náhodná chyba. Interakce mezi genotypem a věkem byly vypočítány, ale nebyly dále komentovány z důvodu obsáhlosti výsledků.

Význam rozdílů mezi skupinami byl testován vícečetným Duncanovým testem. Hodnota $P \leq 0,05$ byla považována za statisticky významnou u všech měření. Hodnoty označené jinými písmeny horního indexu v každém sloupci, u daného faktoru, jsou průkazně rozdílné.

5. Výsledky

Výsledné hodnoty ze sledování vlivu genotypu a věku nosnic na technologickou hodnotu vajec byly získány pomocí laboratorních rozborů. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulkách č. 3 – 6.

Tabulka č. 3: Vybrané parametry technologické hodnoty vejce v závislosti na genotypu a věku (průměr ± SD)

		Parametr	
		Hmotnost vejce (g)	Index vejce (%)
Věk (týdnů)	36	65,77 ^d ± 5,87	77,33 ^{ab} ± 2,98
	40	68,45 ^c ± 5,84	77,79 ^a ± 2,56
	44	67,82 ^c ± 6,70	76,71 ^{bcd} ± 2,62
	48	69,06 ^{bc} ± 6,83	76,58 ^{cd} ± 2,71
	52	68,12 ^c ± 6,46	77,08 ^{bc} ± 2,42
	56	70,17 ^b ± 5,86	76,49 ^{cd} ± 2,72
	60	72,26 ^a ± 4,84	76,28 ^{de} ± 2,89
	64	71,89 ^a ± 5,16	75,66 ^c ± 2,82
Genotyp	ISA	71,72 ^a ± 5,05	77,62 ^a ± 2,60
	Hy-Line	66,66 ^b ± 6,40	75,86 ^b ± 2,68
Průkaznost	Věk	0,0001	0,0001
	Genotyp	0,0001	0,0001
	Věk * Genotyp	0,0001	0,0014
SEM		0,203	0,090

Hodnoty označené odlišnými písmeny v každém sloupci, u daného faktoru, jsou průkazně rozdílné ($P \leq 0,05$); SD – Standard Deviation (Směrodatná odchylka); SEM – Standard Error of Mean (Střední chyba průměru)

Tabulka č. 3 udává průměrné hodnoty hmotnosti a indexu tvaru vejce. Z uvedených hodnot je zřejmé, že hmotnost vajec byla signifikantně ($P = 0,0001$) ovlivněna genotypem i věkem nosnic. S věkem nosnic lze pozorovat zvýšení hmotnosti vajec, avšak hodnoty hmotnosti v průběhu sledovaného období značně kolísaly. Nejvyšší hmotnost měla vejce od nosnic ve věku 60 týdnů (72,26 g), naopak nejnižší hmotnost měla vejce od nosnic ve věku 36 týdnů (65,77 g). Průkazný vliv ($P = 0,0001$) genotypu na hmotnost vajec byl zjištěn v průměrné hmotnosti vajec, kdy vejce nosnic ISA Brown byla za celé sledované období průměrně o 5,06 g těžší než vejce nosnic Hy-Line Brown.

Stejně jako hmotnost vejce, také index tvaru vejce byl průkazně ($P = 0,0001$) ovlivněn genotypem i věkem nosnic. Po celou dobu sledovaného období hodnoty indexu tvaru vejce vykazovaly minimální výkyvy. Od druhé poloviny sledovaného období lze pozorovat klesající trend. Nejvyšší index tvaru měla vejce od nosnic ve věku 40 týdnů (77,79 %), nejnižší index tvaru měla vejce od nosnic ve věku 64 týdnů (75,66 %). Signifikantní rozdíl u indexu tvaru vejce byl zjištěn také u genotypu ($P = 0,0001$). Vejce nosnic ISA Brown měla během pozorování průměrně vyšší index tvaru než vejce nosnic Hy-Line Brown, konkrétně o 1,76 procentního bodu.

Průměrné hodnoty sledovaných parametrů týkajících se kvality skořápky uvádí **tabulka č. 4**. Prvním stanovovaným parametrem byla hmotnost skořápky, která byla průkazně ovlivněna jak genotypem, tak i věkem nosnic ($P = 0,0001$). S věkem nosnic se hmotnost skořápky zvyšovala až do věku 60 týdnů, kdy ve věku 52 a 56 týdnů byly naměřeny hodnoty totožné. Ve věku 64 týdnů byl zaznamenán pokles hmotnosti skořápky. Nejvyšší hmotnost skořápky byla u nosnic ve věku 60 týdnů (7,21 g), nejnižší hmotnost skořápky byla u nosnic ve věku 36 týdnů (6,47 g). Prokazatelný vliv genotypu ($P = 0,0001$) je patrný i v průměrné hmotnosti skořápky. Skořápky nosnic ISA Brown byly za celé sledované období průměrně o 0,76 g těžší než skořápky nosnic Hy-Line Brown.

Tabulka č. 4: Vybrané parametry technologické hodnoty skořápky v závislosti na genotypu a věku (průměr ± SD)

		Parametr				
		Hmotnost skořápky (g)	Podíl skořápky (%)	Tloušťka skořápky (mm)	Pevnost skořápky (N/cm ²)	Barva skořápky (%)
Věk (týdnů)	36	6,47 ^f ± 0,72	9,84 ^b ± 0,69	0,339 ^c ± 0,026	40,89 ^{ab} ± 8,54	27,67 ^d ± 4,67
	40	6,73 ^{de} ± 0,79	9,84 ^b ± 0,81	0,340 ^{bc} ± 0,025	40,34 ^{ab} ± 10,52	27,97 ^{cd} ± 4,60
	44	6,69 ^e ± 0,79	9,86 ^b ± 0,61	0,325 ^d ± 0,042	41,71 ^a ± 7,53	28,09 ^{cd} ± 4,23
	48	6,86 ^{cd} ± 0,72	9,95 ^b ± 0,64	0,352 ^a ± 0,028	41,01 ^a ± 8,39	26,94 ^d ± 3,80
	52	7,00 ^{bc} ± 0,66	10,29 ^a ± 0,72	0,351 ^a ± 0,030	40,03 ^{ab} ± 8,33	29,17 ^{bc} ± 4,90
	56	7,00 ^{bc} ± 0,64	9,96 ^b ± 0,74	0,351 ^a ± 0,033	38,65 ^b ± 8,72	30,53 ^a ± 5,27
	60	7,21 ^a ± 0,55	9,99 ^b ± 0,62	0,348 ^{ab} ± 0,028	39,52 ^{ab} ± 8,87	29,84 ^{ab} ± 5,59
	64	7,11 ^{ab} ± 0,60	9,90 ^b ± 0,67	0,323 ^d ± 0,055	38,67 ^b ± 7,98	30,56 ^a ± 4,48
Genotyp	ISA	7,26 ^a ± 0,57	10,13 ^a ± 0,61	0,351 ^a ± 0,035	43,30 ^a ± 8,35	29,40 ^a ± 4,79
	Hy-Line	6,50 ^b ± 0,66	9,77 ^b ± 0,75	0,331 ^b ± 0,035	36,90 ^b ± 7,78	28,29 ^b ± 4,91
Průkaznost	Věk	0,0001	0,0001	0,0001	0,0255	0,0001
	Genotyp	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
	Věk * Genotyp	0,0001	0,0001	0,0001	0,0723	0,0001
SEM		0,023	0,023	0,001	0,280	0,157

Hodnoty označené odlišnými písmeny v každém sloupci, u daného faktoru, jsou průkazně rozdílné ($P \leq 0,05$);

SD – Standard Deviation (Směrodatná odchylka); SEM – Standard Error of Mean (Střední chyba průměru)

Druhým sledovaným parametrem byl podíl skořápky, který byl rovněž signifikantně ovlivněn genotypem i věkem nosnic ($P = 0,0001$). Ze získaných hodnot nelze jednoznačně určit, zda se s věkem podíl skořápky zvyšoval či snižoval. Hodnoty byly v průběhu sledovaného období relativně vyrovnané. Nejvyšší podíl skořápky byl u nosnic ve věku 52 týdnů (10,29 %). Naopak nejnižší podíl skořápky byl u nosnic ve věku 36 a 40 týdnů (9,84 %). Průkazný vliv genotypu ($P = 0,0001$) byl shledán u průměrného podílu skořápky, kdy u nosnic ISA Brown byl v průběhu sledovaného období o 0,36 procentního bodu vyšší než u nosnic Hy-Line Brown.

Jako další byla měřena tloušťka skořápky. Vliv genotypu i věku nosnic na tloušťku skořápky byl také statisticky významný ($P = 0,0001$). Z naměřených hodnot nelze jednoznačně určit, zda se s věkem nosnic zvyšuje či snižuje tloušťka skořápky. Ve sledovaném období docházelo ke zřetelnému kolísání tloušťky skořápky až do věku 48 týdnů, poté se začala tloušťka skořápky snižovat. Nejvyšší tloušťka skořápky byla zjištěna u nosnic ve věku 48 týdnů (0,352 mm), naopak nejnižší hodnoty tloušťky skořápky byly zjištěny u nosnic ve věku 64 týdnů (0,323 mm). Signifikantní vliv genotypu ($P = 0,0001$) na tloušťku skořápky byl zjištěn také. Průměrná tloušťka skořápky nosnic ISA Brown byla o 0,02 mm vyšší než průměrná tloušťka skořápky nosnic Hy-Line Brown.

Dále byla hodnocena také pevnost skořápky. Rovněž pevnost skořápky byla signifikantně ovlivněna genotypem i věkem nosnic. I přes patrné výkyvy ve sledovaném období lze konstatovat, že se pevnost skořápky s věkem snižuje ($P = 0,0255$). Zjevný pokles pevnosti skořápky nastal po 44 týdnech věku. Nejvyšší pevnost skořápky měla vejce od nosnic ve věku 44 týdnů ($41,71 \text{ N/cm}^2$), nejnižší pevnost skořápky měla vejce od nosnic ve věku 56 týdnů ($38,65 \text{ N/cm}^2$). Statisticky významný vliv genotypu ($P = 0,0001$) je také i u průměrné pevnosti skořápky. Nosnice ISA Brown snášely vejce s pevnější skořápkou než nosnice Hy-Line Brown, rozdíl mezi genotypy v průměrné pevnosti skořápky činil $6,4 \text{ N/cm}^2$.

Posledním parametrem, který se u skořápky hodnotil, byla barva skořápky. Barva skořápky, stejně jako všechny ostatní sledované parametry skořápky, byla průkazně ovlivněna genotypem i věkem nosnic ($P = 0,0001$). Barva skořápky během pozorovaného období často kolísala, avšak lze pozorovat, že u starších nosnic se častěji vyskytovala vejce se světlejší skořápkou než u nosnic mladších. Nejtmavší barva skořápky byla naměřena u nosnic ve věku 48 týdnů (26,94 %), nejsvětlejší barva skořápky byla naměřena u nosnic ve věku 64 týdnů (30,56 %). Signifikantní vliv genotypu ($P = 0,0001$) je patrný i u barvy skořápky, kdy je

průměrný rozdíl 1,11 procentního bodu v barvě skořápky nosnic ISA Brown a Hy-Line Brown. Vejce s tmavší skořápkou snášely nosnice Hy-Line Brown.

Tabulka č. 5: Vybrané parametry technologické hodnoty bílku v závislosti na genotypu a věku (průměr ± SD)

		Parametr			
		Hmotnost bílku (g)	Podíl bílku (%)	Index bílku (%)	Haughovy jednotky
Věk (týdnů)	36	42,63 ^e ± 4,35	64,75 ^a ± 1,78	10,87 ^{ab} ± 2,22	89,23 ^{ab} ± 9,36
	40	44,20 ^{cd} ± 4,41	64,51 ^a ± 1,86	11,28 ^a ± 2,11	91,43 ^a ± 7,43
	44	43,72 ^{de} ± 5,02	64,39 ^a ± 1,99	10,68 ^{abc} ± 2,27	89,32 ^{ab} ± 8,75
	48	44,61 ^{cd} ± 4,98	64,55 ^a ± 2,11	10,49 ^{bcd} ± 2,18	88,69 ^{bc} ± 9,67
	52	42,85 ^e ± 5,51	62,73 ^b ± 2,72	9,90 ^d ± 2,39	86,31 ^c ± 9,14
	56	45,31 ^{bc} ± 4,77	64,49 ^a ± 2,28	11,06 ^{ab} ± 2,55	89,44 ^{ab} ± 9,31
	60	46,48 ^a ± 4,01	64,27 ^a ± 2,10	10,15 ^{cd} ± 2,40	86,68 ^c ± 10,38
	64	46,24 ^{ab} ± 4,10	64,27 ^a ± 2,01	10,13 ^{cd} ± 2,30	87,35 ^{bc} ± 9,40
Genotyp	ISA	46,29 ^a ± 4,00	64,50 ^a ± 1,94	10,34 ^b ± 2,20	87,33 ^b ± 8,98
	Hy-Line	42,72 ^b ± 4,96	64,00 ^b ± 2,41	10,80 ^a ± 2,45	89,78 ^a ± 9,49
Průkaznost	Věk	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
	Genotyp	0,0001	0,0001	0,0016	0,0001
	Věk * Genotyp	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
SEM		0,156	0,071	0,076	0,301

Hodnoty označené odlišnými písmeny v každém sloupci, u daného faktoru, jsou průkazně rozdílné ($P \leq 0,05$); SD – Standard Deviation (Směrodatná odchylka); SEM – Standard Error of Mean (Střední chyba průměru)

Tabulka č. 5 udává průměrné hodnoty týkající se kvalitativních parametrů bílku. Jako první byla sledována hmotnost bílku, která byla signifikantně ovlivněna genotypem i věkem nosnic ($P = 0,0001$). V průběhu celého sledovaného období hmotnost bílku nepravidelně kolísala. Nelze konstatovat, že se s věkem nosnic pravidelně zvyšovala hmotnost bílku, nicméně je patrné, že vyšší hmotnost bílku byla u vajec od starších nosnic a naopak. Nejvyšší hmotnost bílku byla zjištěna u vajec od nosnic ve věku 60 týdnů (46,48 g), nejnižší hmotnost bílku byla zjištěna u vajec od nosnic ve věku 36 týdnů (42,63 g). Statisticky významný vliv genotypu ($P = 0,0001$) byl i u hmotnosti bílku mezi danými genotypy, rozdíl činil 3,57 g. Vejce s vyšší hmotností bílku měly nosnice ISA Brown.

Dalším sledovaným parametrem byl podíl bílku. Rovněž zde byl zjištěn statisticky významný vliv genotypu i věku nosnic ($P = 0,0001$). Podíl bílku byl během celého sledování velmi vyrovnaný, výjimku tvořila pouze hodnota, která byla zjištěna u nosnic ve věku 52 týdnů, kdy byl podíl bílku výrazně nižší než ostatní naměřené hodnoty. Nejvyšší podíl bílku byl zjištěn u vajec od nosnic ve věku 36 týdnů (64,75 %), naopak nejnižší podíl bílku byl zjištěn u vajec od nosnic ve věku 52 týdnů (62,73 %). Průkazný vliv genotypu ($P = 0,0001$) je patrný u indexu bílku mezi sledovanými genotypy. Nosnice ISA Brown měly vejce s průměrně vyšším indexem bílku než nosnice Hy-Line Brown. Rozdíl mezi hodnotami indexu bílku byl 0,5 procentního bodu.

Dále byl pozorován index bílku. Prokazatelný vliv genotypu a věku nosnic ($P = 0,0001$) vyplývá z jejich hodnot průkaznosti. Během celého sledovaného období hodnoty indexu bílku výrazně měnily, proto nelze určit, zda byl trend s věkem zvyšující se či snižující se. Nejvyšší index bílku byl zjištěn u vajec od nosnic ve věku 40 týdnů (11,28 %), nejnižší index bílku byl naopak zjištěn u nosnic ve věku 52 týdnů (9,90 %). Signifikantní vliv genotypu ($P = 0,0016$) je zřetelný u indexu bílku, kdy nosnice ISA Brown měly o 0,46 procentního bodu nižší průměrnou hodnotu indexu bílku v porovnání s nosnicemi Hy-Line Brown.

Jako poslední byly u kvality bílku hodnoceny Haughovy jednotky. U Haughových jednotek byl stejně jako v předešlých případech, prokázán signifikantní vliv genotypu i věku nosnic ($P = 0,0001$). V průběhu celého pozorování hodnoty Haughových jednotek značně kolísaly, avšak z výsledků je patrné, že v první polovině sledovaného období byly hodnoty vyšší než v polovině druhé. Nejvyšší hodnota Haughových jednotek byla naměřena u nosnic ve věku 40 týdnů (91,43 %), nejnižší hodnota byla naopak naměřena u nosnic ve věku 52 týdnů

(86,31 %). Haughovy jednotky byly prokazatelně ovlivněny genotypem ($P = 0,0001$). Nosnice Hy-Line Brown měly o 2,45 vyšší průměrnou hodnotu Haughových jednotek než nosnice ISA Brown.

Tabulka č. 6: Vybrané parametry technologické hodnoty žloutku v závislosti na genotypu a věku (průměr \pm SD)

		Parametry			
		Hmotnost žloutku (g)	Podíl žloutku (%)	Index žloutku (%)	Barva žloutku
Věk (týdnů)	36	16,68 ^e \pm 1,49	25,41 ^b \pm 1,60	43,73 ^b \pm 2,01	11,47 \pm 1,00
	40	17,52 ^{cd} \pm 1,49	25,65 ^b \pm 1,72	44,69 ^a \pm 3,15	11,77 \pm 1,27
	44	17,42 ^d \pm 1,63	25,76 ^b \pm 1,88	42,24 ^d \pm 2,24	11,69 \pm 1,10
	48	17,58 ^{cd} \pm 2,04	25,50 ^b \pm 1,91	43,83 ^b \pm 2,34	11,73 \pm 1,09
	52	18,27 ^{ab} \pm 1,46	26,98 ^a \pm 2,51	43,36 ^{bc} \pm 3,60	11,71 \pm 1,02
	56	17,88 ^{bc} \pm 1,56	25,55 ^b \pm 1,98	42,99 ^c \pm 2,18	11,76 \pm 1,00
	60	18,57 ^a \pm 1,55	25,74 ^b \pm 2,00	42,90 ^c \pm 2,12	11,89 \pm 1,17
	64	18,54 ^a \pm 1,52	25,83 ^b \pm 1,84	40,93 ^e \pm 1,07	11,73 \pm 1,07
Genotyp	ISA	18,17 ^a \pm 1,51	25,37 ^b \pm 1,76	43,08 \pm 2,72	11,91 ^a \pm 0,96
	Hy-Line	17,44 ^b \pm 1,81	26,23 ^a \pm 2,12	43,09 \pm 2,71	11,52 ^b \pm 1,19
Průkaznost	Věk	0,0001	0,0001	0,0001	0,1907
	Genotyp	0,0001	0,0001	0,9018	0,0001
	Věk * Genotyp	0,0001	0,0001	0,0001	0,0438
SEM		0,055	0,064	0,088	0,035

Hodnoty označené odlišnými písmeny v každém sloupci, u daného faktoru, jsou průkazně rozdílné ($P \leq 0,05$); SD – Standard Deviation (Směrodatná odchylka); SEM – Standard Error of Mean (Střední chyba průměru)

Průměrné hodnoty kvalitativních parametrů, které byly měřeny u žloutku, uvádí **tabulka č. 6**. Prvním sledovaným parametrem byla hmotnost žloutku. Statisticky významný vliv na hmotnost žloutku byl prokázán u genotypu i u věku nosnic ($P = 0,0001$). I přes patrné výkyvy v hodnotách lze konstatovat, že vyšší hmotnost žloutku byla u starších nosnic. Není však možné jednoznačně potvrdit, že s věkem se zvyšovala hmotnost žloutku. Nejvyšší hmotnost žloutku byla prokázána u vajec od nosnic ve věku 60 týdnů (18,57 g), nejnižší hmotnost žloutku byla prokázána u vajec od nosnic ve věku 36 týdnů (16,68 g). Průkazný vliv genotypu ($P = 0,0001$) je zjevný u hmotnosti žloutku mezi pozorovanými genotypy. Nosnice ISA Brown měly o 0,73 g průměrně vyšší hmotnost žloutku než nosnice Hy-Line Brown.

Druhým parametrem, který byl sledován u kvality žloutku, byl podíl žloutku. Na rozdíl od předchozího měřeného parametru byl u podílu žloutku potvrzen statisticky prokazatelný vliv genotypu i věku nosnic ($P = 0,0001$). Podíl žloutku vykazoval ve sledovaném období relativně konstantní hodnoty. Pouze ve věku 52 týdnů byl podíl žloutku výrazně vyšší než ve zbytku sledovaného období. Nejvyšší podíl žloutku byl u vajec od nosnic ve věku 52 týdnů (26,98 %), nejnižší podíl žloutku byl u vajec od nosnic ve věku 36 týdnů (25,41 %). Byl sledován signifikantní vliv genotypu ($P = 0,0001$). Průměrný podíl žloutku byl o 0,83 procentního bodu vyšší u nosnic Hy-Line Brown než u nosnic ISA Brown.

Předposledním hodnoceným parametrem byl index žloutku. U genotypu nebyl prokázán signifikantní vliv na index žloutku ($P = 0,9018$). Ze získaných hodnot je zřejmé průkazné snížení ($P = 0,0001$) indexu žloutku s věkem. Pravidelné snížení však bylo až od věku 48 týdnů. Nejvyšší index žloutku měla vejce od nosnic ve věku 48 týdnů (43,83 %), nejnižší index žloutku měla vejce od nosnic ve věku 64 týdnů (40,93 %). Vliv genotypu byl nesignifikantní ($P = 0,9018$), kdy index žloutku byl o 0,1 procentního bodu vyšší u vajec nosnic Hy-Line Brown.

Jako poslední byla hodnocena barva žloutku. Barva žloutku byla prokazatelně ovlivněna genotypem ($P = 0,0001$), ale nebyla prokazatelně ovlivněna věkem nosnic ($P = 0,1907$). Vzhledem k tomu, že nebyl potvrzen statisticky prokazatelný vliv věku na barvu žloutku, tak byly hodnoty během celého sledovaného období velmi vyrovnané. Nejtmavší barvu žloutku měla vejce od nosnic ve věku 60 týdnů (11,89), nejsvětlejší barvu žloutku měla vejce od nosnic ve věku 36 týdnů (11,47). Signifikantně tmavší žloutek byl u vajec od nosnic ISA Brown v porovnání s nosnicemi Hy-Line Brown. Rozdíl činil 0,39.

6. Diskuze

Na výslednou kvalitu vajec jako celku, ale i jejich jednotlivých částí (skořápky, bílku a žloutku), má vliv celá řada faktorů. Mezi nejdůležitější faktory bezesporu patří také vliv genotypu a věku nosnic (Tang a kol., 2015)

Dle Ledvinky a kol. (2008) ovlivňuje hmotnost vajec hned několik faktorů, mezi které mimo jiné řadí také genotypovou příslušnost a věk nosnic. Z námi naměřených hodnot je zřetelné, že hmotnost vajec byla signifikantně ovlivněna genotypem ($P = 0,0001$). Také výsledky Ledvinky a Klesalové (2002) potvrzují vliv genotypu na kvalitu nejen čerstvých vajec, ale i na ukazatele vnitřní kvality vajec.

Naše sledování prokázala také statisticky významný vliv ($P = 0,0001$) věku nosnic na hmotnost vajec. Bylo zjištěno, že s věkem nosnic se zvyšovala hmotnost vajec, nicméně hodnoty hmotnosti v průběhu sledovaného období značně kolísaly. Rovněž Bozkurt a Tekerli (2009) zjistili, že starší nosnice snášejí vejce s vyšší hmotností. Tento fakt potvrzuje řada dalších autorů, jako jsou Johnston a Gous (2007), Krawczyk (2009) nebo Zita a kol. (2009). Ledvinka a kol. (2009) se s tímto tvrzením také shodují, ale zároveň dodávají, že se hmotnost vajec zvyšuje postupně, což je v rozporu s výsledky našeho měření, kde byly i přes zvyšující se trend v hmotnosti vajec pozorovány zřetelné výkyvy v průběhu sledovaného období. S odlišným závěrem přišli Molnár a kol. (2016), kteří sledovali změny v technologické hodnotě vajec v poslední fázi snáškového cyklu. Zjistili, že od věku 60 týdnů se každý další týden zvyšovala hmotnost vajec. Naše výsledky naopak ukazují, že vyšší hmotnost měla vejce od nosnic ve věku 60 týdnů než vejce od nosnic ve věku 64 týdnů.

Podobně jako na hmotnost vejce, také na index tvaru vejce měl průkazný vliv ($P = 0,0001$) genotyp i věk nosnic. Také Halaj a Golian (2011) konstatují, že je tvar vejce ovlivněn věkem nosnic. V průběhu našeho pozorování docházelo k minimálním změnám u indexu tvaru vejce. Ve druhé polovině sledovaného období je však z výsledků patrný snižující se trend indexu tvaru vejce. Rakib a kol. (2016) rovněž potvrdili, že se hodnota indexu tvaru vejce s věkem nosnic snižuje. Molnár a kol. (2016) prokázali, že od věku 60 týdnů se index tvaru vejce každý další týden snižoval. Námi naměřené hodnoty tomuto tvrzení odpovídají. Kul a Seker (2004) uvádějí, že index tvaru vejce obvykle nabývá hodnot, které se pohybují mezi 63 a 85 %, čemuž odpovídají i námi naměřené hodnoty.

Ahmadi a Rahimi (2011) zjistili, že na kvalitu skořápky má vliv řada faktorů. Mezi tyto faktory řadí především vliv genotypu a věk nosnice, ale také výživu, systém ustájení, všeobecný a tepelný stres a o onemocnění.

Průkazný vliv ($P = 0,0001$) genotypu a věku nosnic na hmotnost skořápky lze pozorovat u našich výsledků. Hmotnost skořápky se s věkem nosnic zvyšovala, a to až do věku 60 týdnů, pouze ve věku 52 a 56 týdnů byly naměřeny shodné hodnoty. Ve věku 64 týdnů se hmotnost skořápky oproti předchozímu období snížila. Také Molnár a kol. (2016) uvádějí, že po dosažení věku 60 týdnů se relativní hmotnost skořápky začala každý týden snižovat. Dle Zity a kol. (2009) se s věkem zvyšuje průměrná hmotnost skořápek.

Signifikantní ($P = 0,0001$) vliv na podíl skořápky měl genotyp i věk nosnic. Z námi naměřených hodnot však nelze jednoznačně určit, zda se s věkem podíl skořápky zvyšoval či snižoval. Hodnoty byly během sledovaného období relativně vyrovnané. Nicméně Ledvinka a Klesalová (2002) zjistili, že s věkem dochází ke snižování podílu skořápky. Podle Zaheera (2015) představuje podíl skořápky 9 – 12 % z celého vejce, tomu odpovídají i výsledky získané z našich rozborů.

Z výsledků měření vyplývá, že tloušťka skořápky byla statisticky významně ($P = 0,0001$) ovlivněna genotypem i věkem nosnic, nicméně není možné jednoznačně stanovit, zda se tloušťka skořápky s věkem nosnic zvyšuje či snižuje. V průběhu sledovaného období hodnoty tloušťky skořápky zřetelně kolísaly až do věku 48 týdnů, od tohoto okamžiku se začala tloušťka skořápky snižovat. Také Bozkurt a Tekerli (2009) a Ledvinka a Klesalová (2002) se shodují na tom, že s věkem nosnic dochází k postupnému ztenčování skořápky. Naopak Zita a kol. (2009) uvádějí, že s věkem nosnic se tloušťka skořápky zvyšuje. Ketta a Tůmová (2017) konstatují, že se tloušťka skořápky pohybuje mezi 0,28 – 0,41 mm, což se shoduje i s výsledky získaných z našich rozborů.

Výsledky měření prokázaly, že pevnost skořápky byla průkazně ovlivněna genotypem ($P = 0,0001$) i věkem nosnic ($P = 0,0255$). I přesto, že byly ve sledovaném období patrné výkyvy v pevnosti skořápky, lze pozorovat, že se pevnost skořápky s věkem snižuje. Výraznější snížení pevnosti skořápky nastalo po dosažení věku 44 týdnů. Dle Krawczyka (2009) se také s vyšším věkem nosnic zhoršuje pevnost skořápky. Kocevski a kol. (2011) také uvádějí, že genotyp ovlivňuje kvalitu skořápky, zejména právě její pevnost.

Posledním kvalitativním parametrem, který byl u skořápky měřen, byla barva skořápky. Z naměřených hodnot je zjevné, že byla barva skořápky signifikantně ($P = 0,0001$) ovlivněna genotypem i věkem nosnic. Během celého sledovaného období docházelo k výkyvům v barvě skořápky, nicméně z výsledných hodnot lze konstatovat, že vejce se světlejší skořápkou se častěji vyskytovala u starších než u mladších nosnic. Zaheer (2015) také uvádí, že na barvu skořápky má vliv genotyp a navíc dodává, že barvu skořápky ovlivňuje genetika.

Kvalita bílku je ovlivněna převážně stejnými faktory jako kvalita skořápky, ale každý faktor má jiný vliv na skořápku a jiný vliv na bílek (Ahmadi a Rahimi, 2011). Puyalto a Mallo (2014) uvádějí, že nejvíce ovlivňuje kvalitu vaječného bílku věk nosnic.

Prvním sledovaným parametrem u kvality bílku byla jeho hmotnost, která byla statisticky významně ($P = 0,0001$) ovlivněna genotypem i věkem nosnic. Za celé sledované období docházelo k nepravidelnému kolísání v hmotnosti bílku. Ze získaných hodnot tedy není možné potvrdit, že se s věkem nosnic pravidelně zvyšuje hmotnost bílku, nicméně je zřejmé, že vyšší hmotnost bílku mají vejce od starších nosnic. Zhang a kol. (2005) také konstatují, že genotyp ovlivňuje hmotnost bílku, dokonce uvádějí, že hmotnost bílku je ovlivněna genotypem více než Haughovy jednotky. Krawczyk (2009) a Tůmová a Ledvinka (2009) uvádějí, že s věkem nosnic se zvyšuje hmotnost bílku, což je v souladu s našimi naměřenými hodnotami. Molnár a kol. (2016) udávají, že relativní hmotnost bílku zaznamenala po dosažení věku 60 týdnů nárůst o 0,02 % v každém následujícím týdnu. Z našich výsledků je naopak patrné, že po dosažení 60 týdnů věku došlo ke snížení v hmotnosti bílku.

Následně byl u bílku stanovován jeho podíl. Také u podílu bílku byl zjištěn signifikantní vliv ($P = 0,0001$) genotypu i věku nosnic. Podíl bílku se během celého našeho sledování téměř neměnil, jeho hodnoty byly velmi vyrovnané. Odchylku tvořila pouze hodnota, která byla naměřena u nosnic ve věku 52 týdnů, kdy byl podíl bílku znatelně nižší než ve zbytku sledovaného období. Dle Walterse (2007) představuje podíl bílku zhruba 60 % z celkové hmotnosti vejce. Guerrero – Legarreta (2010) dokonce udává ještě nižší hodnotu, konkrétně 58,5 %. Námi naměřené hodnoty podílu bílku byly výrazně vyšší, podíl bílku se ve většině případů pohyboval až okolo 64 %.

Jako další byl pozorován index bílku, u něho byl zjištěn prokazatelný vliv jak genotypu ($P = 0,0016$), tak i věku nosnic ($P = 0,0001$). Ve sledovaném období docházelo k výraznému kolísání hodnot indexu bílku, proto není možné stanovit, zda se index bílku s věkem zvyšoval

nebo snižoval. Bozkurt a Tekerli (2009) rovněž konstatují, že věk nosnic má vliv na index bílku. Dále zjistili, že vejce od mladších nosnic mají vyšší hodnoty indexu bílku než vejce od starších nosnic, což se však neshoduje s našimi výsledky.

Posledním měřeným parametrem u bílku byly Haughovy jednotky. U Haughových jednotek byl rovněž dokázán statisticky významný ($P = 0,0001$) vliv genotypu i věku nosnic. Během našeho pozorování se hodnoty Haughových jednotek výrazně měnily, nicméně lze pozorovat, že v první polovině sledovaného období byly hodnoty vyšší než v polovině druhé. Bozkurt a Tekerli (2009) také konstatují, že na Haughovy jednotky má vliv věk nosnic. Také uvádějí, že vejce od mladších nosnic mají vyšší hodnoty Haughových jednotek než vejce od starších nosnic. Molnár a kol. (2016) také potvrzují vliv věku na Haughovy jednotky. Uvádějí, že po 60. týdnu věku se Haughovy jednotky snižovaly o 0,38 každý týden. Naše výsledky se s tím ale neshodují, naopak je patrné zvýšení hodnot Haughových jednotek po dosažení věku 60 týdnů. Tůmová a kol. (2007) uvádějí, že genotyp má u bílku vliv pouze na Haughovy jednotky, ale z našich výsledků vyplývá, že ovlivňuje i další ukazatele.

Kvalita žloutku je rovněž ovlivňována řadou vnitřních i vnějších faktorů. K těm nejdůležitějším se řadí genotyp a věk nosnice, dále je to vliv výživy, typu ustájení, stresu a další (Ahmadi a Rahimi, 2011). Rovněž Tůmová a kol. (2007) a Zita a kol. (2009) konstatují, že genotyp ovlivňuje kvalitu žloutku.

První byla u žloutku, stejně jako u bílku, sledována jeho hmotnost. Statisticky významný vliv na hmotnost žloutku byl prokázán u genotypu i u věku nosnic ($P = 0,0001$). I přes zřetelné kolísání u naměřených hodnot lze říci, že vyšší hmotnost žloutku byla u vajec od starších nosnic. Z našich výsledků nelze ovšem jednoznačně potvrdit, že se s věkem pravidelně zvyšovala hmotnost žloutku. Avšak Nagy a kol. (2009) uvádějí, že se s věkem hmotnost žloutku zvyšuje. Také Krawczyk (2009), Tůmová a Ledvinka (2009) zjistili, že s věkem nosnic se zvyšuje hmotnost žloutku.

Výsledky měření prokázaly statisticky významný vliv ($P = 0,0001$) genotypu i věku nosnic na podíl žloutku. Podíl žloutku vykazoval v průběhu celého sledovaného období relativně vyrovnané hodnoty. Výjimku představoval pouze podíl žloutku naměřený ve věku 52 týdnů, kdy byl znatelně vyšší než ve zbytku sledovaného období. Nagy a kol. (2009) konstatují, že se hodnota procentuálního podílu žloutku s věkem zvyšuje. Dle Zaheera (2015) se žloutek

podílí na stavbě vejce přibližně 30 – 32 %. Z našich naměřených hodnot ale vyplývá, že se průměrný podíl žloutku většinou pohyboval mezi 25 – 26 %.

Následujícím parametrem, který byl u žloutku pozorován, byl index žloutku. U genotypu nebyl prokázán signifikantní vliv na index žloutku ($P = 0,9018$), ale u věku nosnic byl prokázán ($P = 0,0001$). Ze získaných hodnot lze pozorovat, že s věkem docházelo ke snížení indexu žloutku, nicméně pravidelné snížení nastalo až od věku 48 týdnů. Bozkurt a Tekerli (2009) také zjistili, že s věkem nosnic se snižuje index žloutku. Dle Nagyho a kol. (2009) obvykle nabývá index žloutku hodnot od 32 až do 58 %. Námi naměřené hodnoty indexu žloutku do tohoto rozmezí spadají.

Posledním hodnoceným parametrem byla barva žloutku. Barva žloutku byla prokazatelně ovlivněna genotypem ($P = 0,0001$), ale nebyla prokazatelně ovlivněna věkem nosnic ($P = 0,1907$). Kvůli tomu, že nebyl zjištěn statisticky prokazatelný vliv věku na barvu žloutku, tak mezi hodnotami nebyly v průběhu celého sledovaného období výrazné rozdíly.

7. Závěr

Vejsce se v dnešní době řadí k jednomu z nezákladnějších a nejvíce využívaných potravin vůbec a jejich spotřeba se stále zvyšuje. Velká obliba vajec je způsobena nejen díky jejich dobrým biologickým a nutričním hodnotám, ale i díky jejich dostupnosti, snadné zpracovatelnosti a v neposlední řadě také díky jejich chutnosti. Se zvyšující se spotřebou vajec se zvyšují i nároky spotřebitelů na jejich kvalitu, a proto je velmi důležité znát faktory, které ovlivňují technologickou hodnotu vajec. Na kvalitu vajec má vliv značný počet faktorů, které lze rozdělit na faktory vnitřní a vnější. Mezi významné vnitřní faktory patří užitkový typ, genotyp a věk. Z vnějších faktorů jsou významné především typ ustájení, složení krmné směsi a výživa, podmínky prostředí, kontaminace a skladování.

Z námi zjištěných výsledků je patrné, že signifikantní vliv genotypu byl zjištěn u všech hodnocených parametrů s výjimkou indexu žloutku. Prokazatelný vliv věku nosnic byl také zjištěn u všech hodnocených parametrů kromě barvy žloutku. S věkem nosnic se zvýšila průměrná hmotnost vajec, skořápky, bílku i žloutku. Průměrná hmotnost vajec byla na konci sledování vyšší o 6,12 g, skořápky o 0,64 g, bílku o 3,61 g a žloutku o 1,86 g. Také u podílu skořápky, barvy skořápky a podílu žloutku lze pozorovat, že naměřené hodnoty byly vyšší na konci sledovaného období než na začátku. U podílu skořápky byly hodnoty vyšší o 0,06 procentního bodu, u barvy skořápky o 2,89 procentního bodu a u podílu žloutku o 0,42 procentního bodu. Hodnoty naměřené na konci sledovaného období, kdy byl věk nosnic 64 týdnů, byly vyšší než hodnoty, které byly naměřené na začátku sledovaného období, kdy byl věk nosnic 36 týdnů. Naopak snížení naměřených hodnot lze pozorovat u indexu tvaru vejce, tloušťky a pevnosti skořápky, podílu a indexu bílku, Haughových jednotek a indexu žloutku. Od začátku sledovaného období se snížily hodnoty indexu tvaru vejce o 1,67 procentního bodu, tloušťky skořápky o 0,016 mm, pevnosti skořápky o 2,22 N/cm², podílu bílku o 0,48 procentního bodu, indexu bílku o 0,74 procentního bodu, Haughových jednotek o 1,88 a indexu žloutku o 2,8 procentního bodu. Barva žloutku nebyla prokazatelně ovlivněna věkem nosnic. Ne všechny naměřené hodnoty se zvyšovaly či snižovaly pravidelně, a ne u všech parametrů lze potvrdit pravidelný trend, ať už byl zvyšující se či snižující se.

Z výsledků je dále zřejmé, že většina naměřených hodnot byla signifikantně vyšší u vajec od nosnic ISA Brown než u vajec od nosnic Hy-Line Brown. Pouze hodnoty indexu bílku, Haughových jednotek a podílu žloutku byly zjištěny vyšší u vajec od nosnic Hy-Line Brown.

Index žloutku nebyl prokazatelně ovlivněn genotypem. Při porovnání naměřených hodnot obou genotypů je patrné, že kvalitnější vejce snášela nosnice ISA Brown.

Závěrem je možné konstatovat, že hypotéza, která uvádí, že genotyp i věk nosnic mají vliv na kvalitu vajec, byla potvrzena. Zároveň byl také potvrzen trend zhoršující se kvality vajec s věkem nosnic, a to bez ohledu na genotypovou příslušnost.

8. Seznam použité literatury

Ahmadi, F., Rahimi, F. 2011. Factors affecting quality and quantity of egg production in laying hens: a review. *World Applied Sciences Journal*. 12 (3). 372 – 384.

Akyurek, H., Okur, A. A. 2009. Effect of Storage Time, Temperature and Hen Age on Egg Quality in Free-Range Layer Hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 8 (10). 1953 – 1958.

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

Altuntaş, E., Şekeroğlu, A. 2008. Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs. *Journal of Food Engineering*. 85 (4). 606 – 612.

Basmacioglu, H., Ergul, M. 2005. Research on the factors affecting cholesterol content and some other characteristics of egg in laying hens – the effect of genotype and rearing system. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 29. 157 – 164.

Blair, R. 2008. *Nutrition and Feeding of Organic Poultry*. CAB International. p. 465. ISBN 978-1-84593-406-4.

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.

ČSÚ. Český statistický úřad. Výsledky chovu drůbeže | 2016 [online]. 2017 [cit. 2017-01-11]. Dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/domov>>.

de Menezes, P. C., de Lima, E. R., de Medeiros, D. P., de Oliveira, W. N. K., 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 Science*. 41 (9). 2064 – 2069.

De Reu, K., Messens, W., Heyndrickx, M., Rodenburg, T. B., Uyttendaele, M., Herman, L. 2008. Bacterial contamination of table eggs and the influence of housing systems. *World's Poultry Science Journal*. 64 (01). 5 – 19.

El-Sheikh, T. M., Abdel-Kareem, A. A. A., Youns, S. 2014. Egg quality traits and shell microbial contaminations in two commercial layers strains affected by flock age and storage period. 7th International Poultry Conference – Proceeding. 208 – 224.

Englmaierová, M., Tůmová, E. 2008. Změny kvality vajec v závislosti na systému ustájení a skladování. *Náš chov*. LXIX (1). 72 – 73.

Englmaierová, M., Tůmová, E., Charvátová, V., Skřivan, M. 2014. Effects of laying hens housing system on laying performance, egg quality characteristics, and egg microbial contamination. *Czech Journal of Animal Sciences*. 59 (8). 345 – 352.

Food and Agriculture Organization. 2010. Agribusiness handbook. Poultry Meat & Eggs. Investment Centre Division. Viale delle Terme di Caracalla. Rome. Italy. p. 75.

Gosler, A. G., Connor, O. R., Bonser, R. H. 2011. Protoporphyrin and eggshell strength: preliminary findings from a passerine bird. *Avian Biology Research*. 4 (4). 214 – 223.

Görner, F., Valík, L., 2004. Aplikovaná mikrobiológia požívatín. Bratislava. 528 s. ISBN 80-967064-9-7.

Guerrero – Legarreta, I. 2010. Handbook of Poultry Science and Technology – Volume 1. A. John Wiley & Sons, Inc., Publication. New Jersey. p. 788. ISBN: 978-0-470-18552-0.

Gumulka, M., Kapkowska, E., Maj, D. 2010. Laying pattern parameters in broiler breeder hens and intrasequence changes in egg composition. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 55 (10). 428 – 435.

Halaj, M., Golian, J. 2011. Vajce biologické, technické a potravinárske využitie. Nitra: Garmond. ISBN 978-80-89148-70-7.

Havlíček, M., Nedomová, Š., Simeonovová, J., Severa, L., Křivánek, I. 2008. On the evaluation of chicken egg shape variability. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 56 (5). 69 – 74.

Hendrix Genetics. Integra – ISA Brown [online]. 2018 [cit. 2018-03-17]. Dostupné z <<https://www.integrazabcice.cz/cs/produkty/isa-brown-cz/>>.

Honkatukia, M., Tuiskula-Haavisto, M., Ahola, V., Uimari, P., Schmutz, M., Preisinger, R., Caver, D., Vennerström, P., Arango, J., O'Sullivan, N., Fulton, J., Vilkki, J. 2011. Mapping of QTL affecting incidence of blood and meat inclusions in egg layers. *BMC genetics*. 12 (1). 55.

Huopalahti, R., Loft-Fandino, R., Anton, M., Schade, R. 2007. Bioactive egg compounds. Springer. Berlin. p. 208. ISBN: 978354037889.

Hy-Line. Hyline Product information, chickens, genetics, polutry, eggs, diseases, technology, breeds, farming, egg production [online]. 2018 [cit. 2018-03-17]. Dostupné z <<http://www.hyline.com/asp/products/productinformation.aspx>>.

Iannotti, L. L., Lutter, C. K., Bunn, D. A., Stewart, C. P. 2014. Eggs: The Uncracked Potential for Improving Maternal and Young Child Nutrition among the World's Poor. *Nutrition Reviews*. 72 (6). 355 – 368.

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

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

Ketta, M., Tůmová, E. 2017. Relationship between eggshell thickness and other eggshell measurements in eggs from litter and cages. *Italian Journal of Animal Science*. 17 (1). 234 – 39.

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

Kljak, K., Drdić, M., Karolyi, D., Grbeša, D. 2012. Pigmentation Efficiency of Croatian Corn Hybrids in Egg Production. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*. 7. 23 – 27.

Kocevski, D., Nikolova, N., Kuzelov, A. 2011. The influence of strain and age on some egg quality parameters of commercial laying hens. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 27 (4). 1649 – 1658.

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.

Kucukyilmaz, K., Bozkurt, M., Herken, E. N., Cinar, M., Cath, A. U., Bintas, E., Coven, F. 2012. Effects of Rearing Systems on Performance, Egg Characteristics and Immune Response in Two Layer Hen Genotype. *Asian – Australasian Journal of Animal Sciences*. 25 (4). 559 – 568.

Kul, S., Seker, I. 2004. Phenotypic Correlations Between Some External and Internal Egg Quality Traits in the Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). *International Journal of Poultry Science*. 3 (6). 400 – 405.

Ledvinka, Z., Klesalová, L. 2002. Hmotnost vajec a faktory, které ji ovlivňují. *Náš chov*. 62 (7). 54 s. ISSN 0027-8068.

Ledvinka, Z., Klesalová, L. 2003. Výskyt krevních a masových skvrn ve vejcích slepic. *Náš chov*. 63 (1). 52 s. ISSN 0027-8068.

Ledvinka, Z., Tůmová, E., Štolc, L. 2008. Užitekčnost nosnic a kvalita vajec v různých systémech chovu: metodika pro praxi. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha 6. 24 s. ISBN: 978-80-213-1831-1.

Ledvinka, Z., Tůmová, E., Zita L. 2009. Vybrané kapitoly z chovu drůbeže. Powerprint s.r.o. Praha. 86 s. ISBN: 9788021318526.

Ledvinka, Z., Zita, L., Hubený, M., Klesalová, L. 2007. Faktory vnější povahy ovlivňující barvu vaječné skořápky. *Náš chov*. 67 (9). 47 – 48. ISSN 0027-8068.

Leeson, S., Summers, J. D. 2001. Scott's nutrition of the chicken. University books. Canada. 591 p. ISBN 0969560044.

- 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.
- Liu, N., Liu, G. H., Li, F. D., Sands, J. S., Zheng, A. J. Ru, Y. J. 2007. Efficacy of phytases on egg production and nutrient digestibility in layers fed reduced phosphorus diets. *Poultry Science*. 86 (11). 2337 – 2342.
- Matt, D., Veromann, E., Luik, A. 2009. Effect of housing systems on biochemical composition of chicken eggs. *Agronomy Research*. 7 (2). 662 – 667.
- MAVE Jičín. Produkce vajec a jatečných prasat, MAVÉ Jičín, a. s. [online]. 2017 [cit. 2017-12-17]. Dostupné z <<http://www.mavejicin.cz/>>.
- Mine, Y. 2008. *Egg bioscience and biotechnology*. New Jersey. John Wiley & Sons. p 366. ISBN: 978-0-470-03998-4
- Miranda, J. M., Anton, X., Redondo-Valbuena, C., Roca-Saavedra, P., Rodriguez, J. A., Lamas, A., Franco, C. M., Cepeda, A. 2015. Egg and Egg-Derived Foods: Effects on Human Health and Use as Functional Foods. *Nutrients*. 7 (1). 706 – 729.
- Míková, K. 2003. Kvalita vajec z pohledu potravinářského průmyslu. In: Mezinárodní konference – Současnost a perspektivy chovu drůbeže. ČZU v Praze – FAPPZ. Praha. 155 s. ISBN: 80-213-1037-5.
- Molnár, A., Maertens, L., Ampe, B., Buyse, J., Kempen, I., Zoons, J., & Delezie, E. 2016. Changes in egg quality traits during the last phase of production: is there potential for an extended laying cycle?. *British Poultry Science*. 57 (6). 842 – 847.
- Mughini-Gras, L., Enserink, R., Friesema, I., Heck, M., van Duynhoven, Y., van Pelt, W. 2014. Risk factors for human salmonellosis originating from pigs, cattle, broiler chickens and egg laying hens: a combined case-control and source attribution analysis. *PLoS ONE*. 9 (2). e87933.

Nagy, J., Baranová, M., Bartáková, K., Bystrický, P., Cabadaj, R., Danko, J., Dousek, J., Dračková, M., Golian, J., Janto, R., Jevinová, P., Kožárová, I., Lazar, P., Luptáková, O., Maľa, P., Marcinčák, S., Máté, D., Nagyová, A., Paulsen, P., Pipová, M., Popelka, P., Přidal, A., Purkartová, Z., Sojáková, D., Steinhauser, L., Steinhauserová, I., Suchý, P., Turek, P., Vorlová, L., Voslářová, E. 2009. Hygiena mäsa hydiny, vajec a zveriny – 1. diel. Univerzita veterinárskeho lekárstva. Košice. 371 s. ISBN: 978-80-8077-179-9.

Nedomová, Š., Simeonovová, J. 2010. Vliv délky a teploty skladování na jakostní parametry vajec. *Potravinárstvo*. 4 (mimoriadne číslo). 196 – 203.

Nikolova, N., Kostadinov, T., Gjorgovska, N. 2012. Influence of season on chemical composition of albumen, yolk and eggshell from layer eggs. *Lucrări Științifice-Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară, Seria Zootehnie*. 58. 281 – 284.

Nys, Y. 1999. Nutritional factors affecting eggshell quality. *Czech Journal of Animal Science*. 44 (3). 135 – 143.

Nys, Y., Bain, M., van Immerseel, F. 2011. Improving the safety and quality of eggs and egg products – Volume 1: Egg chemistry, production and consumption. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. p. 602. ISBN: 978-1-84569-754-9.

Olawumi, S. O., Ogundale, J. T. 2008. Phenotypic Correlations Between Some External and Internal Egg Quality Traits in the Exotic Isa Brown Layer Breeders. *Asian Journal of Poultry Science*. 2 (1). 30 – 35.

Oliveira, D. A., Benelli, P., Amante, E. R. 2013. A literature review on adding value to solid residues: egg shells. *Journal of cleaner production*. 46. 42 – 47.

Puyalto, M., Mallo, J. 2014. Nutrition of laying hens plays a major role in maintaining egg quality. *International Poultry Production*. 22 (6). 15 – 17.

Rakib, T. M., Akter, L., Barua, S. R., Azam, N. E., Erfan, R., Islam, M. S., Farut, A. A., Farut, M. O., Miazi, O. F. 2016. Effects of age, rearing system and their interaction on phenotypic characteristics in hisex brown laying hens. *Scientific Journal of Veterinary Advances*. 5 (5). 87 – 96.

Ruzal, M., Shinder, D., Malka, I., Yahav, S. 2011. Ventilation plays an important role in hens' egg production at high ambient temperature. *Poultry Science*. 90 (4). 856 – 862.

Samiullah, S., Roberts, J. R., Chousalkar, K.K., 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, H. E., Agma, A., Senkoylu, N. 2005. Effects of storage time and temperature on egg quality in laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 14 (3). 548 – 553.

Shin, J. Y., Xun, P., Nakamura, Y. He, K. 2013. Egg Consumption in Relation to Risk of Cardiovascular Disease and Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*. 98 (1). 146 – 159.

Simeonovová, J., Míková, K., Ingr, I., Kubišová, S. 2003. Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 241 s. ISBN 80-7157-405-8.

Sparks, N. H. C. 2006. The Hen's Egg – Is Its Role in Human Nutrition Changing?. *World's Poultry Science Journal*. 62 (2). 308 – 315.

Steinhauserová, I., Simeonovová, J., Nápravníková, E., Tremlová, B. 2003. Produkce a zpracování vajec, drůbeže a medu. Veterinární a farmaceutická univerzita. Brno. 82 s. ISBN: 8073054620.

Stojcic, M. D., Peric, L., Milošević, N., Rodic, V., Glamocic, D., Skrbic, Z., Lukic, M. 2012. Effect of Genotype and Housing System on Egg Production, Egg Quality and Welfare of Laying Hens. *Journal of Food Agriculture & Environment*. 10 (2). 556 – 559.

Tang, S. G. H., Sieo, C. C., Kalavathy, R., Saad, W. Z., Yong, S. T., Wong, H. K., Ho, Y. W. 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.

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

Travel, A., Nys, Y., Lopes, E. 2010. Physiological and enviromental factors affecting egg quality. *Productions Animals*. 23 (2). 155 – 166.

Tůmová, E. 2007. Vliv systému ustájení a výživy na kvalitu masa a vajec drůbeže. Vědecký výbor výživy zvířat. Výzkumný ústav živočišné výroby. Praha. 53 s.

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

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

Tůmová, E., Gous, R. M. 2012. Interaction of hen production type, age, and temperature on laying pattern and egg quality. *Poultry Science*. 91 (5). 1269 – 1275.

Tůmová, E., Ledvinka, Z. 2009. The effect of time of oviposition and age on weight, egg components weight and eggshell quality. *Arch Geflügelkde*. 73 (2). 110 – 115.

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

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

Van den Brand, H., Parmentier, H. K., Kemp, B. 2004. Effect of housing system (outdoor vs. cages) and age of laying characteristics. *British Poultry Science*. 45 (6). 745 – 752.

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

Walters, M. 2007. Ptačí vejce. Euromedia Group, k. s. – Knižní klub. Praha. 256 s. ISBN: 978-80-242-1880-9.

Wolc, A., Arango, J., Settar, P., O'Sullivan, N. P., Olori, V. E., White, I. M. S., Dekkers, J. C. M. 2012. Genetic parameters of egg defects and egg quality in layer chickens. *Poultry Science*. 91 (6). 1292 – 1298.

Wong, H. W. 2010. *Manipulation of Nutrient Composition in Poultry*. The Malaysian Agricultural Research and Development Institute. Kuala Lumpur.

Yilmaz Dikmen, B., Ipek, A., Şahan, Ü. Sözcü, A., Baycan, S. C. 2017. Impact of different housing systems and age of layers on egg quality characteristics. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 41. 77 – 84.

Yoshida, N., Fujita, M., Nakahara, M., Kuwahara, T., Kawakami, S. I., Bungo, T. 2011. Effect of high environmental temperature on egg production, serum lipoproteins and follicle steroid hormones in laying hens. *The Journal of Poultry Science*. 48 (3). 207 – 211.

Zaheer, K. 2015. *An Updated Review on Chicken Eggs: Production, Consumption, Management Aspects and Nutritional Benefits to Human Health*. *Food and Nutrition Sciences*. 6. 1208 – 1220.

Zelenka, J., Heger, J., Zeman, L. 2007. *Doporučený obsah živin v krmných směsích a výživná hodnota krmiv pro drůbež*. Česká akademie zemědělských věd. Komise výživy hospodářských zvířat. Brno. 78 s. ISBN: 978-80-7375-091-6.

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

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

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

9. Seznam použitých symbolů a zkratk

DHA – Eikosapentaenová kyselina

DNA – Deoxyribonukleová kyselina

EPA – Dokosahexaenová kyselina

EU – Evropská unie

FAO – Food and Agriculture Organization (Organizace pro výživu a zemědělství)

HU – Haughovy jednotky

IgY – Imunoglobulin Y

KS – Krmná směs

KSZ – Katedra speciální zootechniky

KTJ – Kolonie tvořící jednotka

SVS – Státní veterinární správa

10. Přílohy

Obrázek č. 1: ISA Brown (Hendrix genetics, 2018)



Obrázek č. 2: Hy-Line Brown (Hy-Line, 2018)



Obrázek č. 3: Elektronické posuvné měřidlo JOBI® profi (Autor DP, 2018)



Obrázek č. 4: Digitální váhy Ohaus Portable Advanced (Autor DP, 2018)



Obrázek č. 5: Elektronické posuvné měřidlo (Autor DP, 2018)



Obrázek č. 6: Digitální mikrometr Digimatic Outside Micrometer (Autor DP, 2018)



Obrázek č. 7: Reflektometr TSS QCR reflectometer (Autor DP, 2018)



Obrázek č. 8: Barevná stupnice DMS YolkFan™ (Autor DP, 2018)



Obrázek č. 9: Přístroj Instron Universal Testing Machine (Autor DP, 2018)

